



Министерство образования и науки Российской Федерации

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНТЕРСТРОЙМЕХ – 2016

Сборник докладов XX Международной
научно-технической конференции

(Москва, 10–14 октября 2016 г.)



2–е издание



© НИУ МГСУ, 2016
ISBN 978–5–7264–1360–0

УДК 621.86 + 65.011.56 + 69.002.5
ББК (38.6 – 44) + (38.6 – 5) + 32.966
И68

Редакционная коллегия:
С.Я. Галицков, Б.Г. Ким, В.А. Пенчук, Р.Р. Шаранов

И68 **Интерстроймех – 2016** [Электронный ресурс] : сборник докладов XX Международной научно-технической конференции (Москва, 10–14 октября 2016 г.) / [ред. кол.: С.Я. Галицков и др.]. ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. 2-е изд. — Электрон. дан. и прогр. (7 Мб). — Москва : НИУ МГСУ, 2016. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-1360-0

Представлены материалы XX Международной научно-технической конференции «Интерстроймех – 2016», посвященные вопросам теории, конструкции, расчета, эксплуатации и ремонта подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования.

Для научных и инженерно-технических работников, а также для аспирантов и студентов технических вузов.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений*

© НИУ МГСУ, 2016

Ответственный за выпуск *Е.М. Кудрявцев*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2007, Adobe Reader.

Подписано к использованию 04.10.2016 г. Уч.-изд. л. 17,4. Объем данных 7 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
(НИУ МГСУ).
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ—МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Раздел I. ТЕОРИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Зорин В.А.

Управление рисками при проектировании, производстве и эксплуатации СДМ

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ), Москва, Россия*

С момента принятия технического регламента «О безопасности машин и оборудования» ТР ТС 010/2011[4], который обязывает проводить оценку риска на этапах разработки (проектировании) машин и оборудования, многие организации занимающиеся производством и эксплуатацией таких машин и оборудования столкнулись с необходимостью вести постоянную работу по оценке возможных рисков и разработку способов их устранения. К сожалению, это оказалось довольно трудной задачей из-за отсутствия рабочих методик, необходимых исходных данных и опыта проведения оценки риска строительно-дорожных машин. Не смотря на существование стандартных методов оценки риска, для конкретной модели необходимо разрабатывать специально методику, учитывающую особенности конструкции, технологии производства и условий эксплуатации машины. Отсутствие же специалистов и опыта в проведении подобных работ делает невозможным полноценное выполнение требований технического регламента.

Согласно действующим международным стандартам процесс риск менеджмента в лучшем случае присутствует на первых двух этапах жизненного цикла машины: проектирования и производства, в то время как этап эксплуатации оказывается за его пределами (рис 1). Реальные данные об эксплуатационных свойствах и информация об отказах начинают поступать только после начала эксплуатации машины.

В большинстве случаев это означает, что в звене появляется еще один участник - потребитель, который также как и производитель, в случае выявления дефектов будет нести дополнительные расходы.

Для изучения сложных систем и получения наиболее точных результатов предпочтительнее использовать комбинированные методы, сочетающие в себе элементы нескольких стандартных методик. Это позволяет повысить качество полученных результатов частично решить проблемы с нехваткой статистической информации.



Рис.1 Упрощенная схема жизненного цикла машины

Существует множество различных методов оценки риска [1].



Рис. 2. Классификация методов анализа рисков

Основой для оценки рисков R являются функционал F , связывающий вероятность P возникновения неблагоприятного события и математическое ожидание ущерба U от этого неблагоприятного события

$$R = F_R \{U, P\} = \sum_i [F_R(U_i, P_i)] = \int C(U)P(U)dU = \int C(P)U(P)dP$$

где: i – виды неблагоприятных событий;

C – весовые функции, учитывающие взаимовлияние рисков.

Комплексная методика строиться на анализе возможных отказов машины с учётом условий эксплуатации.

Основные этапы:

1. Составление списка возможных опасностей (аварийных ситуаций, отказов). На этом этапе необходимо собрать и проанализировать информацию о возможных опасностях, связанных с эксплуатацией машины, а также изучить доступную статистическую информацию.

2. Выбор возможных источников угрозы (причин отказов). После изучения инструкции, необходимо определить ключевые узлы, являющиеся источниками опасности, и определить их характер. Для этого можно использовать базовый перечень опасностей, опасных ситуаций и событий, содержащийся в ГОСТ Р 51344-99.

3. Отсевание опасностей, которые невозможны или маловероятны при эксплуатации исследуемой модели машины. Это действие необходимо для сокращения объема необходимых работ, упрощения оценочных мероприятий и увеличения качества результатов.

4. Проведение мероприятий и расчетов, связанных с оценкой риска. На этом этапе появляются точные данные по вероятности возникновения нестандартных ситуаций, а также проводится оценка потенциального ущерба отказа.

5. Принятие мер по предотвращению/устранению отказа. После определения вероятности возникновения нестандартной ситуации и возможного ущерба, принимается решение о целесообразности и способах предотвращения отказа.

Наиболее сложным является этап расчета потенциального риска. Для получения точных данных по вероятности наступления события необходимо проанализировать статистические данные по отказам, что является довольно трудной задачей, поскольку не все организации имеют возможность накапливать и анализировать такую информацию. В этой ситуации также может быть использован метод экспертных оценок.

После получения данных по вероятности наступления отказа необходимо провести оценку величин ущерба от этих событий.

Важнейшим и наиболее ответственным этапом является анализ рисков и формирование перечня потенциальных отказов и возможных последствий их возникновения.

Простейшим способом оценки ущерба от того или иного события (аварии или отказа) является анализ информации, имеющейся у страховых компаний. Кроме того, для решения этой задачи можно воспользоваться методом экспертных оценок

В результате всех этих расчетов формируются списки рисков и связанных с ними материальных затрат. Далее, по каждому пункту должно быть вынесено решение о приемлемости уровня рисков. Если значение риска оказывается за приемлемыми пределами, то необходимо принять решение по разработке мер по снижению риска. В случае если снижение риска не представляется возможным, необходимо провести комплекс мер по предупреждению отказа.

Зная распределение отказов по запчастям, и опираясь на положения ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010- 2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска», можно провести анализ опасностей и собственно оценку рисков.

На выходе в зависимости от цели проведения анализа рисков получаем качественное или количественное выражение риска.

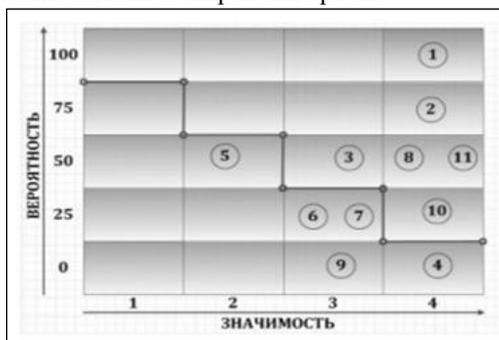


Рис. 3. Результаты качественной оценки риска

На рис. 3 приведен пример качественной оценки риска. Цифрами указаны возможные анализируемые риски. Допустим, под номером 1 приведён риск выхода из строя насоса гидроусилителя руля. Этот риск оказался наиболее критичным. Соответственно необходимо разработать ряд мер для снижения данного риска. Одним из таких вариантов может быть замена гидравлического на электроусилитель руля.

Для решения проблемы влияния региональных особенностей эксплуатации на надёжность предлагается использовать двухэтапный подход к оценке рисков СДМ.

Этап первый: выделение группы рисков, наиболее сильно влияющих на надёжность и безопасность машин. Ранжирование каждого из выбранных рисков. Этап второй: расчет общей оценки риска с учётом условий эксплуатации.

На основе опытных наблюдений было выявлено, что на эксплуатационные затраты в гарантийный период влияют следующие факторы (рис.4):

1. Уровень надёжности машины
 2. Региональные особенности эксплуатации
 3. Режимы использования
 4. Стоимость запасных частей, эксплуатационных материалов и работ
- Для облегчения расчетов можно принять некоторые ограничения:



Рис. 4. Виды проявления риска при эксплуатации

Шкалы оценки для каждого из видов риска представлены в табл. 1.

Таблица 1. Шкала оценки риска при эксплуатации СДМ

Риск	Балл	Оценка	Описание
1	2	3	4
Риск разработки	1	Низкий	элементы экстерьера, интерьера кузова
	2	Средний	Системы пассивной безопасности, ДВС, трансмиссия, подвеска
	3	Высокий	Рулевое управление, системы активной безопасности, рабочее оборудование
	4	Критический	Тормозная система
Риск региона эксплуатации	1	Низкий	Москва и Северо-западный регион
	2	Средний	Центральный и Южный регионы
	3	Высокий	Дальний Восток
	4	Критический	Сибирь
Риск режима эксплуатации	1	Низкий	свыше 45 лет
	2	Средний	30-45 лет
	3	Высокий	23-30 лет
	4	Критический	до 23 лет
Риск увеличения стоимости запасных частей и работ	1	Низкий	Модель является локальной и основные запасные части производятся на территории РФ
	2	Средний	Большинство запасных частей импортируются. Есть возможность наладить локальное производство
	3	Высокий	100% импорт и невозможность наладить локальное производство ввиду отсутствия технологий
	4	Критический	Производитель запасных частей Неизвестен или вызывает опасения

Для получения единой оценки риска предлагается использовать линейную модель взвешенной суммы факторов вида:

$$R_{об} = A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots + A_n \cdot X_n$$

где: X_1, X_2, \dots, X_n - независимые переменные (оценки рисков);

A_1, A_2, \dots, A_n - коэффициенты значимости факторов (важность фактора, определяется экспертным методом);

Для получения значения от 0% до 100% нормируем общую величину риска по формуле:

$$Y = 100\% \cdot (R_{об} - R_{min}) / (R_{max} - R_{min}),$$

где: R_{min} - минимально возможная оценка риска из таблицы 1;

R_{max} - максимально возможная оценка риска из таблицы 1;

Таблица интерпретации нормированной оценки риска может быть адаптирована под конкретную организацию с учетом ее политики и стандартов.

Использование предлагаемого подхода при организации поставок новых моделей машин и обосновании гарантийных сроков их эксплуатации обеспечивает возможность планирования управляющих технических воздействий с целью обеспечения безопасности использования СДМ и снижения расходов по гарантии с учётом региональных особенностей эксплуатации.

Анализ матрицы риска позволяет разработать конструктивные решения с низкими или незначительными рисками для того, чтобы исключить ситуацию возникновения риска значительного уровня в результате суммирования рисков в процессе эксплуатации машины.

Список литературы

1. Зорин, В.А. Надёжность механических систем М: Изд-во «ИНФРА-М», 2015. – 380 с.
2. Зорин, В.А. Безопасность дорожно-строительных машин и оборудования: учебник / В.А. Зорин, В.А. Даугелло. – М.: Изд-во МАДИ, 2013. – 217 с.
3. Руководство ИСО/МЭК 73:2002 «Управление риском. Словарь. Руководящие указания по использованию в стандартах»
4. ТР ТС 010/2011 "О безопасности машин и оборудования"
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010- 2011.

Веригин Ю.А., Веригина Я.Ю.

Развитие теоретических представлений о законах измельчения вещества механическим способом

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия*

Процесс подготовки исходного сырья для приготовления строительной продукции, изделий в технической керамике, композиционных конструкционных особо прочных деталей, продукции СВС технологий и др. требует получения исходных тонкоизмельченных материалов в виде порошковых сред.

Получение подобного сырья осуществляется путем разрушения исходной продукции в измельчителях различного вида.

Измельчение сопровождается процессом разрушения структурных блоков (зерен) исходного сырья (рис. 1.)

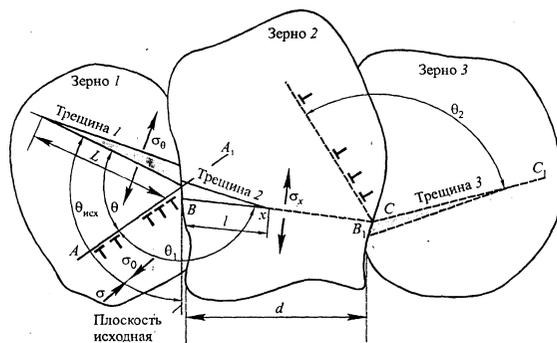


Рис. 1. Процесс разрушения структурных блоков (зерен) исходного сыра: σ – внешнее приложенное напряжение; T_1 – возникшая заранее микротрещина в зерне 1; AA_1 – плоскость скопления дислокаций в зерне 1; BB_1 – плоскость скольжения в зерне 2, составляющая с действующей плоскостью скольжения AA_1 в зерне 1 угол $\Theta=110^\circ$; σ_0 – напряжение сопротивления скольжению со стороны матрицы; σ_x – растягивающие напряжения в точке x по плоскости BB_1 ; d – средний размер зерна; l – расстояние от границы зерна до точки x в зерне 2.

Реальные структуры исходных материалов (аморфных либо кристаллических), как правило, имеют дефекты, которые в зависимости от размеров разделяются на следующие уровни.

- макродефекты – макрообъемные дефекты, фиксируемые невооруженным глазом и находятся на поверхности обследуемого объекта;
- мезодефекты – дефекты внутреннего строения вещества на уровне межзернового строения, состава кластерных блоков и т.п.;
- микродефекты – дефекты на уровне кристаллической решетки вещества, наличие дислокаций, их скоплений и микротрещин.

Особо ценным продуктом материального производства является энергонасыщенная среда, которая по своим свойствам рассматривается как продукт сверхтонкого измельчения [1]. Процесс измельчения сопровождается пластическими деформациями и разрушением первичной мезоструктуры до уровня микроструктуры вещества с последующей организацией на ее поверхности зоны повышенной химической активности, а порой и полного изменения механо-физико-химических показателей. Это способствует получению на их основе нетрадиционных материалов с особыми техническими свойствами.

В процессе измельчения материалов каждая частица среды подвержена силовому ударно-стирающему воздействию. Это создает в ее объеме напряженно-деформированное состояние, локализирующее пластические деформации, рост и слияние микротрещин в микроструктурных блоках макрочастицы (рис. 2).

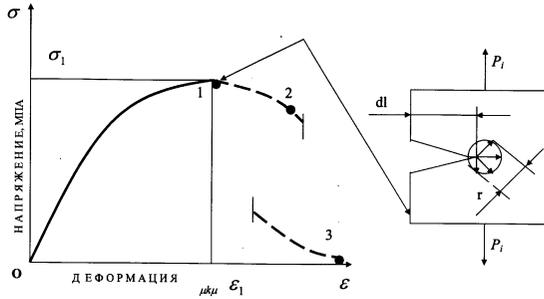


Рис. 2. Диаграмма состояния твердого тела под воздействием внешнего нагружения: dl – размер зародившейся микротрещины; r – радиус поля напряжений у вершины трещины; P_i – внешняя нагрузка. 1 – точка бифуркации, т.е. физический предел разрушения.

Эволюционирующая последовательность нагружений приводит к разрушению кластерных блоков частицы, уменьшению их размеров, повышению дисперсности вещества и его поверхностной энергии.

Объединенный процесс разрушения микрочастицы можно проиллюстрировать в следующей последовательности.

При нагружении объекта внешним силовым воздействием P в нем развиваются упруго-пластические процессы (рис. 2), переходящие на мезо-уровень. Это интенсифицирует движение дислокационных ансамблей и зарождение микротрещин, которые в последующем обеспечивают их рост, слияние и разрушение вещественной кристаллической решетки по кристаллографическим плоскостям элементарной частицы, что завершается ее разрушением.

Следовательно, процесс пластической деформации и разрушения вещества происходит в несколько стадий:

- подготовительную – накопление поля напряжений;
- образование зародышевых трещин – уплотнение вакансий;
- развитие микротрещины;
- слияние и размножение микротрещин;
- рост магистральной трещины и разрушение структуры.

Для построения математической модели, отражающей всю совокупность описанных явлений и эффектов представим, что элемент среды dV подвержен внешнему обобщенному силовому воздействию P_i (рис. 2).

При возрастании P_i в среде происходит накопление внутренней энергии dU (участок кривой 0 – 1) и упрочнение материала. В точке 1 имеет место критическое состояние, при котором энергия напряжений превышает потенциальный барьер тела на величину $dV\sigma$, расшатывающую структурную решетку, приводя к зарождению микротрещины размером dt . В вершине трещины локализуется поле напряжений радиусом r , способствующее спонтанному размножению единичных процессов J , слиянию микротрещин, образованию макродефектов и полной деградации структуры материала (рис. 2, участок кривой 1 – 2 – 3).

Таким образом, наличие источника воздействия P_i приводит тело в критическое состояние $\sigma_{T\varepsilon}$, при котором наступает разрушение материала. Освобождающаяся в результате этого энергия расходуется на образование новых поверхностей и дефектов в структуре микрообъемов. Другая ее часть рассеивается в виде объемных деформаций, тепла и других микроэффектов. Следовательно, мы имеем дело с необратимым процессом, для которого динамика изменения состояния выражается соотношением

$$\int \frac{du}{dt} dV \leq 0 \quad (1)$$

Приведенное уравнение показывает монотонное приближение состояния объекта разрушения dV_k желаемой форме или размерам, оговоренным условиями и требованиями технологии, например, степенью измельчения или удельной поверхностью.

Энергетическое состояние подобных систем описывается соотношением, которое применительно к рассматриваемым условиям преобразуется к виду

$$-dU = dF - TdQ \quad (2)$$

где: dU - внутренняя энергия системы;

dF – подведенная энергия (работа внешних сил):

TdQ – тепло, подведенное к системе.

В свою очередь, тепло, подведенное к системе, способствует проявлению элементарных тепловых процессов, что, с позиций первого начала термодинамики, выражается соотношением

$$TdQ = dA_{r,p} + dA_q \quad (3)$$

где: dA_q – часть тепла, превратившаяся во внутреннюю энергию, т.е. рассеявшееся тепло;

$dA_{r,p}$ – работа теплового разрушения (например, фазовые или полиморфные превращения, микродеформирование, диссоциация и т.д.).

Подставив (2) в (3), получим

$$-dU = dF - dA_{T,P} - dA_q. \quad (4)$$

Отсюда следует, что работа внешнего силового воздействия, необходимая для разрушения конкретного тела, есть величина, определяемая внутренней энергией тела, т.е. $dF = |dU|$. При этом наличие работы сил внутренних тепловых деформаций способствует уменьшению работы внешних сил.

Используя представления о молекулярно-кинетических основах, разрушения вещества, можно получить уравнение связи скорости критических условий процесса разрушения со свободной энергией dF (энергией активации).

Тогда в общем случае можно записать

$$a - 3dVd\mathfrak{Z}dl\rho^* K_m \frac{RT}{h} e^{\frac{dF-dV\sigma_m}{RTN}} = 0 \quad (5)$$

Произведя логарифмирование и решение данного уравнения относительно dF , имеем

$$dF = dV\sigma_m + NRT \ln\left(\frac{3RT}{ah} K_m \rho^* dVd\mathfrak{Z}dl\right). \quad (6)$$

Принимая вместо σ_m величину $2\sqrt{\frac{A_F E}{\pi dl}}$, получим

$$dF = 2dV \sqrt{\frac{A_F E}{\pi dl}} + NRT \ln\left(\frac{3RT}{ah} K_m \rho^* dVd\mathfrak{Z}dl\right). \quad (7)$$

В представлениях теории Гриффитса A_F есть удельная поверхностная энергия, необходимая для развития трещины dl и образования поверхности $d\mathfrak{Z}$. Приняв форму деформируемого тела близкой к кубической с начальным размером l и поверхностью $6l^2$, получим, что энергия деформации по Гуку определяется как $\sigma_m^2 l^3 / 2E$.

В результате разрушения до размеров l_i со степенью измельчения $i=l/l_i$ получим i^3 тел, каждая из которых имеет поверхность $6l^2$. Тогда вся вновь образуемая поверхность определяется как

$$\mathfrak{Z} = 6l_i^2 i^3 - 6l^2 = 6l^2 (i-1). \quad (8)$$

В свою очередь

$$A_F = \frac{\sigma_F^2 dl^3}{12E(i-1)}, \quad (9)$$

где σ_p – предел прочности на разрушение, Па.

Подстановкой значения A_F в уравнение (7) с учетом (8) получено

$$dF = 0,32\sigma_p dV \sqrt{\frac{1}{i-1}} + NRT \ln \left(\frac{18RT}{ah} K_m dV dl^2 (i-1) dl \right), \text{ Дж.} \quad (10)$$

Таким образом, работа внешнего силового воздействия складывается из потенциальной энергии среды

$$dA_{II} = 0,32\sigma_p dV \sqrt{\frac{1}{i-1}} \quad (11)$$

и работы, расходуемой на обеспечение течения внутрискруктурных молекулярно-кинетических процессов в разрушаемом теле

$$dA_k = NRT \ln \left[\frac{18RT}{ah} K_m \rho^* dV dl^2 dl (i-1) \right] \quad (12)$$

Иными словами:

$$dF = dA_{II} + dA_k. \quad (13)$$

Работа сил внутренних температурных напряжений проявляется в результате изменения температуры среды от T_0 до T_i , и может быть определена по законам термодинамики. При этом тензорная сила внутренних напряжений X_v^S ограничена пределом прочности материала, поэтому справедливо допустить, что $X_v^S \equiv \sigma_p$, тогда

$$dA_{T,P} = -\sigma_p \beta \Delta T dV. \quad (14)$$

Выделившаяся при разрушении тепловая энергия dA_q определяется как

$$dA_q = -0,239 dV c \rho \Delta T, \quad (15)$$

где c – удельная теплоемкость среды;

ρ С учетом вышеизложенного, энергия, необходимая для разрушения среды, выразится математической моделью, взаимосвязывающей параметры системы «среда – рабочий орган» следующим образом

$$dA_p = 0,32\sigma_p dV \sqrt{\frac{1}{i-1}} + NRT \ln \left[\frac{18RT}{ah} K_m \rho^* dl^3 dl^2 dl (i-1) \right] - \sigma_p \beta \Delta T dl^3 - 0,239 C \Delta T \rho dl^3, \text{ Дж} \quad (16)$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что полученное уравнение позволяет учесть все сложные и необратимые явления, происходящие при разрушении твердого вещества и является дополнением к существующим теоретическим моделям Риттингера, Кирпичева-Кика, Ребиндера, Бонда, Баловнева и других ученых, учитывающих один из факторов, влияющих на процессы измельчения материалов.

Предложенная математическая модель процесса разрушения вещества показывает, что процесс диспергирования – активации измельчением – сложный многоступенчатый процесс, связанный с изменением энергетического состояния вещества вследствие его масштабного упрочнения и вскрытия новых химически активных поверхностей твердотельных нанокластеров.

Наращение и развитие новых дефектных зон в ультрадисперсных системах, подверженных механическому воздействию, происходит за счет расшатывания дислокационных структур, образования микротрещин, роста магистральных дефектов и разрушения структурных ансамблей до полной амортизации вещества.

Термодинамический анализ процесса показывает, что энергия разрушения включает в себя сумму энергозатрат, учитывающих создание напряженно-деформированного состояния в структуре вещества, обеспечение экстремальных условий размножения дислокаций и роста микротрещин, образования новых поверхностей в соответствии с требованиями технологии, предписанными степенью измельчения.

Высвободившаяся при этом энергия рассеивается в виде активных тепловых флуктуаций, пассивного тепла и частично переходит в приповерхностную энергию активации.

Список литературы

1. Веригин Ю.А. Технологические принципы измельчения и активации исходного сырья при изготовлении дорожно-строительных материалов / Ю.А. Веригин, Я.Ю. Веригина, Е.А. Клименко// Материалы международной НТК. 11-14 сентября 2007 г. «Интерстроймех 2007» - Самара, с. 89-92

Рабочий орган машины для разрушения снежно-ледяных образований

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Зимняя механизированная уборка городских дорог в настоящее время осуществляется с нарушением установленных нормативов, что приводит к возникновению на поверхностях покрытий дорог снежно-ледяных образований. Как показывает практика, этим обусловлено до 40% дорожно-транспортных происшествий в городах и снижение скорости транспортных потоков до 35%. При этом, себестоимость перевозок возрастает в среднем на 25%.

На поверхности покрытий дорог снежно-ледяные образования представляют собой фрагментарные ледяные наплывы с различными (в зависимости от толщины наплыва) физико-механическими свойствами и наличием на поверхности покрытия антигололедной плёнки, обязательной при выполнении зимней механизированной уборке городских дорог [1].

Как показали исследования, наибольший эффект удаления наледи с поверхности дорожного покрытия достигается при одновременном действии на нее со стороны рабочего органа двух сил - R и T (рис.1). Сила R откалывает обрабатываемый кусок наледи от ее массива, а сила T сдвигает отколовшийся кусок от основного массива наледи, что и обеспечивает надлежащую очистку дорожного покрытия от снежно-ледяных образований.

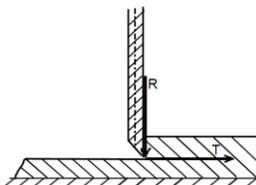


Рис.1. Схема разрушения наледи на поверхности дороги

Наибольшее распространение при ликвидации снежно-ледяных образований в настоящее время получили два типа рабочих органов машин - навесные на трактор бульдозерные ножи и катки с вальцами кулачкового типа. При этом, в качестве кулачков применяют ножи, жестко закрепленные на поверхности вальцов.

Как показали исследования, проведенные на кафедре ЖКК НИУ МГСУ, более эффективным и результативным в использовании рабочим органом для удаления снежно-ледяных образований является, рабочий орган, имеющий специальную конструкцию вальца с подвижно закрепленными на нем ножами.

Валец включает в себя цилиндрический упругий пневматический баллон под давлением с закрепленными на нем ножами. Упругий баллон от внешних механических воздействий защищён крышкой с устройством для накачивания в камеру воздуха под давлением. В качестве баллона можно использовать комплект автомобильных колес камерного типа, закрепленных, с помощью своих барабанов на единой оси. При этом ножи крепятся к крышке баллона жестко.

На рис. 2 приведена схема работы оборудования, оснащенного пневматическим цилиндрическим баллоном с ножами, жестко закрепленными на его поверхности. Силой тяги P валец свободно катится по поверхности снежно-ледяного образования. Первичный контакт ножа с поверхностью разрушаемого слоя льда происходит в точке A . Под действием массы катка ножи продолжают внедряться в слой льда. При этом на каждый нож действует сопротивление со стороны разрушаемого массива наледи и отклоняет его от своего радиального положения на вальце на некоторый угол - α , встречая вместе с тем упругое сопротивление такому отклонению со стороны баллона с воздухом, находящегося под давлением.

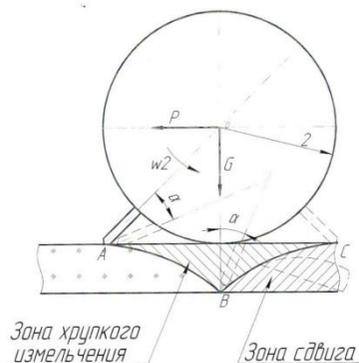


Рис.2. Схема работы льдоскалывающего оборудования, оснащенного пневматическим баллоном

В результате упругой деформации стенок баллона эта энергия аккумулируется внутри него, создавая зону повышенного давления. По мере заглубления ножа в толщу льда от точки A до точки B давление в баллоне возрастает. При этом в толще льда возникает зона хрупкого измельчения, как результат воздействия тела ножа на обрабатываемый слой льда.

При дальнейшем движении (качении) вальца нож начинает выходить из разрушаемого слоя льда по циклоидальной траектории. При этом освобождается аккумулированная баллоном упругая энергия, возвращая нож из наклонного в радиальное положение.

Под действием упругой энергии возникает сдвигающее усилие, куском отрывающее обрабатываемый слой льда от подложки со сдвигом куска вдоль подложки. Такой сдвиг возможен из-за снижения прочностных свойств льда в зоне его отрыва от подложки в результате действия антигололедных материалов.

Как показывают предварительные исследования внедрение в эксплуатацию оборудования с вальцами рассмотренной конструкции позволит очищать с первого прохода до 85% покрытия дороги от снежно-ледяных образований, если покрытие в зоне работы было предварительно обработано антигололедными материалами. На графике (рис.3) приведена зависимость сопротивления срезу наледи от плотности снежно-ледяного массива.

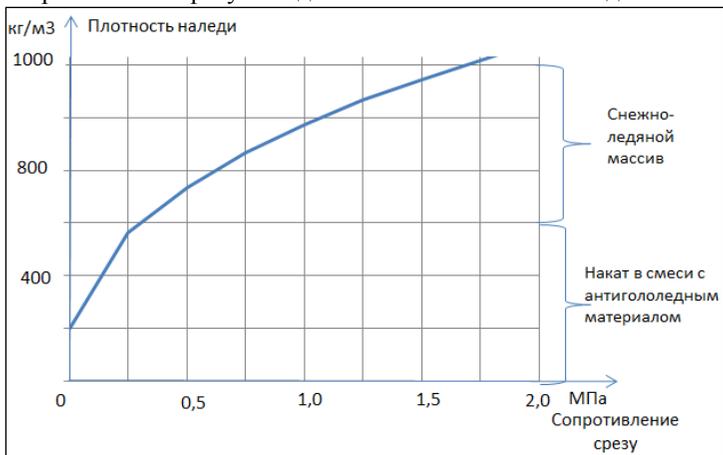


Рис.3. Зависимость сопротивления срезу наледи от плотности снежно-ледяного массива

Из графика видно, что имеет место снижение прочностных свойств наледи от присутствия в её слое или в зоне её контакта с покрытием дороги антигололедных материалов.

Список литературы

Доценко А.И. Коммунальные машины и оборудование, Архитектура - С, М., 2005

Определение затрат мощности на привод фрезерного питателя малогабаритного снегоочистителя

*Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашикова, Ижевск, Россия*

Для большинства регионов Российской Федерации задачи по удалению снега и борьбе с зимней скользкостью на поверхности дорог и тротуаров остаются актуальными на протяжении практически половины календарного года. Своевременная и регулярная очистка дорожной поверхности от снега и снежно-ледяных образований обеспечивает бесперебойное и безопасное движение транспортных средств и пешеходов. Особое внимание стоит уделять территориям, прилегающим к многоквартирным жилым домам, общественным зданиям и учреждениям, торговым центрам, остановкам общественного транспорта и т.п., где интенсивность движения достаточно велика. К сожалению, работы по зимнему содержанию тротуаров, внутриквартальных проездов, придомовых и других территорий в стесненных условиях, в основном проводятся дворниками вручную. Во время обильных снегопадов дворники не успевают выполнить снегоуборочные работы в установленные сроки, что приводит к быстрому уплотнению снега при интенсивном движении транспортных средств и пешеходов. Трудоемкость удаления уплотненного снега и льда увеличивается в несколько раз, по сравнению с очисткой поверхности от свежевыпавшего снега [1].

Малогабаритные машины для уборки снега с каждым годом пользуются высоким спросом у потребителей. Они оптимальны как для дачников, так и для коммунальных служб, поскольку достаточно производительны, чтобы в кратчайшие сроки перекидывать снег, и не слишком велики по габаритным размерам и массе, что упрощает управление и маневрирование в стесненных условиях [2]. Для уборки плотного и смерзшегося снега наибольшее распространение получили самоходные фрезерно-роторные снегоочистители на одноосном агрегатном шасси (рис. 1), оснащенные бензиновым двигателем мощностью до 10 кВт.

Рабочий орган представляет собой ленточную фрезу, в основном двухзаходную, с зубчатой рабочей кромкой для разработки слежавшегося снега [3]. Трансмиссия обеспечивает передачу крутящего момента от двигателя на рабочий орган и колеса через два независимых вала отбора мощности. При поступательном движении снегоочистителя фрезерный питатель вырезает и перемещает снег от краев к центральной части машины на лопастной ротор, смонтированный в общем корпусе с питателем. При вращении крыльчатки ротора происходит выброс снега в заданном направлении посредством поворачиваемого патрубков.

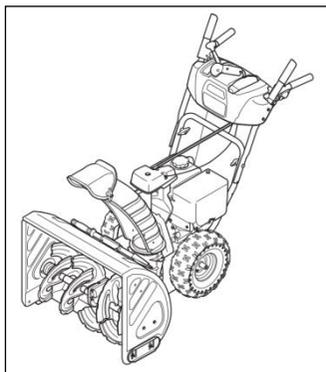


Рис. 1. Малогабаритный фрезерно-роторный снегоочиститель

При расчете и проектировании малогабаритных снегоочистителей требуются предварительные исследования и составление методик расчета для определения основных параметров силовой установки, трансмиссии, рабочего органа и других элементов конструкции. Однако, вследствие сложности процессов, происходящих при разрушении снега, до сих пор отсутствует строго обоснованная методика определения мощности, необходимой для обеспечения работы снегоуборочной машины. Многие методики расчета основываются на учете наиболее существенных сопротивлений, возникающих при работе снегоочистителя, и имеют ряд определенных допущений в процессах, протекающих при взаимодействии рабочих органов машины со снегом [4]. Ленточная фреза обладает лучшей режущей способностью по сравнению со шнеком, но при этом увеличивается энергоемкость процесса, что нежелательно для малогабаритных снегоочистителей с двигателями малой мощности.

Существуют различные методики расчета затрат мощности на привод фрезерного питателя. Как правило, они предназначены для расчета крупногабаритной снегоуборочной техники и основываются на разделении рабочего процесса на отдельные операции, каждая из которых рассчитывается отдельно. По многим удельным показателям малогабаритные тихоходные снегоочистители, имеющие небольшую ширину захвата рабочего органа, резко отличаются от быстроходных снегоочистителей на базе трактора и грузового автомобиля. Сопротивления, возникающие при работе фрезы на снегу, особенно для малогабаритных снегоочистителей, в настоящее время мало изучены и требуют дальнейшего уточнения. Сложным образом изменяющиеся механические характеристики снега должны быть учтены при назначении режимов работы и выборе типа питателя, соответствующих минимуму удельной энергии, необходимой для разрушения снега [5].

В методике расчета В.И. Баловнева выделяется две рабочие операции фрезерного питателя, на которые расходуется мощность [6]:

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{1\text{п}} + N_{2\text{п}}}{\eta_{\text{п}}} \quad (1)$$

где: $N_{1\text{п}}$ – затраты мощности на вырезание снега из массива, кВт;
 $N_{2\text{п}}$ – затраты мощности на перемещение снега питателем к ротору, кВт;
 $\eta_{\text{п}}$ – КПД привода питателя ($\eta_{\text{п}} = 0,8 \div 0,9$)

$$N_{1\text{п}} = 10^{-3} \cdot P_{\text{р.п.}} \cdot \left(R_{\text{п}} \cdot \omega_{\text{п}} - \frac{\pi \cdot v_{\text{м}}}{z} \right) \cdot \text{tg}(\alpha + \delta) \quad (2)$$

где: $P_{\text{р.п.}}$ – суммарная сила сопротивления снега резанию винтовой лопастью питателя, Н;

$R_{\text{п}}$ – радиус окружности вращения фрезерного питателя, м;

$\omega_{\text{п}}$ – угловая скорость питателя, рад/с;

$v_{\text{м}}$ – рабочая скорость снегоочистителя, м/с;

z – число заходов винтовой лопасти питателя;

α – угол подъема винтовой линии питателя;

δ – угол внешнего трения снега.

$$N_{2\text{п}} = 1,39 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{B \cdot \omega_{\text{п}}^2 \cdot R_{\text{п}} \cdot \Pi_{\text{тех}} \cdot (\text{tg}\rho + \text{tg}\delta) \cdot \text{tg}(\alpha + \delta)}{\text{tg}\alpha} \quad (3)$$

где: B – ширина захвата питателя, м;

$\Pi_{\text{тех}}$ – техническая производительность снегоочистителя, т/ч;

ρ – угол внутреннего трения снега.

Методика расчета, предложенная Д.А. Шалманом, основывается на разделении мощности, затрачиваемой на работу фрезерного питателя, на четыре составляющие [7]:

$$N_{\text{фр}} = \frac{N_{1\text{фр}} + N_{2\text{фр}} + N_{3\text{фр}} + N_{4\text{фр}}}{\eta_{\text{п}}} \quad (4)$$

где: $N_{1\text{фр}}$ – мощность, затрачиваемая на резание снега, кВт;

$N_{2\text{фр}}$ – мощность, затрачиваемая на сообщение снегу скорости, кВт;

$N_{3\text{фр}}$ – мощность, затрачиваемая на перемещение снега к ротору, кВт;

$N_{4\text{фр}}$ – мощность, затрачиваемая на перемешивание, перемалывание и уплотнение снега, кВт.

$$N_{1\text{фр}} \approx 0,037 \cdot \frac{A \cdot \Pi_{\text{тех}}}{\gamma} \cdot \left(\frac{n_{\text{фр}} \cdot z}{v_x} \right)^{0,4} \quad (5)$$

где: A – постоянная, зависящая от физико-механических свойств снега, МПа;

γ – плотность снега, т/м³;

$n_{\text{фр}}$ – частота вращения фрезерного питателя, об/мин;

v_x – скорость передвижения снегоочистителя, м/ч.

$$N_{2\text{фр}} = k_c \cdot \frac{\Pi_{\text{тех}} \cdot v_{\text{фр}}^2}{367 \cdot g} \quad (6)$$

где: k_c – коэффициент, учитывающий, что часть снежной массы покидает ленту фрезы раньше, чем она достигнет ее края ($k_c=0,7 \div 0^*/,9$);

$v_{\text{фр}}$ – окружная скорость фрезы, м/с.

$$N_{3\text{фр}} = \frac{\Pi_{\text{тех}} \cdot B \cdot f_2}{735 \cdot \psi_{\text{фр}}} \cdot \frac{\text{tg}(\alpha + \delta)}{\text{tg}\alpha} \quad (7)$$

где: f_2 – коэффициент внутреннего трения снега;

$\psi_{\text{фр}}$ – коэффициент, характеризующий проскальзывание снега относительно фрезы ($\psi_{\text{фр}}=0,6 \div 0,9$).

$$N_{4\text{фр}} = k_{\text{пер}} \cdot (N_{2\text{фр}} + N_{3\text{фр}}), \quad (8)$$

где $k_{\text{пер}}$ – коэффициент, определяемый опытным путем ($k_{\text{пер}} \approx 0,2$).

Согласно методике расчета, описанной А.И. Доценко, предусматривается определение необходимой мощности через работу, затрачиваемую на выполнение фрезерным питателем трех рабочих операций [8]:

$$N_1 = \frac{(A_1 + A_{\text{ск}}) \cdot n_{\text{п}}}{1000 \cdot \eta_{\text{п}}} + \frac{A_0 \cdot \text{tg}(\alpha + \delta)}{\text{tg}\alpha}, \quad (9)$$

где: A_1 – работа, затрачиваемая на срезание стружки снега лопастями фрезы, Дж;

$A_{\text{ск}}$ – работа, затрачиваемая на сообщение снегу скорости отбрасывания, Дж;

A_0 – затраты энергии на перемещение снега фрезой к ротору в единицу времени, Дж/с;

$n_{\text{п}}$ – частота вращения фрезы питателя, об/с.

$$A_1 = \frac{v_{\text{м}}}{n_{\text{п}} \cdot z} \cdot K_{\text{рез}} \cdot R_{\text{п}} \cdot b \cdot (1 - \cos\theta_0), \quad (10)$$

где: $K_{\text{рез}}$ – коэффициент сопротивления снега резанию, МПа;
 b – ширина срезаемой фрезой стружки, равная ширине захвата питателя, м;
 θ_0 – угол, определяющий высоту разрабатываемого слоя снега.

$$A_{\text{ск}} = 0,5 \cdot m_0 \cdot R_{\text{п}}^2 \cdot \omega_{\text{п}}^2 \cdot K_{\text{ск}} \cdot \sin^2 \alpha, \quad (11)$$

где: m_0 – масса снега, подаваемая за один оборот фрезы, кг;
 $K_{\text{ск}}$ – коэффициент, учитывающий распределение снега по витку лопасти фрезы ($K_{\text{ск}} = 0,8 \div 1,0$).

$$A_0 = 0,5 \cdot \Pi \cdot f_2 \cdot B \cdot g, \quad (12)$$

где Π – производительность машины, кг/с.

По приведенным формулам (1-12) и рекомендациям [6-8] были произведены расчеты мощности, необходимой для обеспечения работы фрезерного питателя. На графике (рис. 2) представлена зависимость мощности, затрачиваемой на привод фрезерного питателя малогабаритного снегоочистителя, от ширины захвата. При расчетах были приняты следующие основные показатели: $R_{\text{п}} = 0,15$ м; $\alpha = 25,5^\circ$; $z = 2$; $\omega_{\text{п}} = 31,4$ рад/с; $v_{\text{м}} = 0,05$ м/с; $\eta_{\text{п}} = 0,85$; $\gamma = 0,52$ т/м³; $K_{\text{рез}} = 0,08$ МПа; $\theta_0 = 180^\circ$ (для высоты разрабатываемого слоя снега 0,3 м). Проведя обзор конструкций существующих малогабаритных снегоочистителей, приходим к тому, что ширина захвата питателя варьируется в пределах 0,5÷0,9 м [9].

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что затраты мощности, полученные по методике расчета А.И. Доценко, имеют завышенные значения. Причем, чем больше ширина захвата питателя, тем разница со значениями, полученными по двум оставшимся методикам, становится все более ощутимой, примерно в 4 раза. Результаты расчетов по методике Д.А. Шалмана имеют не такое большое отклонение от значений затрат мощности на привод питателя, полученных по методике В.И. Баловнева, и составляет от 76,9 % до 18,9 % при ширине захвата 0,5 м и 0,9 м, соответственно.

Не стоит забывать о том, что возможности бензинового двигателя не безграничны. Помимо затрат мощности на привод питателя, в процессе работы фрезерно-роторного снегоочистителя также имеют место затраты мощности на привод ротора и на перемещение самоходного шасси. Особенно затратным, в плане энергоемкости, является процесс выброса снега ротором. Такое положение дел требует внесения соответствующих корректировок в существующие методики расчета применительно к определению основных параметров малогабаритных снегоуборочных машин.

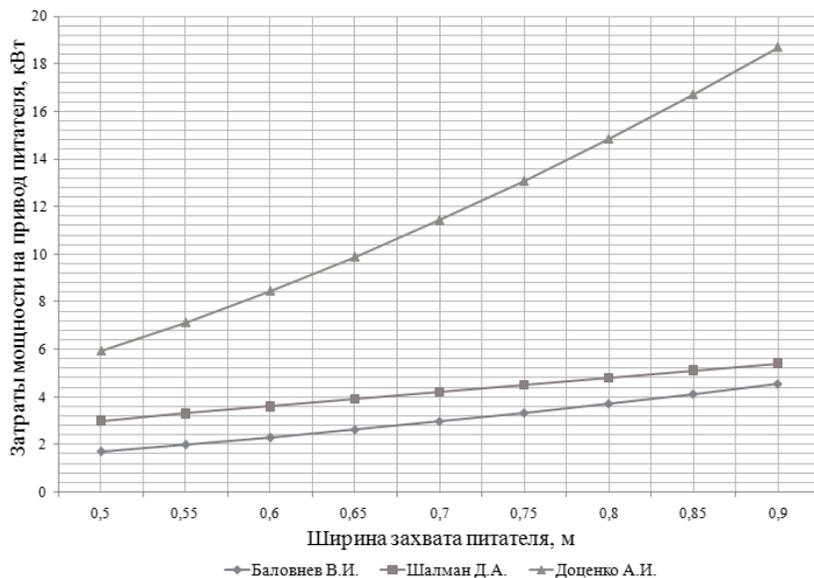


Рис. 2. График зависимости затрат мощности на привод фрезерного питателя малогабаритного снегоочистителя от ширины захвата

Таким образом, единственным и достоверным способом получения необходимых данных является физическое моделирование процесса взаимодействия рабочего органа со средой, целью которого является получение баз данных для определения сопротивлений, возникающих на фрезерном питателе малогабаритного снегоочистителя, при резании снега различной плотности. Полученные данные позволят определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы малогабаритного снегоуборочного оборудования с точки зрения минимальных затрат энергии на удаление снега с поверхности дорог и тротуаров при различных условиях эксплуатации [10].

Список литературы

1. Закиров М.Ф., Субботина А.С., Баранчик В.П. Требования к оборудованию для зимнего содержания тротуаров и дворовых территорий // Интерстроймех – 2007: материалы Международной научно-технической конференции. – Самара: Изд-во СГАСУ, 2007. – С. 242-245.
2. На что способны снегоуборщики. URL: <http://www.snowclean.ru/info/everyday-snow-clean-mashine.shtml> (дата обращения: 27.06.2016).
3. Закиров М.Ф., Субботина А.С., Баранчик В.П. Требования к оборудованию для зимнего содержания тротуаров и дворовых территорий // Интерстроймех – 2007: материалы Международной научно-технической конференции. – Самара: Изд-во СГАСУ, 2007. – С. 242-245.

4. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: Учеб. пособие для вузов / В.И. Баловнев, М.А. Беляев и др. – Москва-Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. – 768 с.

5. Закиров М.Ф., Баранчик В.П. Определение сопротивления резанию снега шнеком малогабаритного роторного снегоочистителя // Интерстрой-мех – 2014: материалы Международной научно-технической конференции. – Самара: Изд-во СГАСУ, 2014. – С. 25-28.

6. Закиров М.Ф., Баранчик В.П. Новый подход к выбору режимов разрушения снега рабочими органами машин // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – №2(18). – С. 107-110.

7. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учеб. для вузов / Под ред. В.И. Баловнева. – Москва-Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 528 с.

8. Шалман Д.А. Снегоочистители. – Л.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

9. Доценко А.И. Коммунальные машины и оборудование: Учеб. пособие для вузов. – М.: Архитектура-С, 2005. – 344 с.

10. Выбор снегоборочной машины. URL: <http://www.diy.ru/post/2233/> (дата обращения: 27.06.2016).

11. Закиров М.Ф., Меньшиков Р.А., Шуклин И.В. Оснащение лабораторного стенда рабочими органами для исследования питателей малогабаритных снегоочистителей // Интеллектуальные системы в производстве. – 2016. – №1(28). – С. 52-54.

Кудрявцев Е.М.

Динамический анализ механизма передвижения башенного крана

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

В статье представлен метод определения динамических параметров механических приводов в неустановившемся режиме работы на ранних этапах их проектирования. Этот метод продемонстрирован на примере динамического анализа механизма передвижения башенного крана. Он включает несколько этапов.

Первый этап - создание размеченного графа состояния механического привода в неустановившемся режиме работы (механизма передвижения башенного крана) рис. 1.

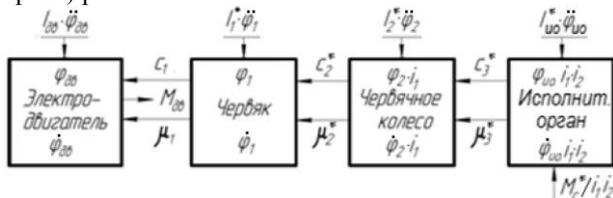


Рис. 1. Размеченный граф состояний механического привода в неустановившемся режиме работы - механизма передвижения крана: $M_{дв}$ - крутящий момент двигателя; $I_{дв}$, I_1 , I_2 , $I_{ш}^*$ - моменты инерции тел: ротор двигателя; червяк; червячное колесо и исполнительный орган; c_1 , c_2^* , c_3^* - коэф. крутильной жесткости тел: двигатель-червяк; червяк-червячное колесо; червячное колесо-исполнительный орган; μ_1 , μ_2^* , μ_3^* - коэф. диссипации тел: двигатель-червяк; червяк-червячное колесо; червячное колесо-исполнительный орган; M_c^* - момент сопротивления передвижению крана; i_1 , i_2 - передаточные числа червячного редуктора и открытой передачи

Прямоугольник данного графа обозначает тело механической системы. Стрелки, выходящие и входящие в прямоугольник, обозначают действующие моменты для тел вращения и силы для тел перемещения. Входящие стрелки, представляют реактивные, а выходящие активные моменты для тел вращения и соответствующие силы для тел перемещения.

На каждое тело вращения могут действовать реактивные моменты (силы): моменты (силы) инерции и моменты (силы), связанные с свойствами тела.

Величины, которые связаны с диссипативными и упругими свойствами тела, зависят от свойств тел, взаимодействующих с рассматриваемым телом.

Второй этап – создание математической модели, описывающей динамику работы механизма в процессе пуска и установившегося движения. Известно, что этот процесс описывается системой дифференциальных уравнений, для чего разработаны различные методы для их составления. Здесь предлагается еще один метод с использованием размеченного графа состояний и соответствующего мнемонического правила.

Для составления дифференциальных уравнений, описывающих работу механической системы, состоящей из последовательно соединенных тел вращения, можно сформулировать следующее мнемоническое правило:

- для каждого тела системы составляется дифференциальное уравнение второго порядка;
- число членов уравнения равно числу стрелок входящих или выходящих из рассматриваемого тела;
- каждый член уравнения имеет свой знак. Если стрелка направлена в тело, то член берется со знаком плюс, если из тела, то со знаком минус;
- первый член суммы для каждого i -ого тела равен $I_i \cdot \ddot{\varphi}_i$;
- члены для стрелок, связывающих два смежных тела системы, равны произведению коэффициента жесткости или диссипации предшествующего тела системы на разность искомых параметров по данной стрелке, с учетом передаточных чисел двух смежных тел системы.

Используя мнемоническое правило и размеченный граф состояний, составим систему дифференциальных уравнений, описывающих работу механизма передвижения крана. В нашем примере механизм передвижения крана представлен четырьмя телами, следовательно, мы будем иметь четыре дифференциальных уравнений второго порядка такого вида:

$$\begin{aligned}
I_{\partial s} \cdot \ddot{\varphi}_{\partial s} + c_1 \cdot (\varphi_{\partial s} - \varphi_1) + \mu_1 \cdot (\dot{\varphi}_{\partial s} - \dot{\varphi}_1) - M_{\partial s} &= 0 \\
I_1^* \cdot \ddot{\varphi}_1 + c_2^* \cdot (\varphi_1 - \varphi_2 \cdot i_1) + \mu_2^* \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 \cdot i_1) - c_1 \cdot (\varphi_{\partial s} - \varphi_1) - \mu_1 \cdot (\dot{\varphi}_{\partial s} - \dot{\varphi}_1) &= 0; \\
I_2^* \cdot \ddot{\varphi}_2 + c_3^* \cdot (\varphi_2 \cdot i_1 - \varphi_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) + \mu_3^* \cdot (\dot{\varphi}_2 \cdot i_1 - \dot{\varphi}_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) - c_2^* \cdot (\varphi_1 - \varphi_2 \cdot i_1) - \mu_2^* \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 \cdot i_1) &= 0; \\
I_{\omega}^* \cdot \ddot{\varphi}_{\omega} - c_3^* \cdot (\varphi_2 \cdot i_1 - \varphi_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) - \mu_3^* \cdot (\dot{\varphi}_2 \cdot i_1 - \dot{\varphi}_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) + \frac{M_{\xi}^*}{i_1 \cdot i_2} &= 0.
\end{aligned}$$

Эта система дифференциальных уравнений описывает поведение элементов привода при приложении к ротору двигателя момента $M\partial v$, а к ходовым тележкам момента сопротивления M_c . Для облегчения решения данной системы целесообразно представить ее в виде системы дифференциальных уравнений, состоящей из восьми дифференциальных уравнений первого порядка.

$$\begin{aligned}
d\varphi_{\partial s} / dt &= \dot{\varphi}_{\partial s}; \\
d\varphi_1 / dt &= \dot{\varphi}_1; \\
d\varphi_2 / dt &= \dot{\varphi}_2; \\
d\varphi_{\omega} / dt &= \dot{\varphi}_{\omega}; \\
\frac{d\dot{\varphi}_{\partial s}}{dt} &= \frac{1}{I_{\partial s}} \cdot (M_{\partial s} - c_1 \cdot (\varphi_{\partial s} - \varphi_1) - \mu_1 \cdot (\dot{\varphi}_{\partial s} - \dot{\varphi}_1)); \\
\frac{d\dot{\varphi}_1}{dt} &= \frac{-1}{I_1^*} \cdot (c_2^* \cdot (\varphi_1 - \varphi_2 \cdot i_1) + \mu_2^* \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 \cdot i_1) - c_1 \cdot (\varphi_{\partial s} - \varphi_1) - \mu_1 \cdot (\dot{\varphi}_{\partial s} - \dot{\varphi}_1)); \\
\frac{d\dot{\varphi}_2}{dt} &= \frac{-1}{I_2^*} \cdot (c_3^* \cdot (\varphi_2 \cdot i_1 - \varphi_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) + \mu_3^* \cdot (\dot{\varphi}_2 \cdot i_1 - \dot{\varphi}_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) - c_2^* \cdot (\varphi_1 - \varphi_2 \cdot i_1) - \mu_2^* \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 \cdot i_1)); \\
\frac{d\dot{\varphi}_{\omega}}{dt} &= \frac{-1}{I_{\omega}^*} \cdot (c_3^* \cdot (\varphi_2 \cdot i_1 - \varphi_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) + \mu_3^* \cdot (\dot{\varphi}_2 \cdot i_1 - \dot{\varphi}_{\omega} \cdot i_1 \cdot i_2) - \frac{M_{\xi}^*}{i_1 \cdot i_2}).
\end{aligned}$$

Третий этап - определение параметров и представление механической характеристики двигателя. В нашем примере механическая характеристика асинхронного кранового двигателя с фазным ротором может быть представлена в таком виде

$$M\partial v(\omega) = \frac{2 \cdot M \max}{1 - \frac{\omega}{\omega_0} + \frac{S\kappa}{S\kappa \cdot 1 - \frac{\omega}{\omega_0}}},$$

где: $M\max$ – максимальный момент на роторе двигателя, Нм;
 ω - угловая скорость вращения ротора двигателя, 1/с;
 ω_0 - угловая скорость вращения магнитного поля, 1/с;

S_k – критическое скольжение.

Четвертый этап - определение исходных данных и их приведенных значений к валу двигателя для всех движущихся тел:

- моментов инерции всех движущихся тел механизма;
- коэффициентов жесткости всех смежных движущихся деталей, объединенных тел и их приведенных значений к валу двигателя;
- коэффициентов диссипации всех смежных движущихся деталей, объединенных тел и их приведенных значений к валу двигателя.

Пятый этап - проведение динамического анализа с помощью одной из математических систем, например, с использованием наиболее простой и распространенной системы Mathcad.

Искомые параметры, входящие в систему дифференциальных уравнений, перед ее решением в системе Mathcad обозначим так:

$$\varphi_{0e} = x_0; \quad \varphi_1 = x_1; \quad \varphi_2 = x_2; \quad \varphi_3 = x_3; \quad \varphi_{uo} = x_4;$$

$$\frac{d\varphi_0}{dt} = x_5; \quad \frac{d\varphi_1}{dt} = x_6; \quad \frac{d\varphi_2}{dt} = x_7; \quad \frac{d\varphi_3}{dt} = x_8; \quad \frac{d\varphi_{uo}}{dt} = x_9.$$

Ниже приводится алгоритм и пример динамического анализа механизма передвижения башенного крана в системе Mathcad.

Динамический анализ механизма передвижения крана в системе Mathcad

Исходные данные:

- момент инерции двигателя, кг*м ²	$I_{дв} := 0.093$
- привед. момент инерции объединенных тел: Шпоночная муфта; Червяк, кг*м ²	$I_{нр} := 0.001722$
- привед. момент инерции объединенных тел: Червяк; Червячное колесо, кг*м ²	$I_{2нр} := 0.0001676$
- привед. момент инерции тел: Червячное, Ходовое колесо, крана с грузом кг*м ²	$I_{3нр} := 0.202$
- коэф. жесткости соединения тел: Ротор двигателя Червяк, Нм/рад.	$c1 := 7754$
- привед. коэф. жесткости соединения тел: Червяк; Червячное колесо, Нм/рад.	$c2 := 4215$
- привед. коэф. жесткости соединения тел: Червячное и Ходовое колесо, Нм/рад.	$c3 := 7122$
- коэф. диссипации соединения тел: Ротор двигателя Червяк, Нмс/рад.	$\mu1 := 0.731$
- привед. коэф. диссипации соединения тел: Червяк; Червячное колесо, Нмс/рад.	$\mu2 := 0.336$
- привед. коэф. диссипации соединения тел: Червячное и Ходовое колесо, Нмс/рад.	$\mu3 := 1.373$
- приведенный момент сопротивления передвижению ходовой тележки, Нм	$M_{снр} := 98.581$
- передаточное червячного редуктора	$i1 := 40$
- передаточное число открытой передачи.	$i2 := 2.52$
- угловая скорость идеального хода ротора двигателя, рад/с	$\omega0 := 104.72$
- величина критического скольжения	$S_k := 0.39$
- максимальный (критический) момент двигателя в статическом режиме, Н*м	$M_k := 165$
- угловая скорость вращения ротора двигателя, 1/с	$\omega_n := 95.295$
- ускорение свободного падения, м/с ²	$g_w := 9.81$

Искомые параметры:

- угол поворота и угловая скорость ротора двигателя с тормозным шкивом	X_0, X_4
- угол поворота и угловая скорость первого вала редуктора	X_1, X_5
- угол поворота и угловая скорость промежуточного вала редуктора	X_2, X_6
- угол поворота и угловая скорость исполнительного механизма (барабана)	X_3, X_7

Алгоритм расчета:

1. Приведение размерностей

$$M_{cnp} := \frac{M_{cnp}}{g} \quad M_k := \frac{M_k}{g}$$

2. Представление и решение системы дифференциальных уравнений

- вектор-столбец начальных значений искомых параметров

$$x := (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)^T$$

- вектор-столбец правой части системы дифференциальных уравнений

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ \frac{1}{I_{об}} \left[\frac{2 \cdot M_k}{1 - \frac{x_4}{\omega_0} + \frac{S_k}{1 - \frac{x_4}{\omega_0}}} - \mu 1 \cdot (x_4 - x_5) - c 1 \cdot (x_0 - x_1) \right] \\ \frac{\mu 1 \cdot (x_4 - x_5) + c 1 \cdot (x_0 - x_1) - \mu 2 \cdot (x_5 - x_6 \cdot i 1) - c 2 \cdot (x_1 - x_2 \cdot i 1)}{I_{лп}} \\ \frac{\mu 2 \cdot (x_5 - x_6 \cdot i 1) + c 2 \cdot (x_1 - x_2 \cdot i 1) - \mu 3 \cdot (x_6 \cdot i 1 - x_7 \cdot i 1 \cdot i 2) - c 3 \cdot (x_2 \cdot i 1 - x_3 \cdot i 1 \cdot i 2)}{I_{лп}} \\ \frac{1}{I_{3лп}} \left[\mu 3 \cdot (x_6 \cdot i 1 - x_7 \cdot i 1 \cdot i 2) + c 3 \cdot (x_2 \cdot i 1 - x_3 \cdot i 1 \cdot i 2) - \frac{M_{cnp}}{(i 1 \cdot i 2)} \right] \end{bmatrix}$$

- параметры моделирования:

начальное время моделирования, с

$$t0 := 0$$

конечное время моделирования, с

$$t1 := 2$$

число шагов интегрирования

$$N_{инт} := 100$$

- решение системы дифференциальных уравнений с помощью встроенной функции $Rkadapt(x, t0, t1, N, D)$ - метод Рунге-Кутты с адаптивным шагом.

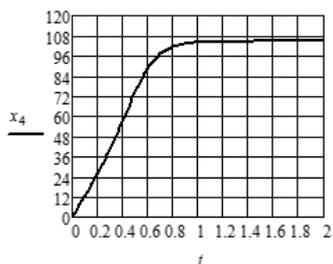
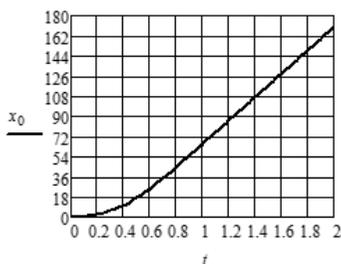
$$Z := Rkadapt(x, t0, t1, N, D)$$

- результаты определения искомых параметров: $t := Z^{(0)}$ $x_0 := Z^{(1)}$

$$x_1 := Z^{(2)} \quad x_2 := Z^{(3)} \quad x_3 := Z^{(4)} \quad x_4 := Z^{(5)} \quad x_5 := Z^{(6)} \quad x_6 := Z^{(7)} \quad x_7 := Z^{(8)}$$

3. Графическое представление искомых параметров в зависимости от времени - t.

- угловые перемещения тел: **Ротор двигателя** (x_0) и **Ходовое колесо** (x_3):



- расчетные табличные значения угловой скорости вращения ходового колеса в зависимости от времени по результатам моделирования, рад/с

$$x_7^T = \begin{array}{c|cccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \hline 0 & 0 & 0.023 & 0.047 & 0.071 & 0.096 & 0.121 & 0.146 & 0.172 & \dots \end{array}$$

- ошибка моделирования угловой скорости вращения ходового колеса, %

$$(x_7)_N = 1.038 \quad \delta\omega_b := \frac{|\omega_b - (x_7)_N|}{\omega_b} \cdot 100 \quad \delta\omega_b = 9.763$$

5. Динамический момент и коэффициента динамичности в процессе пуска двигателя:

- момент инерции масс механизма передвижения крана, приведенный к валу двигателя

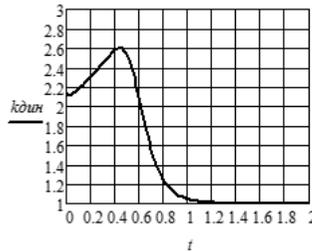
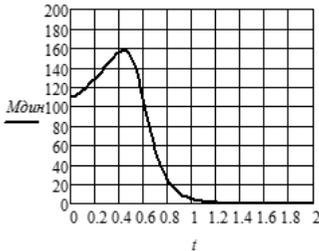
$$I_{np} := I_{\delta\delta} + I1_{np} + I2_{np} + I3_{np} \quad I_{np} = 0.297$$

- угловое ускорение: **Ротора двигателя** во время разгона двигателя

$$a_{\delta\delta} := \frac{1}{I_{np}} \left[\frac{2 \cdot M_{\kappa}}{1 - \frac{x_4}{\omega\theta} + \frac{S\kappa}{1 - \frac{x_4}{\omega\theta}}} - \mu I(x_4 - x_3) - cI \cdot (x_0 - x_1) \right]$$

- динамический момент и коэффициент динамичности на валу двигателя, под действием которого происходит разгон механизма передвижения крана

$$M_{дин} := a_{\delta\delta} \cdot I_{np} \quad k_{дин} := \frac{M_{дин} + M_{сnp}}{M_{сnp}} \quad \frac{M_{дин}}{M_{сnp}} = M_{дин} \cdot g$$



- максимальный динамический момент, Нм и коэффициент динамичности на валу двигателя

$$M_{динmax} := \max(M_{дин}) \quad k_{динmax} := \max(k_{дин})$$

$$M_{динmax} = 157.695 \quad k_{динmax} = 2.6$$

Список литературы

1. Кудрявцев Е. М. Строительные машины и оборудование (с примерами расчетов, включая и на компьютере): Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2012. 328 с.
2. Кудрявцев Е. М., Степанов В.В. Выполнение выпускной квалификационной работы на компьютере: Учебное пособие для вузов. - М.: Издательский Дом “БАСТЕТ”, 2013. 240 с.
3. Кудрявцев Е. М. Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования. Учеб. для вузов. М.: Изд-во АСВ, 2013. 382 с.
4. Кудрявцев Е. М. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр “Академия”, 2011. 304 с.

5. Кудрявцев Е.М. КОМПАС-3D V10. Максимально полное руководство. В 2-х томах. М.: ДМК Пресс. 2008. 1184 с.
6. Кудрявцев Е.М. Моделирование, проектирование и расчет механических систем. М.: ДМК Пресс. 2008. 400 с.
7. Кудрявцев Е.М. Практикум по КОМПАС-3D V8: Машиностроительные библиотеки. М.: ДМК Пресс, 2007. 440 с.
8. Кудрявцев Е.М. Машиностроительное проектирование Mechanical Desktop. М.: ДМК Пресс, 2006. - 432 с.

Наумов А.И., Манжула К.П.

Численное исследование устойчивости криволинейных пластин в составе конструкции

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.
Санкт-Петербург, Россия*

На данный момент самым частым решением для ездовых балок большинства мостовых конструкций, кранов пролетного типа являются коробчатые балки с прямолинейными стенками. Добавление радиуса кривизны стенкам балок не является распространённым инженерным решением, но имеет место быть. Существует ряд патентов таких странах, как США, Германия, Китай и Россия [1], в которых описываются способы реализации данной конструкции. Преимуществом коробчатых балок с криволинейными стенками является более высокая характеристика местной устойчивости [2].

Инженерные методики расчета на местную устойчивость ориентированы на вычисление критических напряжений для рассматриваемого элемента тонкостенной конструкции, которым является пластина, причем в существующих методиках описывается процесс расчета только прямолинейных пластин [3]. Критическим напряжением для пластины является максимальное номинальное сжимающее напряжение в пластине от продольной нагрузки, при котором происходит потеря устойчивости и переход из одного устойчивого состояния в другое. Для определения критических напряжений в качестве расчетных схем рассматриваются различным образом закрепленные идеально плоские, тонкие пластины.

Условие устойчивости пластины при напряжении у верхнего пояса имеет вид

$$\sigma_p \leq \sigma_c / n = [\sigma_p],$$

где: σ_p - максимальное сжимающее напряжение в пластине;

σ_c - критическое напряжение устойчивости,

n – коэффициент запаса устойчивости.

Критическое напряжение находится по формуле

$$\sigma_c = k_s K_{so} (t_w / d)^2,$$

где: k_s - коэффициент устойчивости, отражающий влияние условий закрепления и распределения напряжений по ширине пластины;

k_{SQ} - коэффициент, имеющий размерность МПа;

t_w – толщина пластины;

d – высота пластины.

Длина пластины учитывается при определении k_s [4].

Представленные выше зависимости не применимы для балок с криволинейными стенками, так как в них не учитывается кривизна стенок. Оценка местной устойчивости стенок балок производилась в среде ANSYS Workbench [5].

В данной работе рассмотрена устойчивость стенки балки при продольном сжатии с изгибом. Первому случаю соответствует линейное распределение нормальных напряжений по ширине пластины (рис.1).

$$\sigma(y) = \sigma_{\max} (1 - \gamma \cdot y / d),$$

где: σ_{\max} - наибольшее сжимающее напряжение на кромке $y=0$ (сжимающие напряжения считаются положительными);

$$\gamma = 1 - \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$$

где: γ - параметр нагружения;

σ_{\min} - напряжение на кромке $y = d$.

Например, случай $\gamma = 0$ соответствует равномерному сжатию, а $\gamma = 2$ - чистому изгибу.

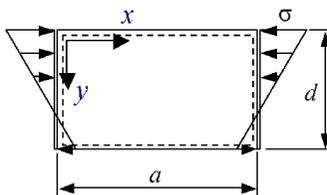


Рис. 1. Расчетная схема пластины

Исследуемым объектом задачи по обеспечению устойчивости балки с криволинейными стенками является участок балки между двумя диафрагмами (рис.2). Основными геометрическими параметрами являются: a – длина участка балки, b – ширина пояса, d – высота стенки, R – радиус стенок, t_b – толщина пояса, t_w – толщина стенки.

В серии численных экспериментов на модели участка балки с криволинейными стенками основными параметрами являются геометрические характеристики, а так же их отношения. Их значения сведены в табл. 1. Используемая модель позволяет так же учесть в расчетах балку с прямолинейными стенками. Так как при $R \rightarrow \infty$ стенки балки будут стремиться к прямолинейной форме.

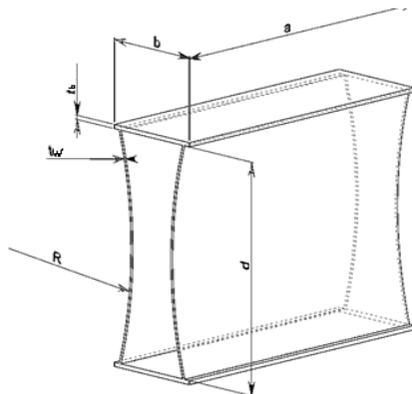


Рис. 2. Участок балки с криволинейными стенками

Соотношения толщин стенки пояса, представленное в табл. 1, обеспечивает шарнирное опирание стенки по периметру.

Таблица 1 Параметры исследуемой модели

Параметр	Значение параметра, мм
a	2000, 2500, 3000
b	300, 400, 500
t_b	6, 8, 10
t_w	3, 4, 5
R	1500, 2000, 3000, ∞
d	1000
γ	2, 1, 0

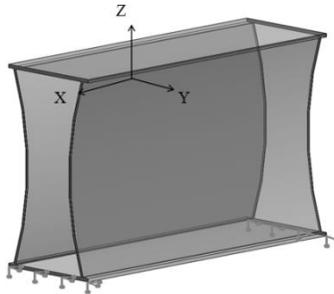


Рис. 3. Схема закрепления исследуемой модели

Исходя из заданных геометрических параметров и их значений, было рассчитано порядка 700 моделей участков балок [6]. Анализ полученного массива критического напряжения проводился в координатах t_w/d , a/d и d/R . Данные параметры зависят от радиуса кривизны, поэтому для них построены поверхности $\sigma_c = f(t/d, a/d)$ при различных значениях отношения d/R , с помощью программы MathCAD [7].

Характер зависимости критического напряжения от основных геометрических параметров пластины при $\gamma=2$ представлен на рис.4.

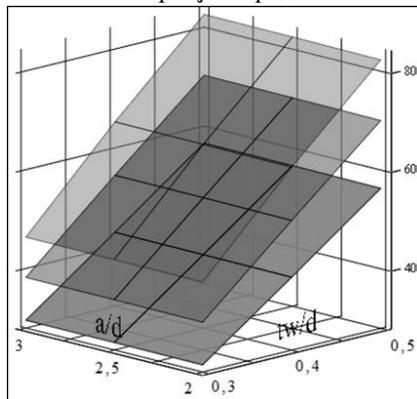


Рис. 4. Графики зависимости критического напряжения (МПа) от a/d и t_w/d при чистом изгибе

На данном графике представлены три поверхности при $R = 1500, 2000$ и 3000 мм (сверху вниз). При увеличении длины расчетного участка балки критическое напряжение почти не изменяется, а при увеличении толщины пластины несущая способность по условию местной устойчивости растет. Видно, что чем меньше радиус кривизны стенки – тем больше критическое напряжение.

Характер влияние радиуса кривизны на критическое напряжение при сжатии $\gamma = 0$ в сравнении с предыдущей расчетной схемой имеет схожий характер (рис.5). Поверхности также соответствуют $R = 1500, 2000$ и 3000 мм. Однако критические напряжения ниже и кривизна стенки влияет в меньшей степени. Также с увеличением длины участка балки было замечено уменьшение местной устойчивости.

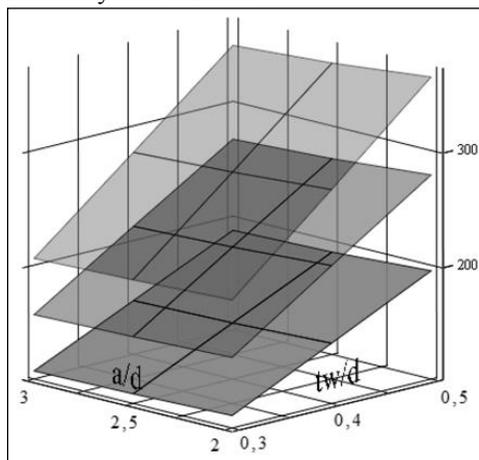


Рис. 5. Графики зависимости критического напряжения (МПа) от a/d и t_w/d при сжатии

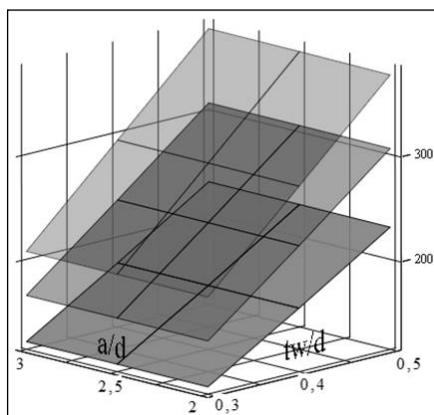


Рис. 6. Графики зависимости критического напряжения (МПа) от a/d и t_w/d при $\gamma = 1$

Анализируя полученные графики можно сделать выводы:
 - изменение критического напряжения для балок с криволинейными стенками при изменении геометрических параметров пластины имеет схожий характер при различных видах нагружения;

- при одинаковых геометрических параметрах наименее опасным видом нагружения является изгиб;
- нагружение сжатием и сжатием с изгибом имеют примерно одинаковые значения критического напряжения, хотя при сжатии они минимальны.

Список литературы

1. Наумов А.В. Ездовые балки с криволинейными стенками // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы Международной научно-технической конференции. Под общ. редакцией Ш. М. Мерданова – Тюмень: ТИУ – 2016. – С. 195 – 200
2. Манжула К.П. Влияние кривизны стенок коробчатых балок на местную устойчивость / Манжула К.П., Наумов // Современное машиностроение: Наука и образование. Изд. Политехн. уни-та. 2016 с. 824-830.
3. Тимошенко С.П., Устойчивость стержней, пластин и болочек, учеб. Пособие. / С.П. Тимошенко, - Москва: Изд-во Наука 1971. – 124 с.
4. Соколов С.А., Металлические конструкции подъемно-транспортных машин, учеб. пособие. / Соколов С.А., - СПб.: Изд-во Политехника, 2005. – 42 Зс.
5. Басов К.А., Справочник по ANSYS, учеб. пособие. / Басов К.А., - Москва.: Изд-во ДМК-ПРОСС, 2005.
6. Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, О.В. Грановский Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: учеб. Пособие. / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. –Москва.: Изд-во Наука, 1976.
7. Беляева Л.Р., Основы работы в Mathcad./ Беляева Л.Р. - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012.

Пенчук В.А., Голубов И.В.

Эффективность использования грейферов на крано-манипуляторных установках

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.
Г. Макеевка, ДНР*

Актуальность работы.

Разработка котлованов и траншей небольших размеров в стесненных условиях, разработка траншей вблизи зданий, выемок между опорами фундаментов, сваями и другие подобные технологические процессы неэффективны с применением одноковшовых экскаваторов оборудованных обратной лопатой с погрузкой в самосвал.

Более эффективное решение – это разработка специальной крано-манипуляторной установкой (КМУ) с грейферным рабочим органом [1]. Актуальным вопросом является обеспечение разработки прочного грунта грейферами.

Анализ публикаций.

Для обеспечения возможности разрабатывать прочные грунты грейферные экскаваторы снабжают различного рода интенсифицирующими устройствами (вибрационными, напорными и др. [2]). В конструктивные схемы ковшей вносят дополнительные элементы (шнековый бур, дополнительные челюсти, якорные устройства и пр. [2, 3]). В работе [4] теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность разработки грунта комбинированным воздействием на массив винтовым якорем и челюстями грейфера. При закрытии челюстей разрушение массива происходит путем создания в нем напряжения растяжения винтовым якорем, а затем напряжения среза грунта челюстями в сторону открывшихся поверхностей.

Основной материал.

Конструкция специального грейфера (рис. 1) и методика модернизации традиционных ковшей описана в работе [1]. Данная статья посвящена проведенным испытаниям экспериментального грейферного оборудования на краново-манипуляторной установке фирмы «НИАВ» (рис. 2).

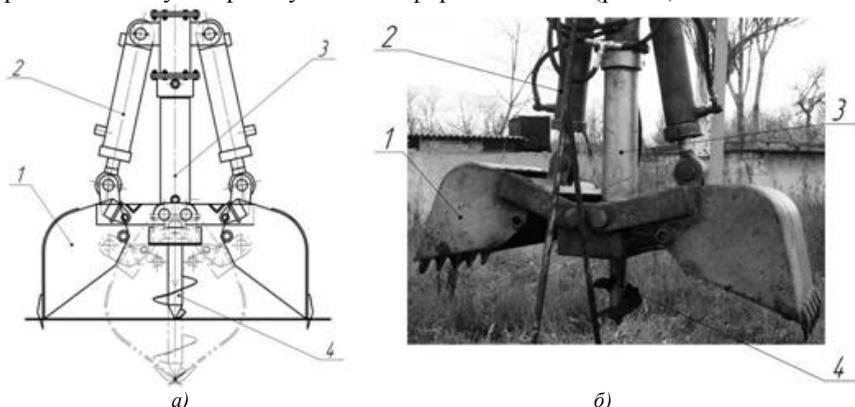


Рис. 1. Конструкция (а) и фотография (б) экспериментального грейферного ковша:
 1 – челюсть ковша; 2 – гидроцилиндры поворота челюстей;
 3 – привод винтового якоря; 4 – сменный винтовой наконечник.

Для проверки работоспособности традиционного грейфера и оценки его технических возможностей была разработана специальная методика.

Задачей экспериментального исследования было: сравнение технических возможностей КМУ оборудованной традиционным и специальным грейфером при разработке грунтов III-й и IV-й категории.



Рис. 2. Крано-манипуляторная установка с экспериментальным грейферным оборудованием: 1 – экспериментальный грейферный ковш; 2 – датчик давления ИПД-2; 3 – погрузчик с мерной бочкой; 4 – крано-манипуляторная установка НИАВ на шасси автомобиля КаМАЗ; 5 – модуль сбора данных МСД-200

Основные положения методики проведения экспериментальных исследований состояли в следующем:

- для проведения экспериментальных исследований были подготовлены две площадки с III-й и IV-й категориями прочности грунта (категория грунта проверялась плотномером ДорНИИ в день проведения опытов не менее чем в 5-ти точках площадки);

- на каждой площадке параллельно проводились испытания традиционного грейфера и модернизированного приводным винтовым якорем;

- на основании предварительных исследований в качестве базового якоря принята одновитковая винтовая лопасть диаметром $D_{\text{л}}=0,2$ м и шагом $a_{\text{л}}=0,1$ м;

- при проведении экспериментов фиксировались следующие параметры: время завинчивания якоря, время закрытия челюстей;

- при испытаниях традиционного и предлагаемого грейферов выгрузка производилась в кузов автомобиля, на котором установлена КМУ;

- масса (вес) разрабатываемого грунта (рис. 3, а) определялась взвешиванием на весах РП-500Ш13 (предел взвешивания – 500кг; погрешность $\pm 0,5$ кг);

- объем захваченного грунта (рис.3, б) устанавливался помещением его в мерную емкость.

Для проведения работ более важной характеристикой, чем объем грунта в ковше, является производительность, которая прямо пропорциональна объему захваченного грунта и обратно пропорциональна времени цикла.

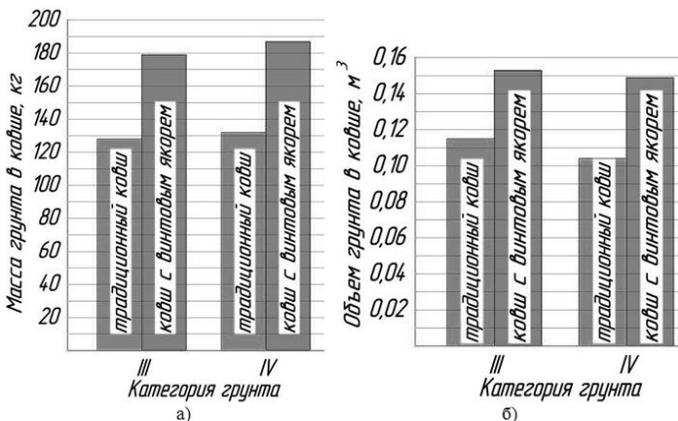


Рис. 3. - Результаты измерения: а) - массы разработанного грунта; б) - объема захваченного грунта.

Время рабочего цикла разработки грунта модернизированным грейферным рабочим органом можно представить как

$$t_{\text{ц}}^M = t_{\text{ц}}^{Tp} + t_{\text{зав}},$$

где: $t_{\text{ц}}^{Tp}$ - время разработки грунта традиционным грейфером;

$t_{\text{зав}}$ - время завинчивания в грунт винтового якоря.

$$t_{\text{ц}}^{Tp} = t_{\text{он}} + t_{\text{к}} + t_{\text{под}} + t_{\text{нов}} + t_{\text{выг}},$$

где: $t_{\text{он}}, t_{\text{к}}, t_{\text{под}}, t_{\text{нов}}, t_{\text{выг}}$ - соответственно время опускания ковша на грунт, копания грунта, подъема ковша, поворота к месту выгрузки, выгрузка ковша

Экспериментально установлены следующие значения для составляющих времени цикла: $t_{\text{зав}} = 8-10$ секунд; $t_{\text{он}} = 11-13$ сек., $t_{\text{к}} = 12-17$ сек., $t_{\text{под}} = 7-10$ сек., $t_{\text{нов}} = 13-15$ сек., $t_{\text{выг}} = 6-8$ сек.

При работе традиционным грейферным рабочим оборудованием операция завинчивания отсутствует. Применение винтового якоря увеличивает время цикла на 13 – 22%. Однако, коэффициент наполнения при этом тоже увеличивается на 25% – 30% (рис. 4, а).

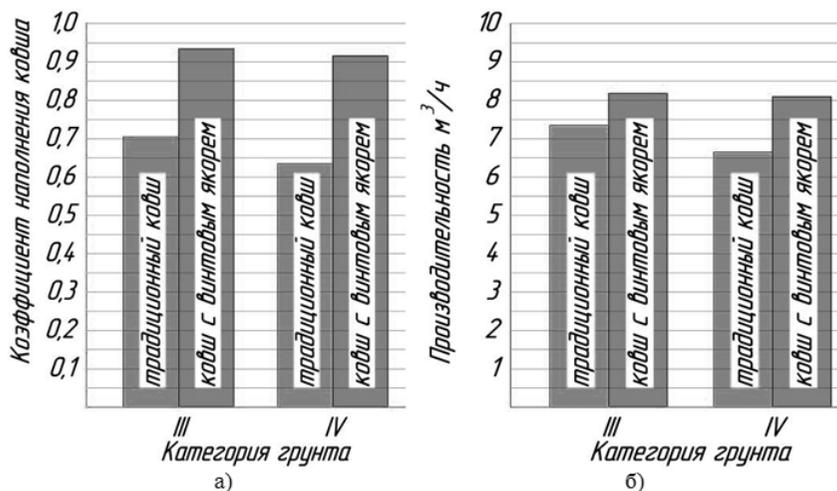


Рис. 4. Сравнительный анализ технологических параметров разработки грунта КМУ с традиционным и модернизированным грейфером: а) - коэффициент наполнения ковшей; б) - производительность крано-манипуляторной установки с грейферными ковшами.

Выводы

1. Грейферный ковш с приводным винтовым якорем работоспособен, имеет лучшие технологические показатели по сравнению с традиционным (коэффициент наполнения ковша и производительность увеличивается на 10...27%) и может быть рекомендован широкому применению.

2. Наиболее эффективно применение грейферов с приводным винтовым якорем на прочных грунтах. При разработке прочных грунтов нагрузка на металлоконструкции подвески грейфера не увеличивается.

Список литературы

1. Пенчук В.А. Белицкий Д.Г., Голубов И.В. Расширение потребительских свойств кранов-манипуляторов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы Международной научно-технической конференции. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. - С. 247-251.

2. Пенчук В.А., Белицкий Д.Г. История и перспективы развития грейферных рабочих органов.: Вестник ХНАДУ / Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2007. – Вып. 38. – С. 36-38.

3. Таубер Б.А. Грейферные механизмы. – 3-е изд., переработ. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 268 с.

4. Белицкий Д.Г. Повышение эффективности разработки грунта грейферным рабочим органом: дис. кандидата техн. наук: 05.05.04/ Белицкий Дмитрий Григорьевич. – Макеевка., 2011. – 162 с.

Особенности процессов погружения винтовых свай в поверхностные слои грунта

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.
Г. Макеевка, ДНР.*

Актуальность работы.

Винтовые сваи и якоря начали применяться в единственных экспериментальных образцах более 150 лет назад. Только в XXI веке началось массовое применение винтовых свай с диаметром лопасти 0,5 и 0,8 м в энергетическом строительстве, а микросваи с диаметром лопасти 0,3..0,4 м в жилищном и парниковом строительстве. В России, Китае, Японии и других странах созданы и успешно работают заводы винтовых свай [1;2;3]. При серийном производстве винтовых свай весьма актуальными являются вопросы упрощения их конструкции и технологии изготовления.

Анализ публикаций.

Для обеспечения возможности погружать винтовые сваи и якоря в массив грунта, необходимо погружение наконечника сваи в поверхностный слой грунта для создания винтовой пары «лопасть сваи – массив грунта». В работах [1;2;3] изложены подробные данные по конструкциям наконечников винтовых свай, а в работах [4;5;6;7] анализ математических зависимостей и закономерностей процессов погружения винтовых свай и якорей.

Целью работы является анализ закономерностей процессов погружения наконечников винтовых свай и якорей в поверхностные слои грунта и определение наиболее простой и выгодной конструкции винтовой сваи.

Основной материал.

Системным анализом многочисленных исследований в области винтовых свай, якорей и анкеров, которые изложены в работах [4;5;6;7], установлено, что находят применение три типа винтовых свай (Рисунок 1):

- одновитковые широколопастные винтовые сваи с конусным наконечником;
- двухвитковые широколопастные винтовые сваи, у которых уменьшающийся в диаметре виток лопасти продляется на конусном наконечнике;
- широколопастная одновитковая винтовая свая без конусного наконечника и со скошенным под углом нижним концом ствола.

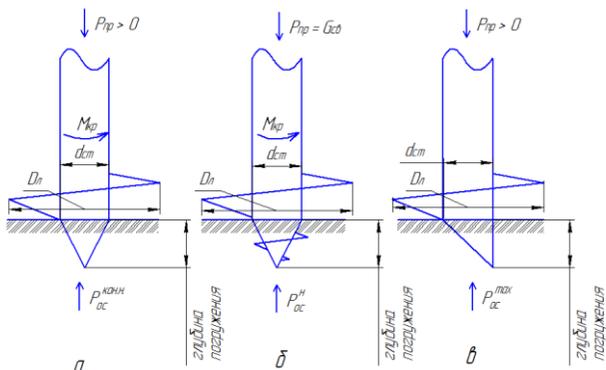


Рис. 1. Основные конструкции винтовых свай:

а – с коническим наконечником; б – с коническим наконечником и винтовой навивкой; в – со скошенным наконечником; d_{cm} – диаметр ствола сваи; D_n – диаметр лопасти сваи; $M_{кр}$ – крутящий момент от механизма погружения; $P_{ос}^{конн}$ – усилие осевого сопротивления на коническом наконечнике; $P_{ос}^{max}$ – максимальное осевое усилие сопротивления на скошенном наконечнике; $P_{ос}^{от}$ – осевое усилие сопротивления на наконечнике с витком лопасти на конусе.

Указанные конструктивные решения оказывают влияние только лишь на процессы погружения в поверхностные слои грунта до появления тянущей силы в винтовой паре «лопасть-массив грунта». Чтобы при вращении сваи появилась указанная винтовая пара необходимо первоначально ее внедрить в массив грунта.

Для соприкосновения с грунтом винтовой лопасти сваи по схеме (Рисунок 1а) необходимо за счет внешней силы пригруза $P_{пр}$ обеспечить преодоление осевых сил сопротивления внедрению конуса в поверхностный слой грунта.

С учетом вращения сваи сопротивление внедрению конуса в массив грунта можно представить как [5]:

$$P_{ос}^{конн.} = \frac{2\pi k_p}{\sqrt{\sin \beta \sin \beta}} \left[\frac{\sin \beta d_{cm}^2}{10} \sqrt{\frac{d_{cm}}{2}} + 2f \sqrt{\frac{a_\phi}{2\pi}} \frac{1}{3} \left(\frac{\pi d_{cm}}{a_\phi} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{2} \left(\frac{a_\phi}{\pi d_{cm}} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (1)$$

где: K_p – сопротивление грунта одноосному сжатию;

2β – угол заострения конуса;

a_ϕ – фактический шаг погружения конуса.

На рис. 2 представлена зависимость осевой силы сопротивления на коническом наконечнике при его погружении в поверхностный слой грунта с вращением.

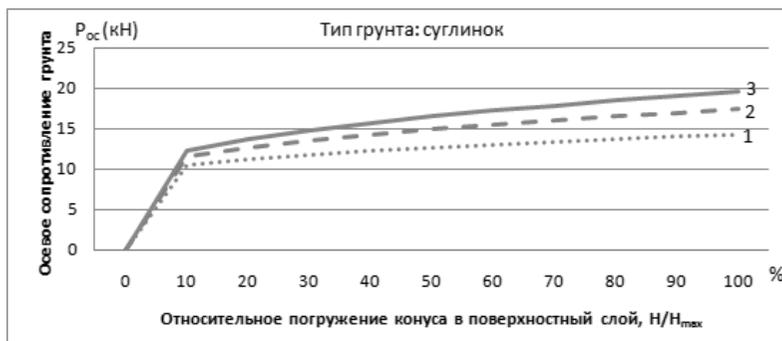


Рис. 2. График изменения осевого сопротивления конического наконечника в процессе погружения для трех винтовых свай различных диаметров: 1 – диаметр конуса 0,03 м; 2 – диаметр конуса 0,075 м; 3 – диаметр конуса 0,12 м

Можно утверждать, что для обеспечения процессов погружения винтовых свай в массив грунта, механизм погружения должен обеспечивать усилие пригрузки не меньше:

$$P_{кр} \geq P_{ос}^{кон.н} - G_{св}$$

где $G_{св}$ - вес сваи.

Погружение в массив грунта винтовых свай с конструкцией, показанной на схеме (рис. 1 б) требует меньшего усилия пригрузки, так как тянущая сила винтовой пары «винтовая лопасть-грунт» появляется сразу после частичного внедрения конуса в массив грунта. В такой конструкции достаточно собственного веса сваи $G_{св}$ для начала процесса завинчивания сваи.

Привлекает изготовителей винтовая свая своей простотой конструкции, показанная на рисунке 1в. Конструкция наконечника по схеме (рисунок 1в) может быть с закрытой полостью ствола и с открытой. В первом случае плоскость среза ствола закрывается пластиной, которая обваривается по контуру. В ствол сваи не попадают грунт и вода при ее погружении и нагружении.

Погружение сваи со скошенным наконечником целесообразно проводить без вращения. Максимальное осевое сопротивление наконечника с открытой полостью можно представить как

$$P_{ос}^{max} = \pi D \cdot \delta \cdot \sigma_{см}, \quad (2)$$

где: D – диаметр наконечника;

δ – угол резания;

$\sigma_{см}$ - напряжение смятия грунта.

На рис. 3 представлены зависимости осевого усилия сопротивления погружения в суглинок скошенного наконечника с диаметром ствола свай $d_{cm}=120$ мм. Представленные данные и их сопоставление со значениями на рисунке 2 позволяют отследить следующее: с увеличением угла заострения требуемые усилия пригруза возрастают; по сравнению с усилиями пригруза конусного наконечника они в два раза меньше.

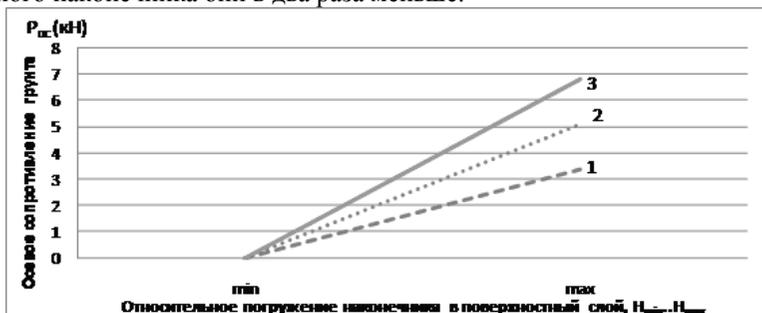


Рис. 3. График изменения осевого сопротивления на наконечнике в процессе его погружения для винтовой свай с диаметром ствола 120 мм: 1 – наконечник с углом скоса 30°; 2 – наконечник с углом скоса 45°; 3 – наконечник с углом скоса 60°;

Выводы

1. Закономерности процессов погружения винтовых свай в грунт зависят от конструкции их наконечника.
2. При разработке механизмов погружения винтовых свай необходимо кроме требуемого крутящего момента учитывать и величину требуемой осевой силы пригруза.

Список литературы

1. Винтовые сваи своими руками <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/vintovye-svai-svoimi-rukami>
2. Лопастные винтовые сваи – особенности, виды наконечников, трудности установки <http://semidelov.ru/mar/lopastnye-vintovye-svai-osobennosti-vidy-nakonechnikov-trudnosti>
3. Литые наконечники для винтовых свай. Портал о строительстве. <http://homebuild2.ru/fundament/nakonechniki-dlya-svaj.html>
4. Железков В.Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства. – СПб.: Прагма, 2004. 128 с.
5. Пенчук В.А. Винтовые сваи и анкеры для опор – Донецк: , 2010. - 180 с., рис. 79, табл. 34
6. Комиссарова О.Ю., Емельянов С.В. Основания на винтовых сваях // Достижения вузовской науки. 2014. №10. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovaniya-na-vintovyh-svayah> (дата обращения: 30.06.2016)

7. Лебедев, Сергей Владимирович. Обоснование оптимальных параметров винтовых анкерov и редуктора привода вращения: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04 / Лебедев Сергей Владимирович; [Место защиты: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т)].-Новочеркасск, 2012.- 206 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/3205.

Белоусов Л.И., Партнов С.Б.

Влияние дорожных материалов на динамические свойства подрессоренных машин

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев,
Республика Беларусь*

Важнейшим фактором влияния на уровень колебаний любой транспортной машины, является наличие в подвеске упругих и демпфирующих элементов. В то же время имеется целый ряд дорожных машин, сельскохозяйственной сферы и др., где применение упругой подвески невозможно по технологическим требованиям. Поэтому единственным упругим и демпфирующим элементом является пневматическая шина. Соответственно колебательный процесс машины зависит от параметров шин, а в случаях деформируемой поверхности и от процесса взаимодействия колеса с опорной поверхностью. В научной литературе имеется множество работ, посвященных взаимодействию пневматических шин с жесткой поверхностью. При этом авторы отмечают, что статическая и динамическая жесткость различны и динамическая превосходит статическую в 1,5-1,7 раза [1], а демпфирующие свойства (вязкое сопротивление) зависят от конструкции колеса и резинотехнических свойств резины. Однако в этих работах редко или совсем не учитывались динамические свойства грунта и других дорожных материалов. В тоже время известно, что процесс взаимодействия колеса с жестким основанием отличается от взаимодействия с деформируемыми материалами, в связи с изменением площади контакта, вступлением в работу различных слоев резины, наличия грунтозацепов и т.д.

Соответственно, при расчете неподрессоренных машин, движущихся по деформируемому материалу (или многослойному из различных материалов) следует определять параметры колебаний с учетом характерных, которые можно условно назвать системой колесо – дорожный материал.

С целью определения некоторых качественных динамических характеристик системы «колесо – дорожный материал» проведены опыты с пневматическим колесом в условиях его взаимодействия с грунтом и другими дорожными материалами. Нагрузка на колесо и давление воздуха в шине определяются предельными значениями по паспортным данным. Динамическая жесткость и коэффициент вязкого сопротивления определялись известными способами.

В результате опытов установлено, что отношения $C_{дин}$ и $C_{ст}$ находятся в пределах от 0,55 до 4,0 в зависимости от нагрузки на колесо и давление воздуха в шинах. На рис. 1 представлены зависимости отношения динамической жесткости системы $C_{дс}$ к динамической жесткости шины $C_{дк}$ от толщины слоя H . из графика видно, что отношение $C_{дс}/C_{дк}$ возрастает до $H = 0,1$ м, что объясняется увеличением площади контакта колеса с грунтом за счет заполнения рисунка протектора. Дальнейшее увеличение толщины слоя грунта приводит к снижению отношения $C_{дс}/C_{дк}$.

Достигнув толщины слоя $H = 0,2$ м, отношение $C_{дс}/C_{дк}$ стабилизируется и при дальнейшем увеличении толщины слоя остается практически постоянным. Это объясняется тем, что активная зона напряжения, развиваемая колесом, составляет примерно 2-3 b , где b – большая ось эллипса отпечатка шины. Толщина слоя свыше 0,2 м для исследуемого колеса соответствует грунтовому пространству.

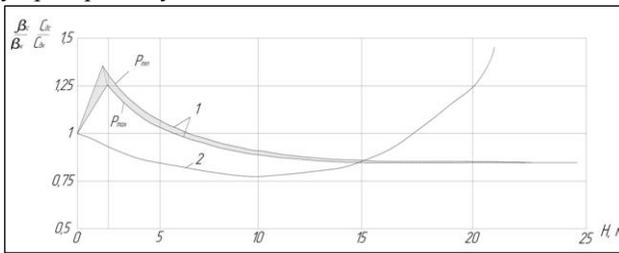


Рис. 1. Отношение динамической жесткости системы и динамической жесткости шины $C_{дс}/C_{дк}$ – кривая I и коэффициента вязкого сопротивления системы к коэффициенту вязкого сопротивления шины $\beta_{с}/\beta_{к}$ и зависимости от толщины слоя грунта H – кривая II.

Суммарную жесткость системы «колесо-грунт» при различных дорожных материалах можно определять по формуле, приведенной в работе [1]:

$$C_{дк} = \frac{C_{дк} \pi r_1 (r_1 + H \tan \rho) E_1}{C_{дк} H + \pi r_1 (r_1 + H \tan \rho) E_1}, \quad (1)$$

где: $C_{дк}$ – динамическая жесткость шины, кПа;
 r_1 – условный радиус круга, равновеликого площади контакта, см;
 $E_д$ – динамический модуль деформации грунта, Н/м²;
 H – толщина слоя грунта, см;
 ρ – угол внутреннего трения, град.

При уплотнении дорожных покрытий величину модуля деформации $E_д$ следует принимать исходя из типа материала (грунт, щебень, асфальтобетон и др.). В случае асфальтобетонных покрытий толщиной 6-8 см при уплотнении деформируется не только сам слой, но и дорожное основание.

Поэтому в расчетах следует принимать эквивалентный модуль деформации с учетом стадии уплотнения – для горячего асфальтобетона 20-25 МПа, в конце уплотнения 50-80 МПа [1].

При уплотнении связных грунтов динамический модуль деформации следует принимать 18-22 Мпа, для несвязанных 12-17 МПа [2].

$$\frac{H}{2r_1} C_{дс} = \frac{\pi C_{дк} r_1 \cdot r_1 (1 + \operatorname{atg} \rho) E_d}{a r_1 C_{дк} + \pi r_1 (1 + \operatorname{atg} \rho) E_d}, \quad (2)$$

где $a = H/r_1$.

Считая величину ρ для данной плотности грунта постоянной и обозначив $1 + \operatorname{atg} \rho = b$, получим окончательную формулу:

$$C_{дс} = \frac{F_0 C_{дк} b E_d}{a r_1 C_{дк} + F_0 C_{дк} b E_d}, \quad (3)$$

где $F_0 = \pi r_1^2$.

Опыты показывают, что формула дает достаточную сходимость при $\rho = 40^\circ \dots 45^\circ$. На рис.1 представлена кривая 2, характеризующая отношение коэффициента вязкого сопротивления системы β_c к коэффициенту вязкого сопротивления шины β_k . Как видно из рис.1, увеличение толщины слоя H приводит к снижению отношения β_c/β_k после достижения минимального значения при $H = 0,1$ м. Далее отношение возрастает и при $H=0,2$ м повышается до 1,5 раза. Поэтому можно сделать вывод, что демпфирующая способность системы «колесо-грунт» в значительной мере зависит от параметров грунта.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что динамические параметры системы «колесо-грунт» зависит как от самой шины, так и от параметров дорожных материалов. При расчете колебаний неподдресоренной машины необходимо учитывать это положение. Для определения динамической жесткости и случаев грунтового полупространства можно использовать формулу (2).

Список литературы

1. Белоусов Л.И., Капустин М.И., Хархута И.Я. Динамические параметры колебательной системы катков на пневматических шинах. Труды СОЮЗДОРНИИ вып.84. 1975.

2. Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ. Изд. 3-е, переработанное и доп. М.: Машиностроение, 1972. стр. 504. Авт. Алексева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А. и др.

Обоснование мультидисциплинарного подхода в теории обеспечения технической безопасности строительных и дорожных машин

*Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия*

Основными проблемами эффективного технического сопровождения дорожно-строительного комплекса является не только конструктивное совершенство строительных и дорожных машин (СДМ), но и повышение их безопасности для всех стадий жизненного цикла (ЖЦ).

В настоящее время имеется существенный задел научных исследований в сфере конструирования, производства и эксплуатации строительных и дорожных машин.

Анализ достижений науки и практики в сфере технического сопровождения дорожно-строительного комплекса базировался на 30-летнем периоде научных разработках специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, что позволило автору выделить мультипликативную значимость отдельных областей исследований и системность подходов к исследовательской деятельности в целом [1].

На рис. 1 представлен алгоритм классической формы проведения научно-исследовательской работы при оптимизации дорожных и строительных машин на различных стадиях их жизненного цикла.

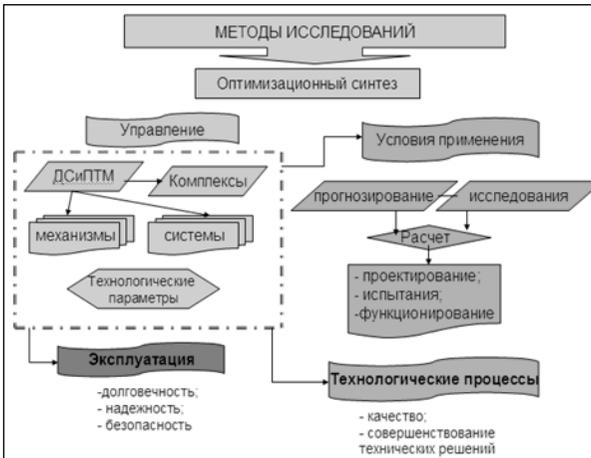


Рис. 1. Классическая форма проведения научно-исследовательской работы при оптимизации дорожных и строительных машин на различных стадиях их жизненного цикла

Обобщая полученный алгоритм можно сказать, что научная деятельность в области техники и технологий направлена на получение результатов, учитывающих условия, в которых применяются дорожные и строительные машины с целью их модернизации или разработки новых машин, позволяющих достичь требуемого в заданный временной период уровня качества технологического процесса, т.е. получения полезного для решающей человеком задачи результата. Установлено, что проводимые исследования хотя и носят системный характер, но в то же время являются узконаправленными, в свою очередь, существование социума и стремительное развитие технического прогресса требует включения в уже имеющиеся разработки инновационных достижений из смежных отраслей [1, 4, 5].

Предлагаемые учеными научные подходы, связанные с формированием стратегической конкурентоспособности предприятий сферы услуг, имеют множество различий, что в свою очередь указывает на необходимость разработки дополнительных, а в некоторых случаях и новых подходов к исследовательской деятельности, учитывающих современные тенденции инновационного развития техники и технологий, особенности их применения в хозяйственной деятельности человека.

Установлено, что решение любой поставленной проблемы нельзя ограничивать спецификой отрасли, современные научные теории, решаемые ими задачи, могут иметь дополнительное приложение в смежных областях, на основании данного заключения сделан вывод о применении мультидисциплинарного подхода при изучении стадий жизненного цикла строительных и дорожных машин.

Масштабность проблемы оптимизации эксплуатации СДМ требует разработки и внедрения комплекса работ и организационно-технических мероприятий с учетом всего многообразия факторов влияния физических процессов, вызывающих противоречия в системе “среда обитания – человек – техника”, которые в обобщенном виде для социума нормативно регламентированы в ФЗ “О техническом регулировании” [6].

С научной точки зрения предлагаемая концепция мультидисциплинарного подхода находит согласованность с разработанной д. т. н. Чулковым В. О. инфографической моделью системы “человек – техника – среда”, критерием которой принят показатель, учитывающий приспособительную оценку обеспеченности комплексной безопасности, базирующейся на следующих основных принципах [7]:

– *общечеловеческий*: безусловный приоритет защиты жизни и здоровья людей;

– *технический*: наличия надежных средств для управления в чрезвычайных ситуациях; наличие оптимального количества технических средств для защиты имущества;

– *технологический*: быстрое реагирование на угрозу возникновения чрезвычайной ситуации; мероприятия по обеспечению безопасности не должны мешать работе технике в нормальных условиях эксплуатации и человеку при осуществлении его деятельности;

– *экономический*: все мероприятия по обеспечению безопасности должны быть малозатратными.

При инфографическом моделировании, в качестве акцентируемой компоненты принято выделять системный элемент “человек”, что как показала действительность, вносит ограниченность в восприятие значимости компоненты, переводимой в разряд маргинальной “среда обитания”.

Предлагается расширить классическую модель и рассмотреть множественность связей, их вариативность через построение инфографической модели системы “среда обитания – человек – безопасность – техника” (СоЧБТ), где учтено взаимовлияние и значимость компонентов для системного жизнеобеспечения, т.е. каждый акцентируемый компонент носит характер маргинального для предыдущего [2, 7].

Исследуемой системе СоЧБТ, в жизненном периоде, свойственна переходная вариативность акцентируемых компонентов в маргинальность, что в свою очередь требует выполнения дополнительных научных проработок и внесения уточнений в уже имеющиеся теории [2].

Т.к. рассматриваемая система порождена и функционирует для социума в хозяйствующей структуре общества, то в категорию маргинальной компоненты следует ввести показатель, учитывающий хозяйствующие (организационно-управленческие) связи, т.е. выделить и дать характеристику экономической составляющей.

Классическое ведение исследовательской работы для дорожных и строительных машин хотя и предусматривает решение поставленных задач путем оптимизационного синтеза, но в явной форме не определяет взаимовлияния в системе СоЧБТ несмотря на инновационные развитие сферы техники и технологий, что в свою очередь подтверждает необходимость применения мультидисциплинарного подхода в исследовательской деятельности с выделением в системе элемента “безопасность” как ключевого, жизненно важного для человека и среды его обитания.

В сущности, вышеизложенные рассуждения приводят к выводу, что мультидисциплинарный подход при исследовании системы СоЧБТ согласуется *на законодательном уровне* с требованиями, изложенными в Федеральном законе (ФЗ) “О техническом регулировании”.

В этот закон определяются правовые основы регулирования отношений, возникающих при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований (на добровольной основе) к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации; выполнению работ или оказанию услуг; а также оценке соответствия. В качестве цели, в разделе “Сертификационные требования” ФЗ выделяют [6]:

– повышение уровня безопасности жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, экологической безопасности, безопасности жизни или здоровья животных и растений и содействия соблюдению требований технических регламентов;

- повышение уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- обеспечение научно-технического прогресса;
- повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг;
- рациональное использование ресурсов;
- техническую и информационную совместимости;
- сопоставимость результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;
- взаимозаменяемость продукции.

Следует отметить, что законодательно, при разработке специальных технических регламентов для установления требований безопасности на отдельные виды машин и оборудования и на отдельные стадии их жизненного цикла применять, за базовую, принята теория риска [1, 6].

Для хозяйствующих субъектов предусматривается использовать результаты анализа риска, в частности [1]:

- предприятиями изготовителями при обосновании технических решений по обеспечению безопасности выпускаемых машин и/или оборудования, страховании;
- предприятиями эксплуатантами при экономическом анализе безопасности по критериям “стоимость – безопасность – выгода”, оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности.

Установлено, что существование социума базируется на различных видах хозяйственной деятельности, которые в свою очередь требуют соответствующего технического и технологического сопровождения. Для сферы дорожного, промышленного и гражданского строительства техническое оснащение обеспечивается различными видами дорожных, строительных, подъемно-транспортных машин, а результат хозяйственной деятельности их функциональностью и технологической организованностью [1].

Разработан алгоритм (рис. 2) поиска эффективных научных достижений с учетом иерархической структуры хозяйственной деятельности человека на региональном уровне (в местах его поселений: мегаполисы, города регионального уровня, сельские поселения и пр.) [1-6].

Результаты дальнейших исследований представлены фрагментом модели идеализированной системы, в которой отсутствуют как внутренние, так и внешние противоречия, обеспечивая полное элементное взаимодействие. Задана равновесная система с инвариантным элементным взаимодействием и требуется дать оценку согласованности элементов системы, т.е. с целью установления границ равновесия, или факторов, вызывающих противоречия разработать метод выявления противоречий: функциональных (поверхностных); параметрических (углубленные); структурных (обостренные).



Рис. 2. Алгоритм взаимовлияния и структурной насыщенности системы СоЧБТ

В данной работе представлена модель выявления функциональных (поверхностных) противоречий.

Поверхностное противоречие для системы СоЧТ характеризуется через понятие “потребность – возможность”, в котором за акцентлируемую компоненту функции “потребность” выступает компонент системы – “человек”, переводя в маргинальные – компоненты “среда обитания”, “техника” функции “возможность”.

Следует уточнить, что для элемента системы “среда обитания” функция “возможность” переходит в разряд “жизнеспособности”, или точнее – “жизнестойкости”, в тоже время для элемента системы “техника” функция “возможность” характеризуется функциональным и технологическим совершенством машины.

Предложено качественную оценку безопасности выразить расчетным значением, через показатель поверхностных противоречий, который для идеализированно равновесной системы СоЧТ принимается нулевым $K_{СоЧТ}^u = 0$, при эталонных значениях показателей энергетической устойчивости системы равных единице, в частности:

$K_{Со}^u = 1$ – жизнеспособность среды обитания не нарушена;

$K_{ч}^u = 1$ – потребность человека удовлетворена полностью;

$K_{Т}^u = 1$ – техника функционально обеспечивает потребность человека, не нарушая жизнеспособность среды обитания.

В обобщенном виде математическая модель оценки величины возмущающих воздействий в системе СоЧТ примет следующий вид:

$$K_{СоЧТ} = \left(1 - \frac{K_{Со}^P}{K_{Со}^u} \cdot \frac{K_{ч}^P}{K_{ч}^u} \cdot \frac{K_{Т}^P}{K_{Т}^u} \right).$$

Вышеизложенное, позволило утверждать, что полученные значения возмущающих воздействий являются функцией обратной значению комплексной безопасности системы:

$$K_{\text{СоЧТБ}} = \frac{1}{K_{\text{СоЧТ}}}.$$

При помощи ситуационного моделирования определена величина возмущающего воздействия в системе СоЧТ с заданным базовым значением состоянием среды обитания и переменными значениями уровня технического совершенства техники и показателя комфортности человека.

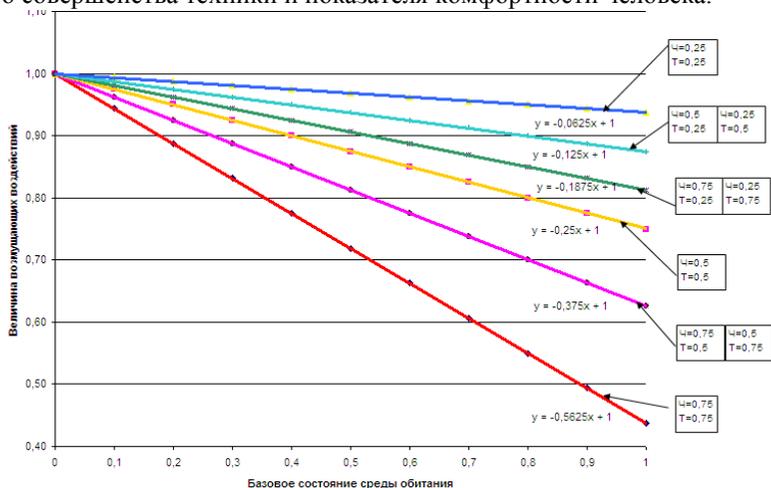


Рис. 3. Ситуационное моделирование оценки возмущающих воздействий в системе “среда обитания – человек – техника”

Выявлен интегрированный характер влияния в системе СоЧТ компоненты “техника”, формируемого человеком и установлено, что от его технического совершенства, зависит, какое влияние будет оказано на системные компоненты, что подтверждает представленный выше алгоритм деятельности ученых научной специальности 05.05.04, но в тоже время и обосновывает предложенный мультидисциплинарный подход.

За единичное значение $K^T_T - 1$ принимается идеально сконструированная модель машины, обеспечивающая оператору максимальный комфорт и простоту управления, с минимальными последствиями для окружающей среды после выполнения технологического процесса. Следовательно, для реальной машины значение показателя принимает диапазон $0 < K^P_T < 1$, где нулевое значение указывает на механическую систему, не отвечающую требованиям безопасности, экологичности, экономичности и функциональности и пр. факторы.

Из графика видно, что для имитационной модели системы с идеально сбалансированной средой обитания, т.е. при $K^{\Phi}_q = 0,75$ и $K^{\Phi}_T = 0,75$ величина возмущающих воздействий реализации функции “потребность” повлечет за собой существенные изменения и уменьшится до критически низкого значения. $K^{\Phi}_{CoЧТ} = 0,4$.

Разработанная гистограмма ситуационной модели оценки возмущающих воздействий в системе СоЧБТ позволяет не только установить возникающие элементные противоречия, но и разработать модель управления, обеспечивающую баланс элементов системы с высоким уровнем безопасности.

Выводы

1. Анализ достижений науки и практики в сфере эксплуатации дорожных и строительных машин выявил их мультипликативную значимость и системность подходов в исследовательской деятельности ведущих ученых.

2. Разработан алгоритм классической формы проведения научно-исследовательской работы при оптимизации СДМ на различных стадиях их жизненного цикла.

3. Обосновано применение мультидисциплинарного подхода при оценке вопросов обеспечения технической безопасности СДМ на всех стадиях их жизненного цикла.

4. Предложен алгоритм поиска эффективных научных достижений с учетом иерархической структуры хозяйственной деятельности человека на региональном уровне.

5. Представлена модель выявления поверхностных противоречий в идеализированной равновесной системе с инвариантным элементарным взаимодействием.

6. В обобщенном виде представлена математическая модель оценки величины возмущающих воздействий в системе СоЧТ, которая является функцией обратной значению комплексной безопасности системы.

7. Выполнено ситуационное моделирование оценки возмущающих воздействий в системе “среда обитания – человек – техника”, что позволяет не только установить возникающие элементные противоречия, но и разработать модель управления с обеспечением баланса элементов системы и высокого уровня безопасности.

Список литературы

1. Зорин В. А. Дорожные, строительные и коммунальные машины: требования безопасности: учебное пособие / В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2008 – 209 с.
2. Севрюгина Н. С. Вариационная трактовка жизненного цикла технических систем / А.А. Богомолов, Н.С. Севрюгина // Строительные и дорожные машины. 2010. № 10. С. 48-52.

3. Севрюгина Н. С. Методы оценки технической безопасности строительных, дорожных и других машин / Е.С. Венцель, Н.С. Севрюгина // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2013. № 63. С. 56–61.
4. Севрюгина Н. С. Применимость различных научных теорий в исследованиях надёжности дорожных машин // Строительные и дорожные машины. 2011. № 6. С. 48–51.
5. Севрюгина Н. С. Ресурсная модернизация самоходных машин / Н. С. Севрюгина, В.М. Бабин// Строительные и дорожные машины. 2007. № 9. С. 49–53.
6. Федерального Закона от 27.12.2002г. № 184-ФЗ “О техническом регулировании”, 19 с.
7. Чулков В. О. Безопасность жизнедеятельности. Организационно-антропотехническая надёжность функциональных систем мобильной среды строительного производства / В. О. Чулков, М. И. Гриф, Р. Р. Казарян, И. Я. Мастуров, П. Н. Смирнов. – М.: Изд-во АСВ. 2003. – 176 с.

Степанов М.А., Филатова Т.С.

Гравитационный смеситель принудительного действия

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

На сегодняшний день главным недостатком существующих смесителей является их низкая усреднительная способность как на макроуровне, так и на микроуровне. С целью равномерного распределения компонентов в общем объеме замеса отдельным частицам смеси необходимо сообщить такие траектории движения, которые обеспечивали бы наибольшую возможность их пересечения.

В этой статье рассматривается новая модель гравитационного смесителя принудительного действия (Рис. 1).



Рис. 1. Гравитационный смесителя принудительного действия

Она имеет три лопасти, установленные под углом в 30° - это оптимальный угол. При этом значении исключены возможные отклонения лопастей, что дает возможность получить стабильные условия для процесса перемешивания компонентов по всему объему смесителя, создав направление движения частиц смеси по лопаткам до момента их схода и исключив возможность появления условий нестабильного перемешивания компонентов.

Траектория движения смеси описывает траекторию восьмерки, тем самым позволяет бетонной смеси находиться в непрерывном режиме перемешивания, что позволяет улучшить качество перемешивания, т.е. добиться большей однородности смеси, чем в других смесителях.

Движение частиц в гравитационном смесителе принудительного действия турбулентное, а не ламинарное, т.к. качество перемешивания при турбулентном режиме выше, нежели чем при ламинарном.

Вывод о том, что движение частиц турбулентное было сделано по расчетам числа Рейнольдса.

Число Рейнольдса определяется по формуле

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta},$$

где: $v = n \cdot d / 2$ – характерная скорость, м/с;

n - частота вращения барабана гравитационного смесителя, об/с;

d - характерный геометрический размер тела, м;

ρ - плотность материала, кг/м³;

η - динамическая вязкость движущейся среды, Па·с.

В этом случае можно оценить зависимость изменения частоты вращения барабана от числа Рейнольдса, воспользовавшись следующим выражением:

$$n(Re) = \frac{2 \cdot \eta \cdot Re}{d^2 \cdot \rho}.$$

Выводы:

1. Когда смесь в смесителе принудительного действия движется по траектории восьмерки, достигается наилучшее качество перемешивания, за счет чего увеличивается однородность смеси, а следовательно ее качество.

При установке лопаток под оптимальным углом мы сможем добиться стабильных условий для процесса перемешивания компонентов по всему объему смесителя.

Чем выше частота вращения барабана, тем большее значение числа Рейнольдса, следовательно движение частиц турбулентное и качество перемешивания улучшается.

Список литературы

1. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Блажко В.В. Новый принцип создания бетоносмесителей принудительного действия. Статья. ХГТУСА

Исследование удара частицы о лопатку в инерционном концентраторе

*Московский государственный строительный университет, Москва,
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова. Белгород. Россия*

Стремительный рост промышленного производства в ряде стран, накопление огромного количества отходов, значительное потребление энергии в различных отраслях промышленности способствует загрязнению нашей планеты [1, 2, 3, 4, 5].

Катастрофический рост загрязнений воздуха обусловлен резким несоответствием между развитием промышленного производства и техникой очистки, в частности обеспыливания воздуха, которая была не в состоянии решить проблемы, поставленные перед промышленностью. В дальнейшем техника обеспыливания получила значительное развитие, и рост загрязнения воздуха в отдельных регионах был приостановлен.

При этом достигнутые успехи носят местный характер, а загрязнение атмосферы постоянно возрастает. Об этом косвенно говорят и сокращение продолжительности жизни в отдельных промышленных районах различных стран и глобальное повышение средней температуры нашей планеты [6, 7].

Целью данной статьи является предложение схемы инерционного концентратора пыли, а также рассмотрение поведения элементарной частицы при ударе ее о поворачиваемую лопатку.



Сопоставительный анализ, проведенный на основе современных источников, позволяет сделать вывод, что для эффективной пылеочистки необходима совершенствование существующих или разработка новых инерционных концентраторов пыли. Возникает необходимость дальнейшего развития данного научного направления и создания универсального оборудования, обладающего большей эффективностью, повышенной эксплуатационной надежностью и большими функциональными возможностями.

Для реализации выше сказанного нами предлагается использовать следующее техническое решение, отраженное в заявке на патент РФ на полезную модель (рис. 1).

Рис. 1. Инерционный концентратор пыли: 1 – корпус, 2 – патрубок подвода, 3 – патрубок вывода тонкого материала, 4 – патрубок вывода грубой фракции, 5 – жалюзийные элементы

Инерционный концентратор пыли состоит из корпуса 1. В верхней части корпуса расположены патрубок подвода 2 исходного материала и патрубок вывода 3 тонкого материала. С противоположной стороны корпуса в нижней его части расположен патрубок вывода 4 грубой фракции. В средней части корпуса относительно его вертикальной оси установлена система регулируемых жалюзийных элементов 5. Жалюзийные элементы закреплены, например, на осях или валах, которые установлены на боковых стенках корпуса. Элементы кинематически соединены между собой, например, тягой, для одновременного вращения вокруг своих осей и горизонтального перемещения. Для этого в корпусе выполнены проточки. Жалюзийные элементы могут поворачиваться относительно своих осей на угол α от 0° до 180° и перемещаться поперек корпуса от 0 до a мм.

Вращение обеспечивается тем, что на одной из осей, например, верхней, установлен привод, либо электромеханический, либо ручной, и оси между собой связаны кинематически с возможностью их одновременного вращения. Также предусмотрено одновременное перемещение жалюзийных элементов поперек корпуса от 0 до a мм. Варьируя величинами параметров α и a можно в широких пределах изменять дисперсность выходящего из концентратора пыли продукта. Для управления процессом разделения дисперсных частиц в потоке воздуха жалюзийные элементы вращаются вокруг своих осей от 0° до 180° .

Инерционный концентратор пыли работает под разрежением, создаваемым внешним вентилятором. Запыленный воздух поступает в корпус 1 инерционного концентратора пыли по патрубку подвода 2 и затем поступает в зону установки системы жалюзийных элементов 5.

За счет разрежения, создаваемого внешним вентилятором, воздушный поток с мелкими частицами пыли поворачивает на 180° , проходя через жалюзийные элементы, и выходит через патрубок вывода 3 из концентратора пыли. А крупные частицы, находящиеся в воздушном потоке, за счет сил инерции, пытаясь сохранить траекторию движения по прямой линии, выпадают в патрубок вывода 4 и выносятся из концентратора.

За счет того, что жалюзийные элементы способны вращаться вокруг своих осей и перемещаться по горизонтали, в нем создаются условия для управления процессом отделения из запыленного потока частиц необходимого размера. Также можно подобрать такие режимы его работы, при которых, в зависимости от объемов перекачиваемого запыленного воздуха и типа пыли, можно снизить гидравлическое сопротивление аппарата до минимума.

Данный концентратор пыли может быть применен в сложных аэродинамических системах обеспыливания технологических процессов или разделения тонкодисперсных порошков, позволяющий в целом повысить эффективность пылеочистки или эффективность разделения.

Удар частицы о лопатку

При ударе сферической частицы о лопатку должна измениться скорость центра масс частицы. Пусть частица массы m_1 , движущаяся с некоторой скоростью V , ударяется о неподвижную лопатку массы m_2 , расположенную под углом γ к оси χ . Поверхность тела и лопатки считаем абсолютно гладкими.

Проекции скорости центра тяжести падающего тела на оси \vec{n} и $\vec{\tau}$ (рис. 2) имеют вид:

$$V_n = V \cos \delta, \quad V_\tau = V \sin \delta, \quad (1)$$

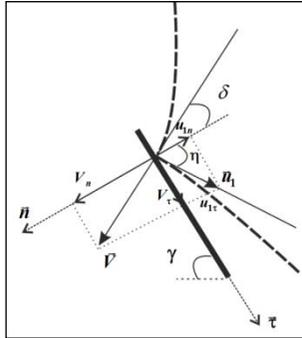


Рис. 2. Удар частицы о лопатку в концентраторе

Будем рассматривать косой частично упругий удар. Рассмотрение удара проводим в два этапа [8]. На первом этапе совершается деформация соударяющихся тел. В конце этого этапа скорость центра тяжести частицы имеет вид

$$u_n = \frac{m_1 V_n}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 / m_2}{m_1 / m_2 + 1} V_n. \quad (2)$$

Эта скорость – скорость неупругого удара.

В течение второго этапа происходит частичное восстановление недеформированного состояния. В момент начала второго этапа частица обладает такой же скоростью, как и в момент окончания первого. Проекции скорости центра тяжести частицы в конце второго этапа (в конце удара) равны.

$$u_{1\tau} = V_\tau = V \sin \delta, \quad (3)$$

$$u_{1n} = u_n + k(u_n - V_n) = \frac{m_1/m_2}{m_1/m_2 + 1} V \cos \delta + \kappa \left(\frac{m_1/m_2}{m_1/m_2 + 1} V \cos \delta - V \cos \delta \right), \quad (4)$$

где k - коэффициент восстановления ($0 < k < 1$). После приведения формулу (4) можно записать

$$u_{1n} = u_n + k(u_n - V_n) = \frac{m_1/m_2 - \kappa}{m_1/m_2 + 1} V \cos \delta, \quad (5)$$

Модуль скорости центра тяжести частицы в конце удара с учетом (3)-(5)

$$u_1 = \sqrt{u_{1\tau}^2 + u_{1n}^2} = \sqrt{(V \sin \delta)^2 + \left(\frac{m_1/m_2 - \kappa}{m_1/m_2 + 1} V \cos \delta \right)^2}. \quad (6)$$

Отражение частицы будет происходить под углом η , тангенс которого равен

$$tg\eta = \left| \frac{u_{1n}}{u_{1\tau}} \right| = \left| \frac{V \sin \delta}{\frac{m_1/m_2 - \kappa}{m_1/m_2 + 1} V \cos \delta} \right| = \left| \frac{tg\delta}{\frac{m_1/m_2 - \kappa}{m_1/m_2 + 1}} \right| = \left| tg\delta \cdot \frac{m_1/m_2 + 1}{m_1/m_2 - \kappa} \right|. \quad (7)$$

Поскольку рассматриваются частицы массой, не превышающей $1,3 \cdot 10^{-5}$ кг, то $m_2 \gg m_1$. Тогда можно считать $m_1/m_2 \approx 0$ и с учетом этого условия формулы (5), (6), (7) примут вид

$$u_{1n} = -\kappa V \cos \delta, \quad (8)$$

$$u_1 = \sqrt{V^2 \sin^2 \delta + \kappa^2 V^2 \cos^2 \delta}, \quad (9)$$

$$tg\eta = \left| \frac{tg\delta}{-\kappa} \right|. \quad (10)$$

В случае абсолютно упругого удара $k = 1$ и

$$u_{1n} = 2u_n - V_n = -V \cos \delta, \quad (11)$$

$$u_1 = V, \quad (12)$$

$$tg\eta = tg\delta. \quad (13)$$

Полученные формулы дают возможность учета изменения вектора скорости частицы при отражении от лопатки в случае упругого или частично упругого удара.

Проведённые аналитические исследования позволили определить условия, способствующие увеличению эффективности пылеулавливания, как за счёт изменения конструктивных параметров, так и за счет изменения технологических параметров, а также показали необходимость экспериментального уточнения фракционного состава выходного продукта.

Повышение эффективности пылеулавливания инерционного концентратора может быть достигнуто как за счет изменения угла наклона лопаток, так и за счет увеличения до определенного значения объема аспирируемого воздуха.

Список литературы

1. Sharapov R.R., Agarkov A.M. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1399–1403
2. Sharapov R.R., Shrubchenko I.V., Agarkov A.M. Determination of the optimal parameters of the equipment to obtain fine powders // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 12. С. 31341–31348
3. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // «Интерстроймех–2015» материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Казань, 2015. С. 7–11
4. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89
5. Вальдберг А.Ю. Теоретические основы охраны атмосферного воздуха от загрязнения промышленными аэрозолями / А.Ю. Вальдберг, Л.М. Исанов, Ю.И. Яламов. – С.-Пб.: МП «НИИОГАЗ-фильтр», 1993. – 235 с.
6. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - 210 с
7. Прокопенко В.С., Шарاپов Р.Р., Агарков А.М., Шарاپов Р.Р. Оптимизация работы оборудования для получения тонкодисперсных порошков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №1. С. 80–83.
8. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.II. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С., под общ.ред. Г.Ю. Джанелидзе и Д.Р.Меркина, М.: «Наука» Гл.ред. физ.-мат.лит, 1973. – 488с.

Шарапов Р.Р., Агаркоа А.М., Прокопенко В.С.

Исследование эффективности пылеулавливания в инерционном концентраторе с регулируемыми параметрами

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия. Белгородский
государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

Стремительный рост промышленного производства, накопление огромного количества отходов, значительное потребление энергии в различных отраслях промышленности способствует загрязнению нашей планеты [1-5]. По этой причине техника и технология обеспыливания загрязненных газов получила значительное развитие [6, 7].

Одной из важнейших задач по предотвращению последствий загрязнения воздушного бассейна является применение современного пылеочистного оборудования на всех переделах технологических процессов, связанных с пылевыделением. Это оборудование может не только применяться на последней стадии процесса пылеочистки, но и на начальных этапах, снижая нагрузку на финишную пылеочистку.

Целью данной работы является разработка инерционного концентратора пыли, обеспечивающего повышение эффективности очистки грубодисперсных запыленных технологических газов выше 90 % при снижении его гидравлического сопротивления.



Нами на уровне патента предложена конструкция инерционного концентратора пыли, отличающаяся тем, что в его конструкции предусмотрены 2 изменяемых параметра: положение лопаток, определяемое углом их наклона и расстоянием лопаток от оси выходного патрубка 3 до центра самой лопатки (рис. 1).

Рис. 1. Инерционный концентратор пыли: 1 – корпус, 2 – патрубок подвода, 3 – патрубок вывода тонкого материала, 4 – патрубок вывода грубой фракции, 5 – жалюзийные элементы

Данный концентратор пыли может быть применен в сложных аэродинамических системах обеспыливания технологических процессов или разделения тонкодисперсных порошков, позволяющий в целом повысить эффективность пылеочистки или эффективность разделения.

Эффективность осаждения частиц

Для определения эффективности осаждения порошка в предложенном выше концентраторе сделаем допущение: ускорение вертикального движения частиц в концентраторе определяется результирующим действием силы тяжести Архимеда и сопротивления среды [8-10]. В случае газов силой Архимеда можно пренебречь. Проводя элементарные преобразования [6], получим

$$C_X \text{Re}^2 = \rho \frac{(\rho_p - \rho)d^3}{3\mu\beta \frac{S_p}{V_p}} g \quad (1)$$

Откуда получим скорость витания частиц с учетом отражения частицы от лопатки

$$v_B = \frac{(\rho_p - \rho)d^2}{18\mu\beta \frac{S_p}{V_p} \cos(\pi - 2\gamma)} g \quad (2)$$

Затем рассчитаем параметры очистки x_1 и x_2 (параметры функции парциального распределения $\Phi(x)$) по формулам [6]:

$$x_1 = \frac{H + h - L \frac{v_B}{v}}{\sqrt{2D_t - \frac{l}{v}}}, \quad x_2 = \frac{H - h - L \frac{v_B}{v}}{\sqrt{2D_t - \frac{l}{v}}}, \quad (3)$$

где: h - расстояние от потолка камеры;

D_t - коэффициент турбулентной диффузии частиц.

Далее по значениям x_1 и x_2 найдем интегралы вероятностей $\Phi(x_1)$ и $\Phi(x_2)$ и подсчитаем отношение концентрации частиц данного размера в расчетной точке выходного сечения камеры к их концентрации во входном сечении N_i

$$N_i = \Phi(x_1) + \Phi(x_2) - 1, \quad (4)$$

Усредним значение N по сечению, вычисляя его как среднее арифметическое по высоте сечения:

$$N_{cp} = \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{k}. \quad (5)$$

Далее считаем средний парциальный коэффициент осаждения частиц рассматриваемого размера:

$$\varepsilon_{n,cp} = 100 - N_{cp}. \quad (6)$$

После этого найдем полный коэффициент очистки как сумму произведений долей частиц соответствующих фракций на их фракционные коэффициенты очистки

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_n \frac{N}{100} \Delta d. \quad (7)$$

Анализ выражения (3-7) показывает, что для предложенной конструкции концентратора для порошка с частицами крупнее 100 мкм эффективность осаждения может быть приближена к 100 %.

Экспериментальные исследования эффективности пылеулавливания в инерционном концентраторе с регулируемыми параметрами.

Для подтверждения полученных выше выражений нами создана экспериментальная концентратора пыли с регулируемыми параметрами, на которой проведен эксперимент по ЦКРП 2⁴. В качестве исходного материала был принят грубомолотый цементный клинкер фракции +100 мкм. В качестве варьируемых параметров были приняты: объем аспирируемого воздуха $V(X_1)$ инерционного концентратора пыли, ширина $a(X_2)$ камеры рабочей зоны, концентрация $\beta(X_3)$ запыленного воздуха и угол $\alpha(X_4)$ наклона лопаток инерционного концентратора пыли.

Уравнение регрессии, выражающее зависимость эффективности его работы от варьируемых параметров в кодированном виде имеет вид:

$$\varepsilon = 76,2 + 14,3 X_1 - 8,9 X_1^2 - 2,9 X_2 + 1,9 X_2^2 - 5,8 X_3 + 1,4 X_3^2 + 9,1 X_4 - 2,4 X_4^2 + 1,3 X_1 X_2 + 2,4 X_1 X_3 + 1,2 X_3 X_4. \quad (8)$$

Детальный анализ изменения эффективности пылеулавливания инерционного концентратора можно сделать при рассмотрении графиков зависимости [11, 12]:

$$\varepsilon = f(X_1, X_2, X_3, X_4). \quad (9)$$

В натуральном виде график зависимости выглядят так:

$$\varepsilon = f(V, a, \beta, \alpha). \quad (10)$$

На рис. 2 представлена зависимость влияния объема V аспирируемого воздуха на эффективность пылеулавливания ε при различных значениях концентрации β запыленного воздуха, постоянной ширине камеры рабочей зоны $a = 0,36$ м и угле наклона лопаток $\alpha = 40^\circ$.

Здесь видно, что все представленные зависимости носят экстремальный характер в исследованном диапазоне варьирования факторов.

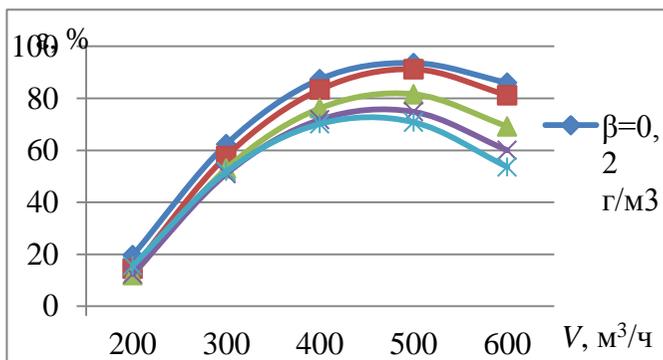


Рис. 2. Зависимость эффективности пылеулавливания ε от объема V аспирируемого воздуха при различных значениях концентрации β запыленного воздуха, постоянной ширине камеры рабочей зоны $a = 0,36$ м и угле наклона лопаток $\alpha = 40^\circ$

При анализе графиков, изображенных на рис. 2, можно сделать вывод, что максимальное значение эффективности пылеулавливания ε достигается при объеме аспирируемого воздуха $V = 500$ м³/ч, концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,2$ кг/м³ и составляет $\varepsilon = 93,6$ %.

На рис. 3 представлена зависимость влияния ширины камеры рабочей зоны a на эффективность пылеулавливания ε при различных значениях объема V аспирируемого воздуха, постоянной концентрации β запыленного воздуха, равной $0,3$ кг/м³ и угле наклона лопаток $\alpha = 40^\circ$.

Здесь видно, что все представленные зависимости имеют экстремальный характер в исследованном диапазоне варьирования факторов.

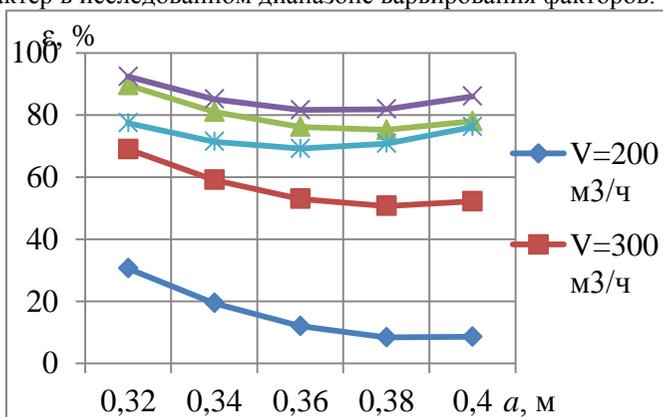


Рис. 4. Зависимость эффективности пылеулавливания ε от ширины a камеры рабочей зоны при различных значениях объема V аспирируемого воздуха, постоянной концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,3$ кг/м³ и угле наклона лопаток $\alpha = 40^\circ$

При анализе графиков, изображенных на рис. 3, можно сделать вывод, что максимальное значение эффективности пылеулавливания ε достигается при ширине a камеры рабочей зоны $a = 0,32$ м, объеме V аспирируемого воздуха $V = 500$ м³/ч и составляет $\varepsilon = 92,4$ %.

Здесь представлена зависимость влияния концентрации β запыленного воздуха на эффективность пылеулавливания ε при различных значениях угла α наклона лопаток, постоянном объеме V аспирируемого воздуха $V = 400$ м³/ч и ширине a камеры рабочей зоны $a = 0,36$ м.

На рис. 5 видно, что все представленные зависимости (кроме линии $\alpha = 30^\circ$) имеют убывающий характер, т.е. с увеличением концентрации запыленного воздуха, определяемой параметром β , уменьшается эффективность пылеулавливания ε . Остальная зависимость, линия $\alpha = 30^\circ$, носит экстремальный характер в исследованном диапазоне варьирования факторов.

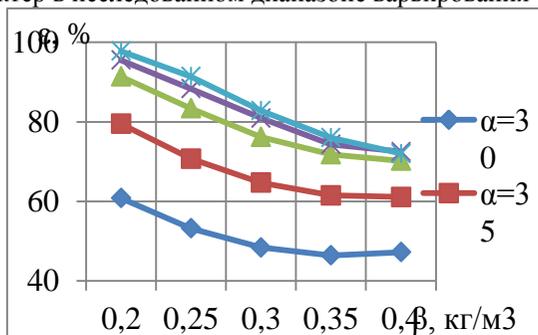


Рис. 4. Зависимость эффективности пылеулавливания ε от концентрации β запыленного воздуха при различных значениях угла α наклона лопаток, постоянном объеме V аспирируемого воздуха $V = 400$ м³/ч и ширине a камеры рабочей зоны $a = 0,36$ м

При анализе графиков, изображенных на рис. 4, можно сделать вывод, что максимальное значение эффективности пылеулавливания ε достигается при угле наклона лопаток $\alpha = 50^\circ$, концентрации запыленного воздуха $\beta = 0,2$ кг/м³ и составляет 97,8 %.

На рис. 5 представлена зависимость влияния угла α наклона лопаток на эффективность пылеулавливания ε при различных значениях ширины a камеры рабочей зоны, постоянной концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,3$ кг/м³ и объеме V аспирируемого воздуха $V = 400$ м³/ч.

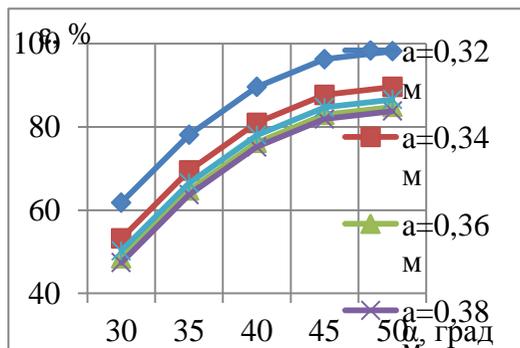


Рис. 5. Зависимость эффективности пылеулавливания ϵ от угла α наклона лопаток при различных значениях ширины a камеры рабочей зоны, постоянной концентрации β запыленного воздуха $\beta = 0,3 \text{ кг/м}^3$ и объеме V аспирируемого воздуха $V = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$

На рис. 5 видно, что все представленные зависимости имеют возрастающий характер, т.е. с увеличением угла наклона лопаток, определяемой параметром α , возрастает эффективность пылеулавливания ϵ .

При анализе графиков, изображенных на рис. 5, можно сделать вывод, что максимальное значение эффективности пылеулавливания ϵ достигается при угле наклона лопаток $\alpha = 50^\circ$, ширине камеры рабочей зоны $a = 0,32$ и составляет 98,2 %.

ВЫВОДЫ

Проведённые аналитические исследования позволили определить условия, способствующие увеличению эффективности пылеулавливания, как за счёт изменения конструктивных параметров, так и за счёт изменения технологических параметров, а также показали необходимость экспериментального уточнения фракционного состава выходного продукта.

Повышение эффективности пылеулавливания инерционного концентратора может быть достигнуто как за счёт изменения угла наклона лопаток, так и за счёт увеличения до определенного значения объема аспирируемого воздуха. Причем, увеличение объема аспирируемого воздуха сверх определенного влечет снижение эффективности пылеулавливания.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены уточненные зависимости для инерционного концентратора пыли, позволяющие произвести расчет аэродинамических параметров систем аспирации.

Список литературы

1. Sharapov R.R., Agarkov A.M. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1399–1403

2. Sharapov R.R., Shrubchenko I.V., Agarkov A.M. Determination of the optimal parameters of the equipment to obtain fine powders // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 12. С. 31341–31348

3. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // «Интерстроймех–2015» материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. г. Казань, 2015. С. 7–11

4. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89

5. Вальдберг А.Ю. Теоретические основы охраны атмосферного воздуха от загрязнения промышленными аэрозолями / А.Ю. Вальдберг, Л.М. Исанов, Ю.И. Яламов. – С.-Пб.: МП «НИИОГАЗ-фильтр», 1993. – 235 с.

6. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - 210 с

7. Прокопенко В.С., Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Шарапов Р.Р. Оптимизация работы оборудования для получения тонкодисперсных порошков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №1. С. 80–83.

8. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.II. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С., под общ.ред. Г.Ю. Джанелидзе и Д.Р.Меркина, М.: «Наука» Гл.ред. физ.-мат.лит, 1973. – 488с.

9. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Степанов М.А. Методика расчета аппарата для разделения железосодержащего минерального сырья // Механизация строительства. 2014. № 6 (840). С. 28-32

10. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Шаптала В.В. Моделирование процесса разделения в магнитно-аэродинамическом сепараторе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 91–95.

11. Шарапов Р.Р., Бойчук И.П., Агарков А.М., Прокопенко В.С. Уравнение движения взвешенной в потоке воздуха частицы в концентраторе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 175–178

12. Шарапов Р.Р., Прокопенко В.С., Агарков А.М. Моделирование процесса разделения тонкодисперсных материалов в динамических сепараторах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 84–89.

Влияние формы зубьев на выносную способность фрезерного ротора

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

Фрезерный роторный рабочий орган на траншейных экскаваторах применяется для сооружения узких траншей, отрывка которых предпочтительна при ведении земляных работ в мёрзлых и трудно разрабатываемых грунтах.

Фрезерный рабочий орган (Рис. 1) состоит из неподвижного 2, крепящегося к раме ротора 5, и кольцевого вращающегося диска 1, по периферии которого располагаются выносные площадки 10 с карманами 3 для установки зубьев 4. Ковши на таком роторе отсутствуют и извлечение, вынос разрушенного грунта из траншеи осуществляется вращающейся кольцевой полостью (полость диска 1), отделённой от неподвижного диска 2 ребордой 12. Рама ротора крепится к раме подъема-опускания 6 фрезерного роторного рабочего органа и соединяет его с опорой 7 на базовом тягаче. Кольцевой диск вращает приводная шестерня 8, находящаяся в зацеплении с кремальерной рейкой 9. Для зачистки осыпавшегося в траншею грунта установлен подборщик 11 (зачистной башмак).

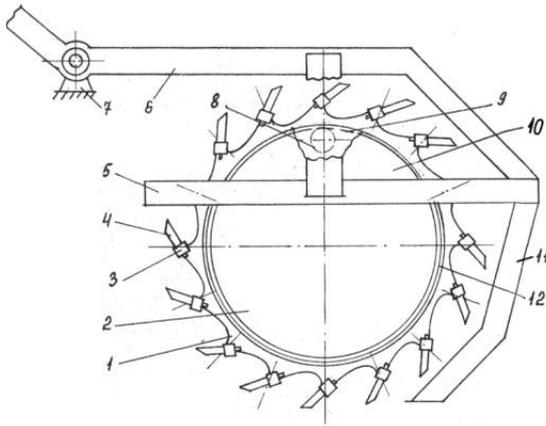


Рис. 1. Роторно-фрезерный рабочий орган

Среди конструктивных параметров фрезерного ротора, влияющих на выносную способность, имеются такие, изменение которых с целью повышения выносной способности невозможно или нерационально. К таковым относятся, например, трапецевидная, сужающаяся к режущей части, форма зуба, форма и размеры карманов для закрепления зуба к периферийной части диска ротора.

Однако есть элементы конструкции ротора, изменение которых влияет в сторону увеличения на его выносную способность. Например, форма и площадь передней грани зубьев.

Проведённые ранее натурные испытания траншейных экскаваторов с фрезерным ротором показали, что максимально достигаемая выносная способность и, следовательно, производительность, при разработке грунтов зависит от площади лобовой поверхности копающих элементов (зубьев) рабочего органа или, точнее, от проекции этой площади на соответствующую радиальную плоскость ротора.

Величина проекции лобовой поверхности элементов, воздействующих на грунт, включает в себя следующие параметры:

- проекцию передней поверхности зуба;
- проекцию передней поверхности дугообразного выступа диска ротора, на вершине которого крепится площадка;
- проекцию площадки, на которой установлен карман, удерживающий зуб.

Второй из трёх перечисленных параметров напрямую связан с углом резания зуба. Угол установки площадки предопределяет величину угла резания зуба и способствует заполнению грунтом пространства между площадками и цилиндрической поверхностью ротора, тем самым увеличивая его выносную способность. Изменение двух других параметров, - проекции передней поверхности зуба и проекции площадки, - так же влияет на повышение выносной способности ротора.

Теоретическая производительность фрезерного ротора траншейного экскаватора определяется произведением объёма кольцевой полости q (м^3) вращающегося диска на частоту n (1/мин) его вращения

$$P = 60 \cdot q \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При работе ротора не весь объём кольцевой полости заполняется грунтом и основная его часть выносится за счёт:

- объёмных призм грунта q_n , располагающихся на лобовой поверхности центральных и боковых зубьев;
- объёмных призм, примыкающих к боковым зубьям q_b , и располагающихся по сторонам траншеи сразу же по выходу из неё бокового зуба;
- объёмных призм q_n , ограниченных площадками и соответствующей цилиндрической частью реборды, имеющих при угле естественного откоса грунта (град.) соответствующую расчётную площадь поперечного сечения.

Заполняемость кольцевого объёма вращающейся полости диска определяется объёмом грунта q_2 , выносимым из траншеи, и может быть выражена как часть расчётного значения объёма кольцевой полости q , через коэффициент выносной способности K_v фрезерного ротора, величиной.

$$q_2 = K_v \cdot q, \text{ м}^3.$$

Значение коэффициента выносной способности зависит от суммарного объёма призм. В свою очередь каждый из объёмов этих призм зависит от линейных размеров транспортирующих элементов. Так, например, объём q_d зависит от площади лобовой поверхности зуба и поэтому эта площадь у серийных зубьев имеет форму равнобокой трапеции, большим основанием примыкающей к ножке зуба. Общий объём грунта боковых призм q_b к тому же, зависит и от количества боковых зубьев, установленных на роторе.

Энергетические затраты при отделении стружки зубьями фрезерного ротора оптимальны в случае их расстановки по методу “крупного скола”. Но из двух схем расстановки зубьев по этому методу предпочтительной, с позиции выноса грунта из траншеи, является та, при которой на роторе располагается большее количество боковых зубьев ибо, именно они выносят больше боковых призм. При этом, объём грунта, выносимый самими зубьями q_d одинаков для обеих схем. На величину этого объёма влияет площадь лобовых поверхностей самих зубьев.

Для экспериментальной проверки влияния площади лобовой поверхности зуба на выносную способность ротора были изготовлены и опробованы три комплекта разных типов экспериментальных зубьев (Рис.2): по варианту *A* – зубья ЭТР-134 (площадь грани лобовой поверхности 115 см^2); по варианту *B* – зубья ТМК (площадь грани лобовой поверхности 145 см^2) и по варианту *B* – модернизированные зубья ЭТР-134 (площадь грани лобовой поверхности 76 см^2). Для разработки мерзлых грунтов использовались зубья, армированные твердосплавной пластиной.

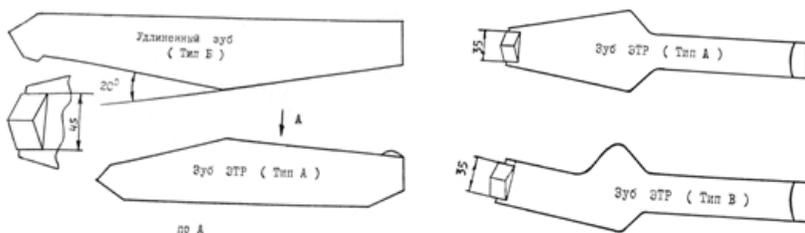


Рис.2. Экспериментальный комплект зубьев

Среднее соотношение площадей лобовых поверхностей передних граней типов зубьев – *B:A:B* соотносится как 1,3:1:0,5. При испытаниях была экспериментально установлена зависимость коэффициента выносной способности K_v от площади F_d лобовой поверхности зуба. Эта зависимость практически линейна и имеет вид безразмерной величины.

$$K_v = 0,006 \cdot F_d$$

Наибольшее количество грунта извлекается ротором при установке зубьев типа *Б* с увеличенной площадью лобовой поверхности. Серийные зубья (тип *А*) обеспечивают 50 % заполнения кольцевой полости вращающегося диска ротора, что соответствует численному значению коэффициента выносной способности $K_v = 0,5$.

Конкретное значение величины коэффициента K_v составляет 0,46 - для зубьев типа «*А*»; 0,74 - для зубьев типа «*Б*»; и 0,25 - для зубьев типа «*В*».

Такая выносная способность обеспечила достижение максимальной производительности на мерзлых грунтах (число ударов на поверхности $C=130$) в рыхлом теле 122,9 м³/ч.- для зубьев типа «*Б*»; 77,2 м³/ч.- для зубьев типа «*А*»; и 41,3 м³/ч.- для зубьев типа «*В*». Подобная производительность фрезерного ротора обеспечила максимально возможную линейную производительность при глубине копания 1,15-1,3 м. соответственно 315; 198; 106 п.м./ч. для зубьев типа *Б*, *А*, *В*.

Количество извлекаемого из траншеи грунта можно повысить так же за счёт увеличения объёма призмы q_n , ограниченной выносными площадками 10 и ребордой 12 (см. рис.1). Достигается это путём увеличения угла их наклона с 90 до 125 градусов. При этом вынос грунта теоретически возрастёт вследствие участия в этом процессе наклонных площадок и, как результат, - бокового смещения грунта и выталкивания его на берму. Такая модернизация повышает объём выносимого из траншеи грунта не менее чем на 5,5 % и тем самым увеличивает коэффициент выносной способности фрезерного ротора при извлечении разработанного зубьями грунта из траншеи.

Раздел II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Асанов А.А., Абдыкадыров Т., Чалыбеков Д.Ч.
Новые технические решения конструкций установок
для переработки угля в продукцию повышенного качества**

*Кыргызский государственный университет строительства,
транспорта и архитектуры, г. Бишкек, Кыргызстан*

Во многих странах, богатых угольными запасами, структурная перестройка топливного баланса с целью уменьшения зависимости от нефти и газа, возродила интерес угольной тематике. Это связано с тем, что по мере развития стройиндустрии, промышленности и металлургии непрерывно возрастает дефицит в энергии, технологическом топливе, углеродистых восстановителях и других продуктах получаемых из угля. При этом быстрое удовлетворение рыночного спроса практически не возможно из-за отсутствия готовых к немедленному внедрению новых технологических процессов и соответствующего оборудования.

Обширный ассортимент способов комплексной переработки угля в большинстве случаев только начинает выходить на уровень первых опытно-промышленных установок. Практика их освоения показала, что до перехода к широкому коммерческому использованию требуются значительные инвестиции, исследовательские работы, время для адаптации к местным условиям и требованиям производства [1].

На текущий момент нами выполнен комплекс исследований и опытно-конструкторских работ, по результатам которых разработана концепция энерготехнологической переработки угля. Исследования на начальном этапе были связаны с изучением качественных характеристик местных углей, техническим и химическим их анализом, изучением проб угля на пригодность получения из них полезных продуктов топливного и иного назначения. Результатом выполненных работ явилось запуск технологической линии по выпуску крупноформатных угольных брикетов для бытовых нужд, мощностью 50 т/смену. Основным требованием при освоении брикетной технологии для утилизации угольной мелочи, был принцип длительного сгорания при удовлетворительной теплотворности самого брикета. В результате проведенных исследований было решено формировать крупноформатные брикеты на основе бентонитовых глин.

На рис. 1 *а* приведен общий вид формуемых брикетов на данной технологической линии. Топливный брикет представляет собой цилиндр с диаметром 215 мм и высотой 142мм, на нем выполнены аксиальные отверстия, количество отверстий. Диаметр отверстий от 5-15 мм. при допустимой погрешности +5%. Для использования настоящего угольного брикета в виде бытового топлива разработана новая система отопления жилого помещения, представляющие собой специальные печи под эти брикеты (рис. 1 *б*). В отличие от обычных систем отопления, где огонь идет снизу вверх, в этих печах процесс горения осуществляется как снизу вверх, так и сверху вниз, такой процесс способствует длительности горения брикетов. Максимальное сгорание угарных и горючих газов способствует минимальному загрязнению дымохода.

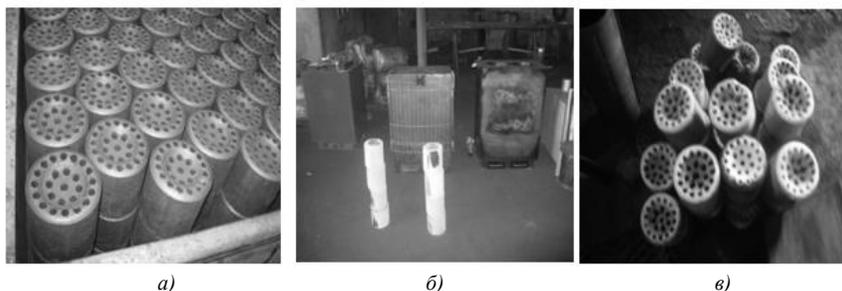


Рис. 1. Внешний вид угольных брикетов (*а*), специальные секционные печи (*б*) для топки брикетов и продукт горения (*в*)

Удобная эксплуатация печи, длительное время горения брикета позволяет заменять их только 2 раза в сутки, при этом процесс горения не прерывается. Отопление жилых помещений таким способом уменьшает опасность отравиться угарным газом, а также упраздняет необходимость очистки золы из печи, так как брикет после сжигания не крошится и не превращается в золу. При добавлении, в качестве связующего – глины, топливный брикет после сжигания сохраняет первоначальную форму из-за спекания золы с глиной (рис. 1 *в*).

Технологическая схема изготовления крупноформатных угольных брикетов состоит из следующих основных этапов: приемки угольной мелочи, подготовки шихты, согласно рекомендуемому рецепту, формования топливных брикетов, упаковки и отправки ее к потребителю или на склад готовой продукции. Центральной машиной в технологической цепочке является прессовое оборудование, в качестве которого использован штемпельный пресс. Планировочная схема завода по выпуску угольных брикетов и общий вид расстановки прессов приведена на рис. 2.

Дальнейшие исследования показали, что в металлургии и стройиндустрии более востребованы высококалорийные коксовые продукты из угля [2].

Кроме того, смесевое технологическое топливо для ряда металлургических процессов предъявляют дополнительные требования: крупность размера кусков кокса должна иметь фракцию «орех» и выше, и обладать более высокой прочностью. Для удовлетворения этих требований мелкозернистый кокс, получаемый путем переработки угля, также подлежит брикетированию.

Следующий этап был связан с разработкой технологического процесса, позволяющего одновременно производить среднетемпературный кокс, бездымный экологически чистый угольный брикет и вырабатывать тепловую энергию. В этом процессе отсутствуют золошлаковые отходы и сточные воды. Выбросы при сжигании газа из угля в десятки раз чище, чем выбросы традиционных процессов сжигания угля. Все технологические операции реализуются в рамках единой комбинированной установки.

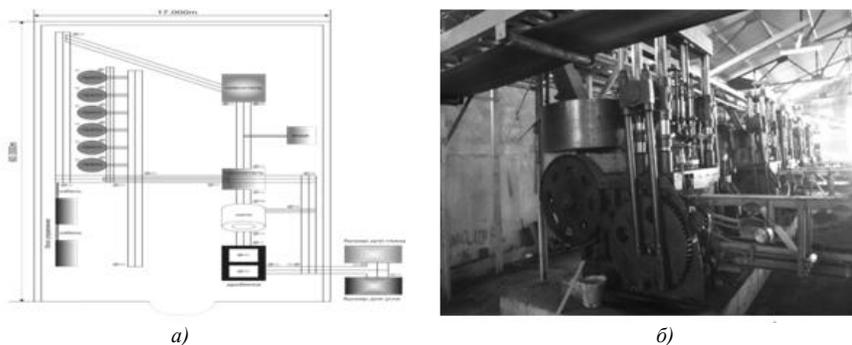


Рис. 2. Планировочная схема завода по выпуску угольных брикетов (а) и общий вид прессов (б)

Разработанный технологический процесс основан на использовании техники кипящего слоя, широко применяемой с 20-х годов прошлого века в стройиндустрии, в коммунальной теплоэнергетике и металлургии[2]. Применение этого принципа имеет место как в сравнительно простых процессах перемешивания, гранулирования и сушки, так и для проведения сложных гетерогенных каталитических реакций при сжигании и переработке угля. Для выработки собственных подходов к решению проблемы изучен положительный опыт стран, занимающихся такими угольными технологиями, установлены их положительные стороны и недостатки, осуществлен выбор наиболее перспективной технологии.

Процесс полукоксования бурых углей является наиболее адаптивным в ряду технологий глубокой переработки углей. У него технически выгодный температурный интервал, он экономически менее затратен (по сравнению с высокотемпературным коксованием), более привлекателен с точки зрения получения широкого спектра химических продуктов с высокой добавленной стоимостью. В предложенной технологии из горючей массы угля производятся два компонента: горючий газ, который сжигается для производства тепловой энергии, и высокоактивный коксовый остаток - полукокк, который является ценным сырьем широкого спектра использования [1].

Полукокк может быть использован в качестве сорбента, облагороженного твердого топлива для энергетического, коммунально-бытового и технологического использования. Попутно получают газ, используемый для выработки тепла и электроэнергии. Из полукокса и связующего получают термобрикеты, использование которых для промышленных и коммунально-бытовых нужд, позволяют существенно улучшить их технико-экономические и экологические показатели.

Область применения полукокса, благодаря его пористости, реакционной способности и других свойств в последние годы расширилось, он применяется в качестве углеродного восстановителя в производстве технического кремния, ферросплавов и цветных металлов. Сорбирующее и фильтрующее свойства полукокса позволяют использовать его для очистки сточных вод промпредприятий, предприятий легкой и пищевой промышленности. На рынке металлургического сырья такой продукт востребован и получает широкое применение.

Для получения коксового продукта в качестве прототипа был выбран вариант низкотемпературного кипящего слоя в модернизированном типовом котле, разработанной фирмой «Сибтермо» (Россия) [2]. В этой работе топка с движущей колосниковой решеткой заменена реактором с кипящим слоем угля с секционированным подводом воздуха. Новыми устройствами, ранее отсутствовавшими в типовом котельном агрегате, являются устройства вторичного дутья для дожигания газообразных продуктов и пылевого уноса и охладитель кокса. Из кипящего слоя выходит конвективный газовый поток с температурой около 750-800 °С, содержащий в себе горючие газовые компоненты, а также мелкодисперсный пылеугольный унос. После дожигания в зоне вторичного дутья температура газового потока резко возрастает до 900 -1000 °С. Указанные факторы существенно повышают теплонапряженность, что позволяет увеличить эффективность работы котельного агрегата за счет размещения дополнительных поверхностей в топочном объеме. Однако в новом исполнении почти в два раза возрастает расход угля, что является существенным недостатком выбранного прототипа. Это обусловило постановки дальнейших исследований для разработки новой технологии и оборудования с использованием техники кипящего слоя.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований были выполнены опытно-конструкторские разработки по реализации усовершенствованной технологии кипящего слоя и комбинированной установки для переработки угля (новизна способа и установки защищены патентами КР № 1430, 1614).

При разработке конструкции комбинированной установки для переработки угля (рис.3) были приняты следующие решения:

- сечение рабочих камер пиролизера – круглое во избежание образования застойных зон и достижения лучшего псевдооживления;

- боковые стенки установки выполнены с теплоизоляционной рубашкой для предохранения от потери тепла в окружающую среду.

- газораспределительные решетки кипящего слоя выполнены в виде полок, что увеличивает длину кипящего слоя и позволяет отдельно подводит под них воздушное дутье;

- подача угля и вывод продуктов пиролиза при паровоздушном дутье осуществляются через специальные погрузочно-разгрузочные шнековые устройства.



Рис. 3. Общий вид мини - углеперерабатывающего комплекса

Блочное изготовление основных элементов установки позволяет легко и быстро производить монтаж и демонтаж установки в условиях эксплуатации, контролировать их состояние осуществлять замену узлов в случае выхода из строя. Подача фракционированного угля предусмотрена сверху через шнековое устройство, что позволило отказаться от отдельного силового блока для подачи топлива в кипящий слой и его перемещение по газораспределительной решетке и упростить конструкцию.

Кроме того шнек предохраняет от прорыва части дымовых газов через слой топлива при загрузке. За счет упрощения конструкции и интенсификации процессов достигнуто двойное повышение производительности установки по сравнению с аппаратами слоевого типа.

Таким образом, все приведенные выше технологии и оборудования являются сравнительно новыми разработками, прошедшие стадию опытно-промышленной апробации. Установки и сами процессы отличаются высокой удельной производительностью и рекомендуются для производства полукокса – перспективного для металлургии и стройиндустрии, а также сырья для очистки сточных вод предприятий различного назначения.

Список литературы

1. Жумалиев К.М., Алымкулов С.М., Асанов А.А., Сарымсаков Ш.С. Исследование и разработка технологии производства угольных брикетов для промышленных и коммунально-бытовых нужд. – Бишкек: «Maks print», 2012. – 313 с.

2. Исламов Р.С. Энерготехнологическая переработка угля. Красноярск: Поликор, 2010. – 224 с.

Богданов В.С., Фадин Ю.М.

Конструкции среднеходных барабанно-валковых мельниц

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Белгород, Россия

Во всем мире наибольшее распространение получили барабанные шаровые мельницы, недостатки и преимущество которых известны [1, с. 680]. Совершенствование барабанных шаровых мельниц идет по нескольким направлениям [2, с. 2351; 3, с. 2327]. Одним из основных недостатков барабанных шаровых мельниц является большой удельный расход электроэнергии. В последнее время находит развитие и совершенствование, среднеходные барабанно-валковые мельницы, которые устраняют основной недостаток барабанных шаровых мельниц, снижают удельный расход электроэнергии при помоле различных материалов [4, с. 84; 5, с. 53].

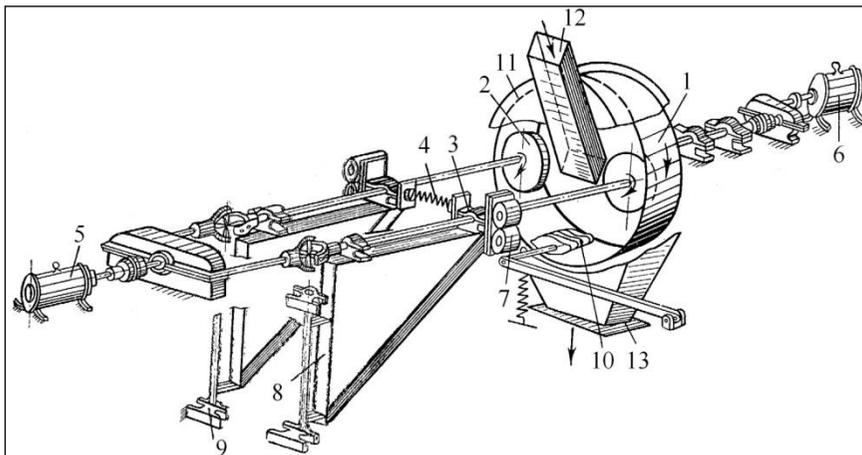


Рис. 1. Конструкция валковой мельницы:

- 1 – помольный барабан, 2 – валки, 3 – подшипники, 4 – пружинный блок,
 5 – привод вращения валков, 6 – привод вращения барабана, 7 – вибраторы,
 8 – поворотные рамы, 9 – подшипники, 10 – выгружающее устройство,
 11 – кожух, 12 – загрузочный патрубок, 13 – выгрузочный патрубок

Конструкция валковой мельницы, описанная ниже [6, с. 3] схематично изображена на рис. 1.

Рассмотрим наиболее характерные конструкции барабанно-валковых мельниц. Валковая мельница состоит из следующих элементов: помольного барабана 1, валков 2, установленных внутри барабана, подшипников 3 вращения валков, пружинного блока 4, привода 5 вращения валков, привода 6 вращения барабана, вибраторов 7 направленного действия, сообщающих валкам колебания с частотой, несинхронной их вращению, поворотных рам 8, подшипников 9 качательного движения рам, выгружающего устройства 10, кожуха 11 с загрузочным 12 и выгрузочным 13 патрубками.

Авторы данной конструкции машин утверждают, что под каждым валком происходит размол материала, подготовленного по фракционному составу: под ближайший попадает более крупный материал, под следующий — более мелкий, прошедший предварительный размол под предыдущим. Поэтапное прохождение материала под валками усиливает эффективность разрушающего действия вибрации.

Недостатком этой мельницы является сложность конструкции, соответственно низкая надежность и сложность настройки.

Еще одна конструкция валковой мельницы [7, с. 4; 8, с. 88], приведена на рис. 2, общий вид и вид сбоку.

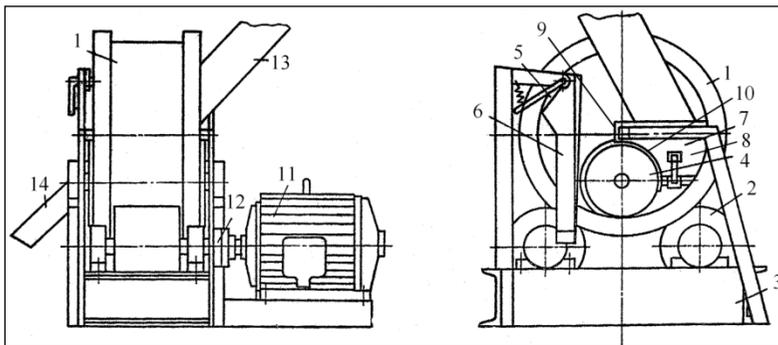


Рис. 2. Конструкция валковой мельницы:

- 1 – полый цилиндр, 2 – ролик, 3 – рама, 4 – рабочий валок, 5 – чистик,
 6 – разгрузочное устройство, 7 – загрузочное устройство, 8 – боковины,
 9 – стенка, 10 – кожух, 11 – электродвигатель, 12 – муфта, 13 – лоток,
 14 – выгрузной рукав

Представленная измельчающая машина состоит из вращающегося полого цилиндра 1, установленного на роликах 2, смонтированных на раме 3. Внутри цилиндра установлены рабочий валок 4 с ребордами, чистик 5 с разгрузочным устройством 6 и загрузочное устройство 7, состоящее из двух неподвижных боковин 8, закрытых специальной стенкой 9 спереди и с нижней части кожухом 10.

В нижней части загрузочного устройства 7 на осях закреплены регулируемые направляющие. Рамки поводков направляющих соединяются с хомутами. Боковины 8 загрузочного устройства 7 фиксируются с помощью трех стяжек. Цилиндр 1 приводится во вращение от электродвигателя 11 через муфту 12 и ведущий опорный ролик 2, а рабочий валок 4 – от цилиндра 1.

Машина работает следующим образом: при достижении рабочего числа оборотов мельницы в загрузочное устройство 7 по лотку 13 подается материал. Материал равномерно распределяется вдоль рабочего зазора по секциям. Захваченный цилиндром и рабочим валком материал сжимается и измельчается. Измельченный материал поднимается до чистика 5, счищается с внутренней поверхности цилиндра и выгружается через выгрузной рукав 14.

Авторы данной конструкции машин утверждают, что использование предлагаемого изобретения позволяет обеспечить снижение энергоемкости и повышение производительности.

К недостаткам данной конструкции можно отнести то, что материал за время нахождения в мельнице проходит один цикл измельчения.

Еще одна конструкция валковой мельницы, приведена на рис. 3, показан общий вид машины схема машины и разрез [9, с. 5].

Представленная мельница состоит из кольца 1 с внутренней конической поверхностью, установленного на роликовых опорах 2 и эксцентрично расположенного валка 3, загрузочного 4 и разгрузочного 5 узлов. Загрузочный узел 4 снабжен желобом 6 с выпускной щелью 7, увеличивающейся в направлении раскрытия конуса валка. В желобе 6 размещается устройство для перемещения исходных материалов вдоль его оси (например, шнек 8 с приводом 9). Привод валка 3 осуществляется от мотора 10 через редуктор 11. Привод кольца 1 производится от валка 1 с помощью зубчатой передачи с внутренним зацеплением, при этом шестерня 12 соединена с валком 3, а зубчатый венец 13 нарезан на внутренней поверхности кольца 1.

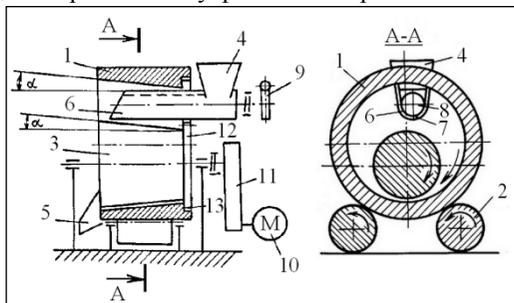


Рис. 3. Конструкция измельчителя: 1 – кольцо; 2 – роликовая опора; 3 – валок; 4 – загрузочный узел; 5 – разгрузочный узел; 6 – желоб; 7 – выпускная щель; 8 – шнек; 9 – привод; 10 – мотор; 11 – редуктор

Мельница работает следующим образом: материал подается в бункер 4 загрузочного узла далее попадает в желоб 6, продвигаясь по которому проваливаются через выпускную щель 7 на коническую поверхность вращающегося валка 3, сбрасываются в полость между наружной поверхностью валка 3 и внутренней поверхностью кольца 1, где под воздействием сил трения они втягиваются в уменьшающееся по высоте пространство, дробятся и выходят из зоны сжатия. Продолжая движение вместе со стенкой кольца 1, измельченные материалы совершая зигзагообразное движение выдаются на разгрузочный узел 5.

К недостаткам данной конструкции мельницы можно отнести наличие осевой нагрузки на подшипниковые узлы валка и роликовой опоры, нагрузка имеет пульсирующий характер, это приведет к дороговизне и сложности конструкции подшипниковых узлов.

Цементное отделение фирмы Fives FCB во Франции разработало собственную конструкцию установки для помола. При проектировании основной задачей стало снижение энергопотребления. Проектирование и строительство установки началось в 1990 году. Результаты эксплуатации подтвердили экономию энергии, она составила около 40% по сравнению с шаровой мельницей [10, с. 1]. Помольная установка не требует впрыска воды и принудительной вентиляции, решена проблема быстрого износа и значительно повышена эксплуатационная гибкость.

На 2014 год в мире установлено 58 мельниц Honomill с суммарной наработкой более 1 700 000 часов. По данным фирмы, производительность Honomill различных типоразмеров составляет от 25 до 420 т/ч. Помольные комплексы на основе мельницы Honomill на практике доказали свои преимущества и продемонстрировали снижение энергопотребления от 35 до 70 % по сравнению с шаровой мельницей и от 15 до 25 % по сравнению с вертикальной мельницей той же производительности. Эти мельницы можно применять для помола цемента, сырьевой смеси, шлака [11].

На рис. 4 приведена конструкция горизонтальной валковой мельницы (ГВМ). На рисунке 5 приведена схема работы горизонтальной валковой мельницы. Мельница работает по принципу измельчения путем сжатия слоя материала, между валом 2 и цилиндрическим корпусом 1. Там образуется критическая зона, где развивается давление, превосходящее предел прочности материала. Это давление создается при помощи боковых рычагов и гидроцилиндров 10. Вал установлен на шарнирах 6 для самовыравнивания на слое материала. Барабан поддерживается гидродинамическими подшипниками скольжения 7 и приводится в движение венцовым приводом 11, связанным с шестеренчатым редуктором.

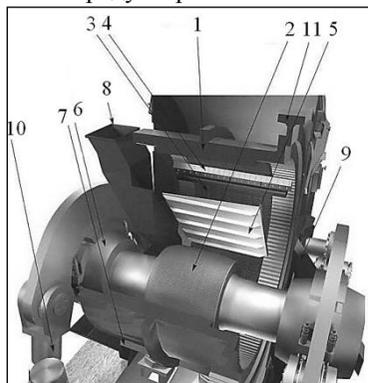


Рис. 4. Конструкция горизонтальной валковой мельницы Honomill: 1 – цилиндрический корпус; 2 – вал; 3 – опорный подшипник; 4 – скребки; 5 – система регулирования скорости подачи материала; 6 – шарнир; 7 – гидродинамические подшипники скольжения; 8 – входной патрубок; 9 – выходной патрубок; 10 – гидроцилиндр; 11 – венцовый привод

Материал в мельницу подается через входной патрубок 8 в зону центрифугирования. Корпус мельницы вращается на сверхкритической скорости, что позволяет использовать центробежную силу для регулирования подачи материала внутри мельницы. Сочетание лопастей скребков 4 с запатентованной системой регулирования скорости подачи материала 5 обеспечивает оптимальное управление потоком материала через мельницу. Материал проходит четыре-шесть этапов измельчения в зоне измельчения мельницы (многократное измельчение путем сжатия), что позволяет добиваться оптимального использования электроэнергии. Далее материал поступает в зону выгрузки, в выходной патрубок 9. Время пребывания материала в мельнице не велико и, соответственно, мала масса материала, находящегося в мельнице: при производительности 25 т/ч – менее 1 т. Поэтому Ногомилл очень удобна при частой смене выпускаемой продукции.

В мельнице за счет центробежной силы образуется однородный слой материала примерно вдвое толще, чем раздавливающий зазор. Из-за большого угла захвата проскальзывания почти не происходит – мелющий валок вращается с той же скоростью, что и корпус мельницы. Рабочее давление — 3,5 МПа для цемента и шлака и 2,4 МПа для сырьевого материала. Благодаря такому давлению продлевается срок службы быстроизнашивающихся деталей. Цилиндрическая насадка с покрытием из карбида титана устанавливаются на валу горячей посадкой. Бронештерование барабана 3 – это высокохромистые чугунные плиты, скребки – пластины из карбида вольфрама.

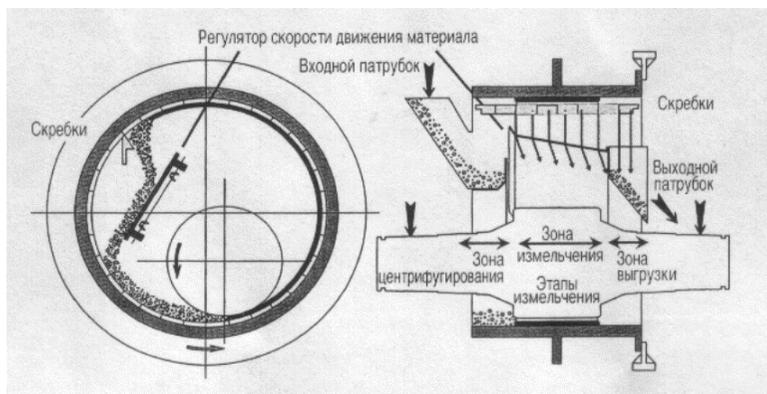


Рис. 5. Схема работы горизонтальной валковой мельницы Ногомилл

Технология измельчения и конструктивные элементы мельницы Ногомилл защищены патентами РФ [12, с. 8; 13, с. 4].

Мельницы типа Ногомилл имеют ряд недостатков:

- сложность конструкции венцового привода барабана мельницы и узла гидродинамического подшипника скольжения;

- не параллельность валка и размольной дорожки вследствие выполнения устройства для прижима в виде одной системы, воздействующей одновременно на оба конца валка;
- малое количество измельчающих воздействий за один цикл измельчения;
- отсутствие возможности отдельного регулирования измельчающего зазора и усилия измельчения.

Список литературы

1. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: - Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 680 с.
2. Fadin, Y.M., Gavrilenko, A.V., Arkatova, K. G., Avdeev, J. A., Bogdanov N. E. Kinematics of the ball load in the tube ball mills with inclined inter-chamber partitions. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014., Т 9, № 11, P. 2351-2357. P. 2327-2336.
3. Богданов В.С., Романенко В.С. Определение усилия измельчения в горизонтальной валковой мельнице с учетом прочности материала // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. - 2012. - №4. С. 84-87.
4. Богданов В.С., Романенко В.С. Уравнение кинетики процесса измельчения в горизонтальной валковой мельнице // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. - 2013. - №1. С. 53-57.
5. А. с. 412936 СССР. Валковая мельница / П. И. Киселев, Е. И. Бялик, М. М. Кулаков, В. М. Петров, В. Н. Гудков, С. А. Кузнецова, П. Р. Сизин. – Опубл. 30.1.74. Бюл. № 4. – 3 с.
6. А. с. 919731 СССР. Вальцовая мельница / С. В. Мельников, С. Ф. Колесников, А. А. Сундеев. – Опубл. 15.04.82. Бюл. № 14. – 4 с.
7. Михайленко, Д. В., Крот А. Ю. Новая конструкция барабанно-валковой машины // Материалы студенческой научной конференции. – Харьков: ХДТУБА, 2008. – С. 88 – 89.
8. Пат. 2005541 РФ, МПК В02С15/16, В02С17/10. Измельчитель / Г. М. Барактенко, Ю. С. Зыков, В. Д. Бызов. – Опубл. 15.01.1994. Бюл. № 33. – 5 с.
9. Cordonnier, A. A new grinding process Horomill. FCB, CRCM Centre de Recherches Cimenterie et Mineralurgie, Lille, France / A. Cordonnier // FCB CRCM 8th European Symposium on Comminution, Stockholm, Sweden, May 1994. – 1994. – P. 1 – 8.
10. 200 years of industrial progress. The Fives FCB Horomill workshop. Case study for grinding plants in the Philippines. CemTech Asia 2014, Kuala Lumpur. [Электронный ресурс] / CemTech Conferences Events App. – Режим доступа: <http://app.cemtech.com/docs/sessions/>, свободный. (Дата обращения: 12.11.2014 г.).

11. Пат. 2040968 РФ, МПК В02С15/16, В02С15/06, В02С17/10. Способ помолы материала и мельница для его осуществления / Р. Дюринк, А. Кордоннье, Б. Буссекей, И. Вербаер. – Оpubл. 09.08.1995. Бюл. № 33. – 8 с.

12. Пат. 2176552 РФ, МПК В02С15/06. Мельница / Ф. Шевалье, А. Кордоннье, Ф. Лагаш, К. Обри. – Оpubл. 10.12.2001. Бюл. № 3. – 4 с.

Гольдштейн Б.Г., Дроздов А.Н.

Разработка основ создания ручных машин для выполнения монтажных минитехнологий в строительстве

Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет. Москва. Россия

Реализация монтажных минитехнологий на строительной площадке во многом связано с выполнением сборочных и разделительных операций, осуществляемых с помощью комплектов ручных машин (РМ): ножиц по металлу, монтажных молотков, гайковертов, шуруповёртов, молотков и перфораторов.

В настоящей статье представлен обзор результатов работ по исследованию и созданию ручных машин выделенной группы, выполненных на кафедрах “Механизации строительства”а и “Малой механизации строительства” НИУ МГСУ в сотрудничестве с ЗАО «Интерскол».

Целью работы является разработка научных основ создания РМ, используемых в современных технологиях строительства, для их реализации на отечественных предприятиях.

Основные направления проводимых работ:

- разработка и исследование математических моделей основных групп РМ, наиболее широко используемых в строительстве;
- подготовка к производству РМ на базе современных технологий, включая аддитивные;
- проведение натурных испытаний РМ для оценки их вибрационных, технических и технологических параметров.

Важной задачей при создании ручных машин является изготовление их корпусных деталей. Для этих целей используются лёгкие металлы, сплавы и пластмассы. Современные методы изготовления таких деталей основаны на использовании 3D моделей с применением аддитивных технологий. В основе современных аддитивных технологий лежит метод формирования детали из полимерного композиционного материала путем постепенного наращивания с помощью термического или какого-либо иного воздействия, в результате которого получается необходимой формы с заданными размерами.

Основными преимуществами аддитивных технологий перед традиционными являются: сокращение трудоемкости изготовления, сокращение сроков проектирования и изготовления детали, снижение себестоимости проектирования и изготовления детали, экономия машиностроительных материалов. Особый интерес представляет собой возможность применения аддитивных технологий для быстрого прототипирования при разработке рабочего оборудования строительных машин.

Основным методом исследований является экспериментально - теоретический метод идентификации, при котором значение параметров динамических схем машин определялись в результате экспериментальных исследований по тензометрированию нагрузок на их рабочих органах и анализа осциллограмм динамического давления масла (воздуха) в рабочих полостях привода. Особенность проведения таких работ заключается в необходимости использования специальных малогабаритных тензодатчиков. В исследованиях по определению нагрузок на рабочих органах машин применялись малогабаритные тензорезисторы, изготовленные по специальной технологии и являющиеся надежным и достоверным средством измерения деформаций при высокоскоростном импульсном нагружении. Регистрация и оцифровка сигналов с датчика осуществлялась с помощью системы сбора данных в составе персонального компьютера, шасси, а также четырехканального модуля измерения динамических сигналов (рис. 1).



Рис. 1. Комплект испытательного оборудования

Для обработки сигналов использовалось специально разработанное программное обеспечение, работающее в среде LabVIEW. Программа обеспечивает работу компьютера в режиме осциллографа, регистратора и анализатора. При разработке был предусмотрен широкий спектр возможностей по обработке сигналов в реальном времени или данных, записанных в файл. Аналитические исследования математических моделей машин проводилось в системе MathCAD.

Ножицы вибрационные ручные предназначены для разделения листового металла с пределом прочности до 40 МПа, с толщиной до 6,0 мм. Их подвижный рабочий орган совершает возвратно-поступательное движение с частотой 18-22 Гц и размахом колебаний, несколько меньшим максимальной толщины разделяемого листа. По виду рабочих органов, определяющих вид обработки металла (резанием или давлением), они бывают ножевые (прорезные, рассматриваются как частный случай ножевых) и вырубные.

По данному виду ручных машин проведены научно - исследовательские и опытно - конструкторские проработки, позволившие в короткие сроки освоить опытное и серийное производство ручных виброножниц.

Основными путями ускоренного создания виброножниц явились следующие научно-методические разработки:

- исследование и моделирование нагрузок на рабочих органах виброножниц, позволившие реально оценить динамику их работы;

- создание динамической и математической моделей виброножниц с учетом динамических характеристик двигателей, позволяющих определять их оптимальные параметры, основ расчета отдельных деталей и узлов.

- для электрических машин использован метод приближенного моделирования электромагнитных переходных процессов и электродвигателя;

- разработка оригинальных конструктивных решений отдельных узлов виброножниц;

- создание испытательного оборудования и методик проведения испытаний виброножниц по определению их параметров, надежности и долговечности;

- анализ формы нагрузочных импульсов, полученных в результате осциллографирования, позволяет моделировать рабочий процесс механической и гидравлической моделями. Первая из них использовалась при разработке научно-обоснованных методик при создании новых конструкций виброножниц, а вторая - при создании для них испытательного оборудования;

- эффективным средством ускоренного освоения опытного и серийного производства указанных машин является проведение стендовых испытаний надежности их конструкций. Для этого был разработан имитатор импульсной нагрузки. Он обеспечивает возможность имитации формы нагрузочного импульса, характерного для процессов резания и вырубки металла, с достаточной для испытаний точностью применительно к типоразмерам виброножниц от 1,0 мм до 6,5 мм. Степень точности имитации устанавливается путем сравнения характеристик нагрузочного импульса на подвижном рабочем органе машины с полученным экспериментально методом осциллографирования по известным методикам испытаний.

Подбор формы и характеристик нагрузочного импульса имитатора обеспечивается изменением внутреннего объема регулятора гидросистемы, изменением давления воздуха в гидробаке, характеристиками жидкости, включая и её газосодержание, а также настройкой перепускного клапана.

На базе данного имитатора созданы испытательные стенды и разработаны методики испытаний, обеспечивающие ускорение процесса доводки опытных образцов виброножниц на стадии освоения их серийного производства.

Ручные ударные гайковерты являются эффективным средством затяжки резьбовых соединений и находят широкое применение при выполнении сборочных работ.

Исследование динамики машин этого вида базировались на теоретических моделях виброударных систем, а также экспериментально-теоретических методах изучения ударных процессов. Проведенные работы позволили установить рациональные режимы движений ударника, получить осциллограммы ударных импульсов на шпинделе, которые при упрощенном моделировании процесса удара дали возможность оценить жесткость и демпфирующие свойства кулачков соударяемых деталей и определить значение ударных сил, действующих на кулачки.

Анализ параметров ударного импульса и размеров кулачков соударяемых деталей позволил обосновать возможность статического подхода при определении в них напряжений, что было реализовано при оценке их прочности. Результатом исследований явились методические основы расчета ударных гайковертов, которые были реализованы в конструкциях отечественных вибробезопасных пневмогайковертов московского завода «Пневмостроймашины».

Достойную альтернативу механическим ударным гайковертам могут составить машины с передачей энергии через гидравлическую среду, включающие наличие механического удара и контактного взаимодействия типа «метал-метал». Фактически гидроимпульсный гайковерт можно охарактеризовать как импульсный гайковерт с гидравлическим амортизатором.

Таким машинам свойственны как преимущества «чисто механических» ударных аналогов, так и ряд дополнительных качеств: пониженная вибро- и шумоактивность за счёт демпфирования энергии маслом, большая надёжность, высокая стабильность развиваемого момента и возможность регулирования этого показателя, большое соотношение развиваемого усилия и массы механизма (удельная мощность) и др.

В развитии теории ручных машин данного подкласса к. т. н. Степановым В. В. выполнены работы по созданию методики расчёта ручных гидроимпульсных гайковертов. Эти гайковерты обеспечивают ряд преимуществ по вибро- и шумобезопасности, надёжности, удельной мощности. В настоящее время создан опытный образец машины, проходящий доводочные испытания.

Ручные машины для забивки гвоздей и скоб (монтажные молотки) широко используются при тарных операциях, а так же в сборочных работах в малоэтажном деревянном строительстве. Машины представляют собой монтажные пневмомолотки с управляемой частотой ударов. Исполнительное устройство привода молотка представляет собой пневмоцилиндр с рабочим органом в виде штока.

Поршневая полость цилиндра через клапанное устройство и воздухо-распределитель соединена с пневмомагистралью. Штоковая полость цилиндра через проточки в нижней его части сообщается с аккумулирующей камерой. Воздухораспределительное устройство - клапанного типа, и двухсекционное с ручным управлением и предохранительной системой, обеспечивающей возможность управление молотком только в исходном рабочем положении. Рабочий цикл включает отдельные временные отрезки, основными из которых являются время прямого и обратного хода рабочего органа.

В исходном рабочем положении к корпусу машины, клапана и рабочего органа со стороны оператора приложено осевое усилие нажатия.

Разработанная математическая модель включает дифференциальные уравнения изменения давления воздуха в камерах, а также совокупность начальных, промежуточных и конечных условий движения рабочего органа. Принималось, что весь процесс идет без теплообмена; расходы газа в модели определялись по формуле Сен-Венана и Ванцеля; сопротивления внедрению крепежного элемента принимались пропорциональными его периметру и глубине внедрения. Для описания математической модели разработана программа расчета, позволяющая оперативно анализировать влияние ряда конструктивных параметров машины на эффективность выполнения рабочего процесса, определять оптимальные параметры, а также оценивать её характеристики для решения вопроса о расширении технологических возможностей молотков такого типа.

Процесс создания корпуса пневмопистолета с применением макета состоит из следующих этапов: разработка цифровой 3D-модели корпуса, проведение расчетов с помощью специализированных программных продуктов.

Основным критерием работоспособности корпуса является прочность. Выход из строя непрочной детали может произойти либо вследствие возникновения недопустимо больших остаточных деформаций, либо вследствие ее разрушения. Остаточные деформации приводят к изменению формы и размеров детали, что влечет за собой изменение характера сопряжения деталей и нарушение их нормального взаимодействия.

Прочность детали оцениваем в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D V13 с помощью библиотеки АРМ FEM прочностной анализ. Система АРМ FEM представляет собой интегрированный в КОМПАС-3D инструмент для подготовки и последующего конечно-элементного анализа трехмерной твердотельной модели. Подготовка геометрической 3D-модели и задание материала осуществляется средствами системы КОМПАС-3D. С помощью АРМ FEM можно приложить нагрузки различных типов, указать граничные условия, создать конечно-элементную сетку и выполнить расчет. Система АРМ FEM позволяет задавать различные виды нагрузок.

Оценка прочности корпуса проводится при приложении распределённого усилия, возникающего в результате взаимодействия поршня с внутренней торцевой частью корпуса машины.

После задания геометрических и силовых параметров и закрепления происходит генерация конечно-элементной сетки 3D модели, при этом процедура производится автоматически.

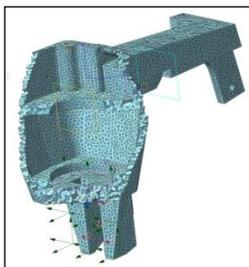


Рис. 2. Результат генерация конечно-элементной сетки.

По результатам статического расчета в системе APM FEM видно, в каких элементах возникает MAX и MIN напряжения при заданных нагрузках. Можно сделать вывод, что деталь при выбранном материале отвечает прочностным показателям и может в дальнейшем быть использован для изготовления.

Ручные электрические перфораторы получили широкое использование в сборочных минитехнологиях с предварительной подготовкой монтажных отверстий. Их привод включает коллекторный электродвигатель, зубчатую передачу, преобразовательный и ударный механизм. В качестве последнего используются компрессионно-вакуумные механизмы с аккумулирующей воздушной камерой.

Настоящее исследование проводилось на стадии разработки конструкции привода указанных машин. Проведенные исследования позволили оперативно получить информацию о внутренних процессах в приводе, в частности: закон движения ударника при различных значениях начальной «воздушной подушки», графики его скорости и ускорения за цикл, зависимость изменения рабочего давления в камере. Конструктивные проработки узлов компрессионно-вакуумных ударных механизмов реализованы в серийных и промышленных образцах отечественных перфораторов.

Разработанные модели машин позволяют оценивать эргономические параметры в системе оператор - ручная машина - среда обработки и формируют основы их проектирования.

Список литературы

1. Бабицкий В. И. Теория виброударных систем. Приближённые методы. М.: Наука, 1978 - 352 с.
2. Быховский И. И., Гольдштейн Б. Г. Основы конструирования вибробезопасных ручных машин. М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
3. Дроздов А.Н. Ручные машины для строительно-монтажных работ / устройство и основы расчета /. Учебное пособие. М. МГСУ. 1999 г., 250 с.

4. Дроздов А. Н., Степанов В. В. Электрические ударные гайковёрты. Динамика. Монография. М.: МГСУ, 2013 – 119 с.

5. Дроздов А. Н., Степанов В. В. Математические модели ручных машин для строительного-монтажных работ с примерами реализации: учебное пособие. Под ред. Б. Г. Гольдштейна. НИУ МГСУ, 2016 - 152 с.

Густов Д.Ю., Густов Ю.И., Воронина И.В.
Исследование свойств металлических материалов
для строительной техники по системе золотой пропорции

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

Для повышения долговечности деталей узлов трения и металлоконструкций строительной техники необходимо исследовать показатели триботехнических и механических свойств металлических материалов для обоснованного их использования в конкретных условиях эксплуатации.

Для трущихся и изнашивающихся деталей необходимо знать презентабельные показатели реальных шероховатых поверхностей трения, позволяющие оценить важнейшие триботехнические характеристики (коэффициент и силу трения, контактное давление, температуру и т.д.). В связи с этим требуется методика мероопределения микропогографии поверхностей трения. В качестве таковой в работе используются обобщенные золотые сечения [1].

Для определения меры достаточной информации о характере микропогографии шероховатых поверхностей трения воспользуемся значениями сближений (ε_i) и относительных опорных линий (t_i) на гипсограммах дражных шарниров [2] – рис 1.

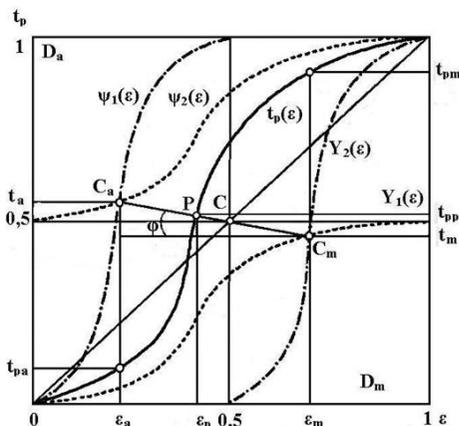


Рис. 1. Гипсоцентридная модель изнашивания

Результаты расчетов меры M_i в сопоставлении с обобщенными H и P золотого сечения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Меры микротопографии поверхностей трения деталей шарниров.

Материал	ε_a	ε_m	ε_p	ε_l	M_ε	H	$\Delta, \%$	P	t_{pp}	t_{pm}	t_l	M_t	M_{st}	P
ВСН-12	-	0,77	0,54	1	0,747	0,7245	3,05	3	0,48	0,82	1	0,733	0,7391	3
	0,30	0,77	0,54	1	0,59	0,618	3,84	1						
	-	0,77	0,54	-	0,645	0,6823	5,5	2	0,48	0,82	-	0,627	0,636	2
ОМГ-Н	0,22	0,69	0,41	1	0,429	0,500	0,10	0	0,53	0,86	1	0,770	0,7103	3
	-	0,69	0,41	1	0,657	0,6823	3,75	2						
	-	0,69	0,41	-	0,532	0,500	6,4	0	0,53	0,86	-	0,675	0,6035	1
ВСН-6	0,21	0,70	0,41	1	0,495	0,500	0,90	0	0,52	0,90	1	0,777	0,7185	3
	-	0,70	0,41	1	0,660	0,6823	3,28	2						
	-	0,70	0,41	-	0,536	0,500	7,10	0	0,52	0,90	-	0,6841	0,610	1
ОЗШ-1	0,225	0,71	0,46	1	0,520	0,500	4,10	0	0,51	0,90	1	0,7716	0,7263	3
	-	0,71	0,46	1	0,6889	0,6823	0,97	2						
	-	0,71	0,46	-	0,5715	0,618	7,53	1	0,51	0,90	-	0,6775	0,6222	1
ОЗИ-1	0,15	0,74	0,32	1	0,434	0,500	1,317	0	0,53	0,90	1	0,7815	0,700	3
	-	0,74	0,32	1	0,619	0,618	0,16	1						
	-	0,74	0,32	-	0,4868	0,500	2,68	0	0,53	0,90	-	0,6907	0,5887	1
НГ-2	0,25	0,72	0,47	1	0,539	0,500	7,86	0	0,53	0,86	1	0,755	0,7260	3
	-	0,72	0,47	1	0,697	0,6823	2,17	2						
	-	0,72	0,47	-	0,5817	0,618	5,87	1	0,53	0,86	-	0,6557	0,6187	1
Х-5	0,18	0,64	0,33	1	0,442	0,500	11,70	0	0,53	0,92	1	0,7873	0,6916	2
	-	0,64	0,33	1	0,5958	0,618	3,59	1						
	-	0,64	0,33	-	0,460	0,500	8,09	0	0,53	0,92	-	0,6983	0,5792	1
Т-620	-	0,69	0,43	1	0,6672	0,6823	2,20	2	0,53	0,78	1	0,7452	0,7062	3
	0,28	0,69	0,43	1	0,5387	0,500	7,37	0						
	-	0,69	0,43	-	0,5447	0,500	8,94	0	0,53	0,78	-	0,6430	0,5939	1
110Г13Л	0,06	0,56	0,17	1	0,275	0,500	45,0	0	0,59	0,96	1	0,8275	0,6422	1
	-	0,56	0,17	1	0,457	0,500	8,6	0						
	-	0,56	0,17	-	0,309	0,500	38,3	0	0,59	0,96	-	0,7526	0,5308	0
37ХН3А	0,32	0,70	0,34	1	0,525	0,500	5,0	0	0,51	0,72	1	0,7163	0,6682	2
	-	0,70	0,34	1	0,620	0,618	0,30	1						
	-	0,70	0,34	-	0,488	0,500	2,43	0	0,51	0,72	-	0,6060	0,547	0
Д5	0,19	0,68	0,36	1	0,464	0,500	7,12	0	0,53	0,92	1	0,7873	0,7066	3
	-	0,68	0,36	1	0,6259	0,618	1,27	1						
	-	0,68	0,36	-	0,4948	0,500	1,05	0	0,53	0,92	-	0,6983	0,5966	1

На основании табличных значений можно заключить следующее:

1. Для изученной номенклатуры материалов избранные сближения ε_a , ε_m , ε_p , $\varepsilon_I=1$, в общем случае, обеспечивают необходимую информацию о характере микро топографии поверхностей трения. Однако в большинстве случаев, за исключением наплавки ВСН-12, учет сближения ε_a снижает меру информативности ($M_\varepsilon \leq 0,55$, $P = 0$). Во всех случаях минимальную необходимую информацию обеспечивают сближения ε_m , ε_p , ε_I и в ряде случаев сближения ε_m , ε_p . Окончательно можно принять комплекс сближений ε_m , ε_p и ε_I , мероопределение по которому соответствует значениям $P = 1, 2, 3$.
2. Мера микро топографии поверхности трения детали, изготовленной из стали 110Г13Л, ниже минимально необходимой ($M_\varepsilon < 0,55$, $P = 0$). Это можно объяснить тем, что данная деталь являлась моделью втулки, в паре с которой испытывались модельные пальцы из остальных материалов. Микро топография втулки – контртела формировалась под влиянием различных деталей и оказалась случайной.
3. Для углубленного изучения микро топографии поверхностей трения можно каждому сближению поставить в соответствие относительные опорные линии (поверхности) t_{pp} , t_{pm} , $t_I=1$. (см. табл.)
Установили: мера топографии поверхностей трения, определенная посредством относительных опорных линий t_{pp} , t_{pm} , $t_I=1$, превышает меру, определенную через сближения ε_m , ε_p , $\varepsilon_I=1$. Для наплавки ВСН-12 эти меры практически совпадают.
4. Метроопределение микро топографии через совокупность относительных сближений и опорных линий ($M_{ст}$) дает возможность оценить поверхности трения всех без исключения материалов. При этом мера $M_{ст}$ в большинстве случаев достигает значений, соответствующих $P = 3$, что свидетельствует об углубленном представлении микро топографии посредством выбранных триботехнических показателей.
5. Для втулки шарнирной пары (сталь 110Г13Л) при смешанном трении о различные материалы мера микро топографии $M_{ст}$ отвечает минимально необходимой информации о поверхности трения ($P = 1$).

Долговечность металлических изделий в значительной степени определяется сочетание прочностных и пластических показателей, из которых принципиальное значение имеют равномерная (δ_p) и сосредоточенная (δ_c).

Принимая аддитивность равномерной δ_p и сосредоточенной δ_c составляющих относительного удлинения δ [3], положим в основу анализа пластичности металлических материалов понятие триады, включающей два слагаемых и сумму. Строя последовательность чисел по двум исходным данным (δ_p , δ_c) по рекуррентной зависимости, аналогичный ряду Фибоначчи, найдем последовательность триад (T_i), которая характеризует процесс развития (изменения) пластической деформации.

Исследовали показатели пластичности стали в зависимости от температуры нагрева [4]. Результаты расчетов представлены в табл. 2-4.

Таблица 2. – Гармонические ряды показателей пластичности при 20°C

T_i	Элементы триады			Значения триады			σ_c/σ_p	σ/σ_c	σ/σ_p
				δ_p	δ_c	δ			
T_1	1	1	2	0,0765	0,0765	0,153	1,0	2,0	2,0
T_2	1	2	3	0,0255	0,051	0,0765	2,0	1,5	3,0
T_3	2	3	5	0,0102	0,0153	0,0255	1,5	1,667	2,5
T_4	3	5	8	0,03825	0,006375	0,0102	1,667	1,60	2,667
T_5	5	8	13	0,00147	0,00235	0,003824	1,599	1,627	2,601
T_6	8	13	21	0,00056	0,00091	0,00147	1,625	1,615	2,625
T_7	13	21	34	0,00021	0,00034	0,00056	1,619	1,635	2,667
T_8	21	34	55	0,000080	0,00013	0,00021	1,625	1,615	2,625
T_9	34	55	89	0,00003	0,000049	0,00008	1,647	1,608	2,667

Из таблицы 2 следует, что гармонические отношения δ_c/δ_p , δ/δ_c , δ/δ_p достигаются при триадах $T_6...T_7$.

Рассмотрим величину

$$n = \ln \frac{\delta_1}{\delta_d},$$

где: δ_1 – исходные значения показателей пластичности при триаде T_1 ;

δ_d – значения показателей пластичности при их гармонических отношениях $\delta_c/\delta_p \rightarrow \delta/\delta_c \rightarrow d = 1,618$; $\delta/\delta_p \rightarrow 1+d$.

При гармонической триаде T_6 имеем: $\delta_d = 0,00147$; $\delta_{cd} = 0,00091$; $\delta_{pd} = 0,00056$. Тогда:

$$n_d = \ln(0,153/0,00147) = 4,65 \approx 5,0;$$

$$n_{cd} = \ln(0,0765/0,00091) = 4,43;$$

$$n_{pd} = \ln(0,0765/0,00056) = 4,92 \approx 5,0.$$

Среднее значение $\bar{n} = 4,67 \approx 5,0$

При триаде T_7 :

$$n_d = \ln(0,153/0,00056) = 5,6 \approx 6,0;$$

$$n_{cd} = \ln(0,0765/0,00034) = 5,42;$$

$$n_{pd} = \ln(0,0765/0,00021) = 5,90 \approx 6,0.$$

Среднее значение $\bar{n} = 5,64 \approx 6,0$

Зависимость между величиной n и номером (рангом) триады можно выразить следующим образом

$$T_d = n_d + 1 = \ln(\delta_1 / \delta_d) + 1. \quad (1)$$

Результаты расчета при температуре отпуска 250°C приведены в таблице 3.

Таблица 3. Гармонические ряды показателей пластичности при 250°C

T_i	Элементы триады			Значения триады			σ_c / σ_p	σ / σ_c	σ / σ_p
				δ_p	δ_c	δ			
T1	1	1,6875	2,6875	0,032	0,054	0,086	1,6875	1,5926	2,6875
T2	1,6875	2,6875	4,375	0,0123	0,0197	0,032	1,602	1,6244	2,602
T3	2,6875	4,375	7,1625	0,00468	0,0076	0,0123	1,624	1,6184	2,628
T4	4,375	7,0625	11,4375	0,00179	0,0029	0,00468	1,620	1,614	2,614
T5	7,0625	11,4385	18,50	0,00068	0,0011	0,00179	1,6176	1,627	2,632
T6	11,4385	18,50	29,9385	0,00026	0,00042	0,00068	1,6154	1,6195	2,6154
T7	18,50	29,9358	48,4385	0,00099	0,00016	0,00026	1,6162	1,6231	2,6262
T8	29,9383	48,4385	78,377	0,000038	0,00006	0,00099	1,579	1,656	2,605
T9	48,4385	78,377	126,816	0,000015	0,000023	0,000038	1,5657	16520	2,533

По значениям таблицы 3 при T_6 имеем:

$$n = \ln(0,086/0,00068) = 4,84 \approx 5,0;$$

$$n_c = \ln(0,054/0,00042) = 4,856 \approx 5,0;$$

$$n_p = \ln(0,032/0,00026) = 4,813 \approx 5,0.$$

Среднее значение $\bar{n} = 4,84 \approx 5$

В этом случае также

$$T_d = n_d + 1 = \ln(\delta_1 / \delta_d) + 1. \quad (2)$$

Аналогично построенные ряды получены при температурах 350, 450, 550, 650°C. В табл. 4 приведены исходные и гармонические значения показателей пластичности при указанных температурах.

Таблица 4. Исходные и гармонические показатели пластичности стали.

T, °C	T _i	Элементы триады			Значения триады			σ_c / σ_p	σ / σ_c	\bar{n}
					δ_p	δ_c	δ			
350	T ₁	1	1,93	2,963	0,027	0,053	0,080	1,963	1,509	4,88
	...									
	T ₆	12,815	20,704	33,519	0,000227	0,000367	0,000594	1,617	1,618	
450	T ₁	1	2,583	3,583	0,024	0,062	0,086	2,583	1,387	6,98
	...									
	T ₈	41,579	67,243	108,822	0,000029	0,000047	0,000076	1,620	1,617	
550	T ₁	1	11	12	0,0095	0,1045	0,114	11	12	7,74
	...									
	T ₈	151	244	395	0,000013	0,000021	0,000034	1,6154	1,619	
650	T ₁	11	13,4	14,4	0,012	0,161	0,173	13,4	1,075	8,91
	...									
	T ₁₀	476,6	771	1247,6	0,00000267	0,0000043	0,0000070	1,610	1,628	

Из табл.4 следует зависимость, полученная выше по данным табл. 2 и 3

$$T_d = n_d + 1 = \ln(\delta_1 / \delta_d) + 1. \quad (3)$$

Следовательно, эта зависимость справедлива для всех рассмотренных состояний стали. При этом примечательно, что с повышением температуры гармоническое отношение показателей пластичности δ/δ_p , δ/δ_c , δ/δ_p достигается при больших рангах триады, т.е. позднее.

Средние значения величины \bar{n} можно представить через золотую пропорцию $d = 1,618$ выражениями

$$\bar{n} = \overline{n_d} = d^v, \quad \overline{n_\gamma} = d^{v_\gamma} \quad (4)$$

Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5. Сопоставление экспериментальных n и гармонических n_γ величин.

T, °C	\bar{n}	v	v_γ	\bar{n}	$\Delta, \%$	T, °C	\bar{n}	v	v_γ	\bar{n}	$\Delta, \%$
20	4,67	3,20	3,0	4,24	9,2	450	6,98	4,04	4,0	6,85	1,9
250	4,84	3,28	3,0	4,24	12,4	550	7,74	4,25	4,0	6,85	11,5
350	4,88	3,29	3,0	4,24	13,1	650	8,91	4,55	4,0	6,85	23,1

Из таблицы 5 виден рост показателя степени v с увеличением температуры. Соответствующие целочисленные показатели степени v_γ дают гармонические значения \bar{n}_γ , отличающиеся от $\bar{n}=d^v$, на $\Delta=1,9\dots23,1\%$.

С учетом (1).. (4) можно записать:

$$T_d = d^v + 1 = 1,618^v + 1. \quad (5)$$

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы.

1. При условии аддитивности показателей пластичности ($\delta=\delta_p+\delta_c$) возможно по двум исходным данным (δ_c, δ_p) по рекуррентной зависимости типа ряда Фибоначчи построить последовательность триад, характеризующую процесс развития (изменения) пластической деформации.
2. С увеличением температуры нагрева гармоническое отношение показателей пластичности достигается позднее, т.е. при больших рангах триады. Этому соответствует рост показателя степени v золотого сечения $d=1,618$.
3. Для всех рассмотренных состояний стали при указанных температурах нагрева справедлива зависимость $T_d = n_d + 1 = d^v + 1$: натуральный логарифм отношения исходных и гармонических показателей пластичности (n) предшествует номеру (рангу) гармонической триады T_d .
4. По-видимому, анализ полученных рядов может говорить о непрерывно-дискретном и ускоренном характере изменения пластичности.
5. Так как результат $d = 1,618$ – число иррациональное, недостижимое в принципе, то изменение исходных показателей может быть только процессом с определенными этапами приближения к золотой пропорции.

Список литературы

1. Коробко В.И. Золотая пропорция и проблемы гармонии систем// Изд. АСВ стран СНГ. М., 1998. – 373с.
2. Густов Ю.И. Повышение износостойкости рабочих органов и сопряжений строительных машин// Дис...докт. техн. наук: М., МГСУ, 1994 - 529с.
3. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж. и др. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 1994. – 383с
4. Густов Д.Ю., Густов Ю.И. К развитию теоретических основ строительного материаловедения. // Доклады X Российско-польского семинара «Теоретические основы строительства». Варшава, 2001. –с.307-314.

Система комплексного контроля и управления качеством асфальтобетонной смеси при строительстве автомобильных дорог

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Основным строительным материалом, используемым в настоящее время для строительства автомобильных дорог в нашей стране, является асфальтобетон. От качества асфальтобетонной смеси зависит надежность и долговечность дорожного покрытия. Однако, срок службы асфальтобетонных покрытий в нашей стране существенно ниже аналогичного показателя в промышленно развитых странах.

Низкий срок службы связан с высокой вариацией качества асфальтобетонной смеси в процессе её транспортировки, укладки и уплотнения. В условиях асфальтобетонного завода (АБЗ) реальным направлением решения данной проблемы является создание систем управления, компенсирующих нестабильность характеристик и стабилизирующих качество готовой асфальтобетонной смеси.

Производство асфальтобетонной смеси как объект управления характеризуется рядом особенностей:

— асфальтобетон является многокомпонентной структурой, на конечные свойства которого влияют следующие основные факторы: свойства компонентов асфальтобетонной смеси; рецептура и структура смеси; технология производства, технология транспортирования смеси от АБЗ к объекту, технология укладки и уплотнения смеси;

— не существует строгого математического описания связей между измеряемыми физическими параметрами смеси и эксплуатационными свойствами; для них можно провести лишь качественное оценивание и прогнозирование;

— использование компонент асфальтобетона с нестабильными параметрами приводит к вариации свойств смеси. Большинство разработанных методик определения параметров смеси и технологического процесса основаны на вычислении средних значений, что не может гарантировать производства асфальтобетона со стабильными значениями параметров;

3. информационное обеспечение технологического процесса весьма несовершенное. На большинстве АБЗ имеются лаборатории, но их приборное и методологическое обеспечение не ориентировано на оперативное управление технологическим процессом, а только обеспечивает аттестацию произведенной смеси.

Несмотря на отмеченные трудности в последние годы появились результаты исследований, успешно развивающих управление производством на АБЗ. Важным шагом в построении систем управления качеством асфальтобетона является работа А.В. Марухина [1], в которой предложена идея поиска экстремума связи прочности асфальтобетона с расходом битума. Однако в ней не исследованы методы поиска экстремума функции, не проведена оценка области применения и эффективности предлагаемого способа. Этот подход получил определенное развитие за счет предложенного метода поиска экстремума связи «прочность - расход битума» [2]. Отсутствие контура управления по возмущению снижает общую эффективность такого управления.

Цель работ [2, 3] заключалась в разработке теоретических основ управления производством асфальтобетонной смеси. Было показано, что автоматизированное управление компенсирует возмущения, воздействующие на технологический процесс. В результате исследований создана автоматизированная система оптимального управления, которая обеспечивает максимальные прочностные и другие эксплуатационные характеристики асфальтобетонной смеси.

В этих работах рассмотрены вопросы построения системы управления как по возмущению (с прямой связью), так и по отклонению (с обратной связью). Аналитической основой управления зерновым составом являются регламентированные характеристики распределений размеров зерен минеральной составляющей, которые выражаются через полные остатки на ситах. По результатам рассева минерального порошка, песка и щебня различных фракций определяются такие дозы минеральных компонентов, при которых квадрат отклонения полных остатков на ситах от регламентированных значений будет минимальным.

Целевой функцией оптимизации в этом случае будет среднее квадратичное отклонение фактического распределения размеров зерен в минеральной составляющей от регламентированного распределения по ситам.

Измерения показателей качества в производстве асфальтобетонной смеси производится как для аттестации выпускаемой продукции, так и для информационного обеспечения процесса управления. Первое направление формализовано имеющейся системой стандартов (ГОСТ 8267-93, ГОСТ 8735-88, ГОСТ 9128-97, ГОСТ 12784-78, ГОСТ 12801-98, ГОСТ 18659-81 и др.). Второе направление – использование информации для обеспечения задач оперативного управления производством - формализовано для задач проектирования состава асфальтобетонной смеси.

В работе [3] решались вопросы автоматизации лаборатории АБЗ. Одним из основных научных результатов этой работы является анализ влияния частоты контроля и точности измерений на эффективность восстановления реальных динамических характеристик параметров и, следовательно, на эффективность управления.

Как показали исследования, частота контроля оказывает существенно более сильное влияние на точность восстановления временного ряда прочности, чем точность однократного измерения.

Например, показано, что увеличение частоты контроля вязкости битума и содержание песка в смеси до трех раз в смену снижает ошибку определения прочности асфальтобетона на 30%, что повышает эффективность управления производством.

Д.М. Гольнев и Д.Н. Суворов в работе [4] используют методы экспертных систем для автоматизации производства асфальтобетона, что позволило учесть положительный опыт и знания, накопленные экспериментами в области технологии и управления качеством асфальтобетона.

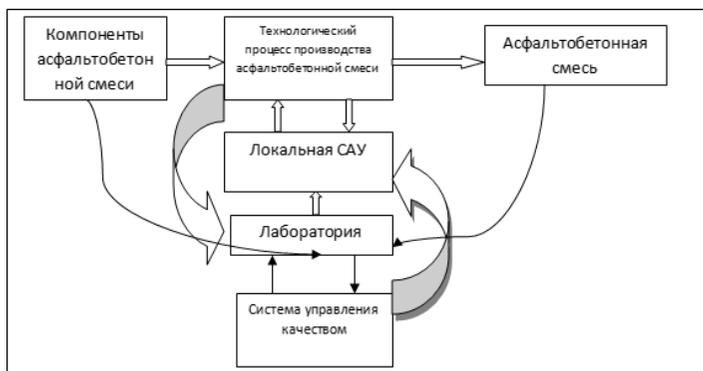


Рис.1. Традиционная структура комплексной системы управления производством асфальтобетонной смеси

Все рассмотренные выше системы управления имеют сходную структуру (рис.1). Они обеспечивают тем или иным способом и с различной эффективностью стабилизацию на заданном уровне качества асфальтобетонной смеси на выходе АБЗ.

Так как асфальтобетонная смесь применяется для устройства покрытий автомобильных дорог, то следует обеспечивать нестабильное качество самой смеси, а стабильно высокое качество асфальтобетонного покрытия [6].

На свойства асфальтобетонного покрытия влияют:

- свойства компонентов смеси;
- технологические процессы: производство асфальтобетонной смеси; транспортировка смеси от АБЗ до места ее укладки; укладка и уплотнение асфальтобетонной смеси; технология содержания автомобильной дороги; технологические процессы контроля параметров на всех этапах создания и эксплуатации покрытия;
- качество системы автоматического управления производством;
- качество проектов всех видов работ и проектирования состава асфальтобетонной смеси.

В соответствии с этим необходимо для повышения эффективности управления расширить границы объекта управления за пределы АБЗ [5,6].

Структурно комплексная система управления производством асфальтобетона является многоуровневой иерархической системой (рис.2), которая включает в себя следующие уровни.

Уровень 1. Система локального управления (ЛСАУ) собственно технологическим оборудованием — агрегатами и механизмами. Здесь решаются два основных типа задач:

Задачи логико-программного управления. Эти задачи связаны с управлением отдельными механизмами поточно-транспортных систем предприятия и другими аналогичными объектами.

Задачи цифрового управления. Эти задачи характерны для подсистем управления тепловыми процессами, дозированием компонентов. Здесь используются алгоритмы оптимального управления, фильтрации и прогнозирования, статистической обработки данных.

Уровень 2. Согласование работы отдельных элементов технологического процесса.

Уровень 3. Обеспечивается решение задачи стабилизации качества асфальтобетонной смеси на выходе АБЗ. Управление базируется на информации, поставляемой лабораторией завода:

информация о параметрах компонентов асфальтобетонной смеси.

информация о параметрах технологического процесса.

информация о качестве готовой продукции.

Уровень 4. Анализируется информация о транспортировке асфальтобетонной смеси от АБЗ до места ее укладки.

Уровень 5. Анализируется информация о результатах укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси. Здесь важно отметить оперативность контроля основных параметров.

На качество готового асфальтобетонного покрытия влияет не только качество асфальтобетонной смеси на выходе АБЗ, но и технологический процесс ее транспортировки, укладки и уплотнения.

Как видно из рис. 2, в новой структуре системы управления каждый уровень включает в себя контролирующие блоки, что обеспечивает комплексное решение вопроса стабилизации заданных параметров асфальтобетонной смеси от АБЗ до объекта строительства.

Разработке математических моделей и методов оптимизации состава и режимов работы комплекта машин для ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог посвящена работа Косенко Е.А. [7]. В этой работе отмечается, что достижение целей подпрограммы «Автомобильные дороги» Федеральной целевой программы «Развитие транспортной сети России (2010-2020гг)» возможно только путем внедрения в дорожно-строительное производство высокотехнологичных ресурсосберегающих дорожно-строительных машин, современных методов оптимизации состава и режимов работы комплектов машин для строительства и ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

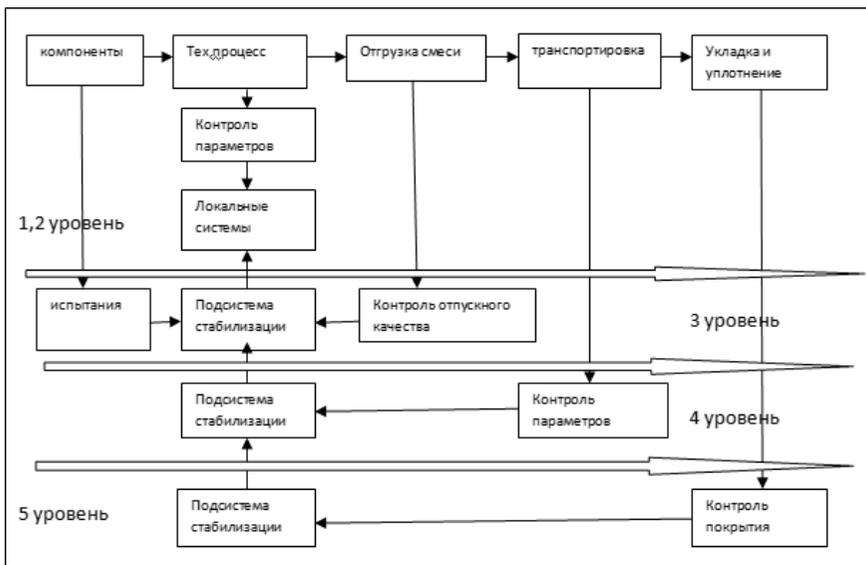


Рис. 2. Предлагаемая структура комплексной системы контроля и управления качеством асфальтобетонной смеси.

Появление инновационных дорожно-строительных материалов и новых технологий устройства дорожных покрытий требуют от дорожно-строительных организаций комплексного подхода при решении задачи соблюдения технологических, температурных режимов и качества производства асфальтоукладочных работ.

В работе [7] отмечается, что соблюдение температурных и технологических режимов при устройстве асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог во многом зависит от бесперебойной работы транспортных средств комплекта машин. При этом режимы работы транспортных средств должны быть функционально взаимосвязаны с режимами работы ведущей машины комплекта, обеспечивая ее полную загруженность на всем этапе устройства дорожного покрытия [3].

На основе проведенных исследований были разработаны номограммы для определения возможной предельной дальности транспортировки асфальтобетонной смеси.

Предложенный подход может быть рекомендован к использованию при строительстве новых дорог, при малой и стабильной загрузке дорог. В условиях большого города, при динамичном изменении времени и оптимальной траектории движения от точки А к точке Б использование подобного подхода малоэффективно.

Проведенными нами исследованиями установлено, что на свойство смеси в момент ее укладки влияют следующие основные факторы: А, условия внешней среды (температура – t^o , влажность – W , скорость – V и преимущественное направление ветра – D относительно перемещения транспортного средства), а также время транспортировки – t . Исходя из этого, для каждого транспортного средства можно записать

$$\Delta Z_i^n(t) = \varphi[A_k, t_k^o(t), W_t(t), V_t(t), D_t(t), n] \quad (1)$$

где $\Delta Z_i^n(t)$ – отклонение i -го свойства асфальтобетонной смеси от его уровня на выходе АБЗ для момента времени t для n -й площадки.

Здесь в качестве показателя времени t используется дискретная величина — поставка порции асфальтобетонной смеси данным транспортным средством. Множество значений t упорядочено по моменту времени доставки k n -му месту укладки;

A_k — набор характеристик k -го транспортного средства; $t_k^o(t), W_t(t), V_t(t), D_t(t)$, — средние температура, влажность, скорость и направление ветра в момент доставки асфальтобетонной смеси k -м транспортным средством в t -й поставке; n — площадка, на которой производится укладка, асфальтобетонной смеси.

Один АБЗ может обслуживать несколько площадок. Тогда можно получить оценку отклонения показателя качества асфальтобетонной смеси для n -й площадки для интервала времени t_2-t_1 вида

$$\Delta Z_i^n = \frac{\sum_{t_1}^{t_2} \Delta Z_i^n(t)}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Располагая значениями отклонений $\Delta Z_i^n(t)$ и их оценками, можно ввести соответствующую коррекцию в алгоритмы управления для подсистемы стабилизации свойств асфальтобетонной смеси на выходе АБЗ (уровень 3). Организация такого управления (уровень 4) осложняется рядом факторов:

- запаздывание в получении характеристик. Смесь, которая в текущий момент будет отгружена с завода, уже не может быть «исправлена», потому необходимо прогнозировать оценки ΔZ ;

- стратегия управления существенно зависит от количества площадок и распределения между ними объемов поставок. При этом следует либо минимизировать суммарные отклонения с учетом объемов поставок, либо, возможно, учитывать приоритеты для различных объектов.

В настоящее время ни сбор информации, ни ее обработка непосредственно на месте укладки асфальтобетонной смеси никак не организована, поэтому необходимо разработать как комплекс технических и программных средств для решения этой задачи, так и решить определенные организационные проблемы.

В процессе укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси может быть получена информация о свойствах смеси по возникновению различных видов дефектов. Возникновение этих дефектов связано в том числе и со свойствами асфальтобетонной смеси: состав и структура минеральной части смеси, доля битума в смеси, температура смеси и ее температурная неоднородность, ее сегрегация. Оперативное поступление информации о выявленных дефектах способствует введению необходимой коррекции в управление технологическим процессом на уровне 3 иерархии систем управления.

Здесь может быть достигнут дополнительный эффект от получения новых знаний о процессе производства асфальтобетонной смеси. Так, если присутствуют и некоторые показатели компонентов асфальтобетонной смеси, и показатели качества готовой продукции, то при помощи разработанной математической модели имеется возможность исследовать статистические технологические зависимости и получить модели технологического процесса производства асфальтобетонной смеси, которые могут быть использованы и для повышения эффективности управления производством. Данный подход реализуется на самом верхнем уровне предлагаемой системы управления (уровень 5).

Список литературы

1. Марухин А. В. Автоматизация управления состава асфальтобетонной смеси/А. В. Марухин: Автореф. дис.. канд. техн. наук.- М.:МАДИ, 1999.
2. Бунькин И. Ф. Моделирование и оптимизация управления составом асфальтобетонных смесей/И. Ф. Бунькин, В. А. Воробьев, В. П. Попов, В. А. Горшков, Д. Н. Суворов, А. Е.Александров.- М., Изд-во РИА, 2001,- 328 с.
3. Воробьев В. А. Автоматизация лаборатории асфальтобетонного завода и управление производством / В. А. Воробьев, О. Ю. Милосердии, Д. Н. Суворов/ М.: Изд-во РИА, 2003.— С. 90-100.
4. Гольнев Д. М. Автоматизированное управление производством асфальтобетона с использованием экспертных систем. Новое в инвестиционных процессах и технологиях строительного производства/ Д. М. Гольнев, Д. Н. Суворов/ М., РИА, 2001.— С. 134-141.
5. Доценко А. И. К вопросу о концепции управления качеством изделия/А. И. Доценко, Е.С: Усачев, М.: МИКХиС. 2004.— С. 45-51.
6. Доценко А. И. Общие принципы построения комплексной системы управления качеством асфальтобетона/А. И. Доценко, С. В. Римкевич//Академия проблем качества Российской Федерации, Московский государственный строительный университет: Механизации и автоматизация строительства и строительной индустрии. Сб. науч. тр.— М., 2004.— № 1.— С. 73-78.
7. Косенко Е.А. Разработка математических моделей и методов оптимизации состава и режимов работы комплекта машин для ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Автореферат канд.диссертации. М.: МАДИ, 2016 г.

Современные строительные материалы

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры,
г. Харьков, Украина*

Для транспортирования бетонных и растворных смесей в настоящее время применяется целая группа различных растворобетононасосов и бетононасосов. Они бывают прямоточные и противоточные, могут иметь электрический либо гидравлический привод рабочего органа, поршневые и беспоршневые бетононасосы. Каждая из машин обладает рядом преимуществ и недостатков по сравнению друг с другом. Растворобетононасосы, помимо транспортирования бетонных смесей, также используются в комплектах малогабаритного оборудования для проведения торкрет-работ мокрым способом. Одним из вариантов для таких целей могут служить шланговые бетононасосы при проведении торкрет-работ.

Универсальный шланговый бетононасос нового конструктивного решения, представленный на рис. 1, заслуживает внимания, прежде всего, своими расширенными возможностями использования, и стабилизацией условий подачи строительных смесей при гидравлическом управлении [1]. Универсальность насоса позволяет работать на широком диапазоне его производительностей ($P_{\text{техн}} = 5 \dots 20 \text{ м}^3/\text{ч}$) при использовании шлангов соответствующего диаметра.

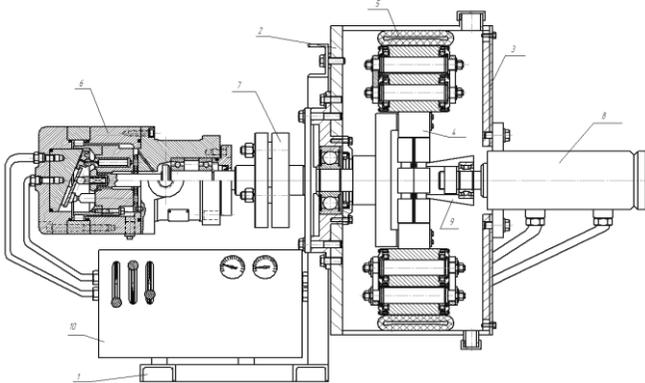


Рис. 1. Схема беспоршневого универсального бетононасоса нового конструктивного решения с гидравлическим приводом: 1 – рама; 2 – корпус насоса; 3 – крышка корпуса; 4 – ротор с роликами; 5 – гибкий шланг; 6 – гидромотор; 7 – муфта; 8 – гидроцилиндр; 9 – конический наконечник; 10 – гидрораспределительный узел

При переводе бетононасоса на гидравлический привод его возможности расширяются. Бесступенчатое плавное переключение рабочих скоростей бетононасоса также способствует повышению срока его службы.

Гидравлический привод позволяет отказаться от применения громоздких и малонадежных редукторов, значительно упростить обслуживание и уменьшить их себестоимость. При этом в несколько раз снижаются энергозатраты. Его надежность работы подтверждается результатами проведения исследований.

Эффективность работы универсальных беспоршневых бетононасосов оценивается такими показателями: работоспособностью, надежностью и сведением до минимума пульсаций подачи бетонной смеси трубопроводом потребителю.

Для оценки **работоспособности** бетононасоса рассматривается схема представленная на рис. 2.

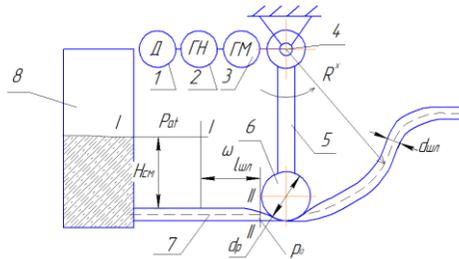


Рис. 2. – Расчетная схема для определения работоспособности шлангового бетононасоса: 1 – двигатель; 2 – гидронасос; 3 – гидромотор; 4 – приводной вал ротора; 5 – ротор; 6 – ролик; 7 – шланг; 8 – загрузочный бункер бетононасоса.

На основании уравнения Бернулли уровень бетонной смеси $H_{б.см}$ относительно сечений I-I и II-II, определяется как:

$$H_{б.см} = \frac{P_0 - P_{ат}}{\rho_0 g} + (1 + \zeta_{\Sigma}) \frac{v_{см}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (1)$$

где: $H_{б.см}$ – высота столба бетонной смеси в загрузочном бункере насоса, м, (принято $H_{б.см} = 0,255$ м);

P_0 и $P_{ат}$ – соответственно давления за роликом в шланге и атмосферное, Па;

ρ_0 – средняя плотность бетонной смеси, кг/м³;

ζ_{Σ} и $v_{см}$ – соответственно суммарные коэффициенты, характеризующие потери давления в насосе и скорость движения бетонной смеси в трубопроводе.

Скорость движения смеси в трубопроводе может быть найдена согласно зависимости:

$$v_{см} = 2\pi n R^*, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где R^* – радиус, равный расстоянию между центрами приводного вала ротора бетононасоса и шланга, (рис. 2) по которому за счет воздействия вращающихся роликов осуществляется продвижение смеси, м, ($R^* = 0,24$ м).

$$v_{см} = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,24 = 1,5, \text{ м/с.}$$

при $n = 0,5 \text{ с}^{-1}$.

$$v_{см1} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,24 = 0,7536, \text{ м/с.}$$

$$\zeta_{\Sigma} = \zeta_{вх} + \zeta_{тр}, \quad (3)$$

где: $\zeta_{вх}$ и $\zeta_{тр}$ – соответственно коэффициенты сопротивлений при входе бетонной смеси в шланг, ($\zeta_{вх} = 1,0$) [2];

$\zeta_{тр}$ – коэффициент трения, учитывающий общее сопротивление при движении бетонной смеси по шлангу (трение имеет место при контакте смеси с внутренней поверхностью шланга по всей его длине):

$$\zeta_{тр} = k_f \frac{l_{шл}}{d_{шл}},$$

где $l_{шл}$ и $d_{шл}$ – соответственно длина и диаметр шланга, м, (принято $l_{шл} = 0,8 \text{ м}$);

k_f – коэффициент трения учитывающий сопротивление движению смеси по длине трубопровода

$$k_f = \frac{64}{\text{Re}}, \quad \text{Re} = \frac{v_{см} d_{шл}}{\mu_б},$$

где $\mu_б$ – коэффициент кинематической вязкости бетонной смеси, ($\mu_б = 0,0136$), $\text{м}^2/\text{с}$.

$$\text{Re} = \frac{1,5 \cdot 0,07}{0,0136} = 7,72. \quad \lambda = \frac{64}{7,72} = 8,29. \quad \zeta_{тр} = 8,29 \frac{0,8}{0,07} = 94,74. .$$

$$\zeta_{\Sigma} = 1,0 + 94,74 = 95,74. .$$

Величина давления p_0 определяется из уравнения (1), Па

$$p_0 = \rho_0 g H_{б.см} + p_{атм} - (1 + \zeta_{\Sigma}) \rho_0 \frac{v_{см}^2}{2}. \quad (4)$$

$$p_0 = 2200 \cdot 10 \cdot 0,255 + 1 \cdot 10^5 - (1 + 95,74) 2200 \frac{1,5^2}{2} = -833821,5 \text{ Па} = -0,8338215 \text{ МПа.}$$

Результат расчета p_0 свидетельствует об образовании за вращающимся роликом ротора вакуума, что способствует всасыванию в шланг новой порции бетонной смеси из загрузочного бункера.

Таким образом условие работоспособности шлангового бетононасоса можно определить исходя из ниже приведенного неравенства:

$$\rho_0 g H_{\text{б.см}} + p_{\text{атм}} \geq (1 + \zeta_{\Sigma}) \rho_0 \frac{v_{\text{см}}^2}{2}, \text{ Па.} \quad (5)$$

При соблюдении указанного условия (5) шланг бетононасоса максимально заполняется бетонной смесью.

Надежность шлангового бетононасоса рассматривается согласно приведенным структурным схемам, рис. 3, 4.

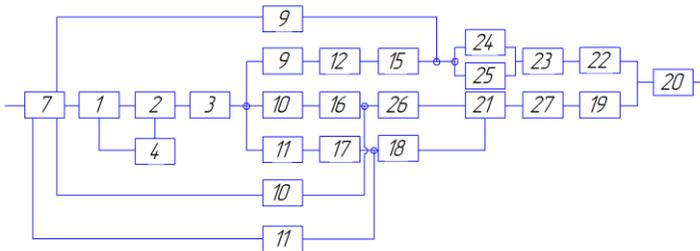


Рис. 3. Структурная схема беспоршневого универсального бетононасоса с гидравлическим приводом: 1 - бак; 2 - насос; 3 - фильтр; 4 - предохранительный клапан; 9, 10, 11 - гидрораспределители; 7 - обратный клапан; 12 - регулятор потока; 15, 16 - высокомоментные гидромоторы; 17 - гидроцилиндр; 18 - конический наконечник; 19 - беспоршневой бетононасос с гидравлическим приводом; 20 - гибкий шланг; 21 - ротор с роликами; 22 - бункер с бетонной смесью; 23 - ворошитель; 24, 25, 26 - подшипники; 27 - ролик

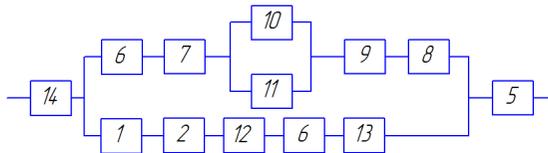


Рис. 4. Структурная схема беспоршневого универсального бетононасоса с механическим приводом: 1, 6 - моторредукторы; 2, 7 - муфта; 5 - гибкий шланг; 8 - бункер с бетонной смесью; 9 - ворошитель; 10, 11, 12 - подшипники; 13 - ролик; 14 - электрический пускатель

Проведенные предварительные расчеты вероятности безотказной работы трубопроводов показали, что она составляет $P_{mp}^- \approx 1$, то есть ею можно пренебречь. Зависимости для расчета безотказной работы бетононасоса согласно представленным структурным схемам выглядят следующим образом:

– для бетононасоса с гидравлическим приводом

$$P_{\Sigma}^{-}(t) = \left[\begin{array}{l} \left[P_7^{-} (P_1^{-} P_2^{-} + P_4^{-} - P_1^{-} P_2^{-} P_4^{-}) P_3^{-} P_9^{-} P_{12}^{-} P_{15}^{-} + P_9^{-} - P_7^{-} (P_1^{-} P_2^{-} + P_4^{-} - P_1^{-} P_2^{-} P_4^{-}) P_3^{-} P_9^{-} P_{12}^{-} P_{15}^{-} \right] \times \\ \times \left(P_{24}^{-} + P_{25}^{-} - P_{24}^{-} P_{25}^{-} \right) P_{23}^{-} P_{27}^{-} + \left[\begin{array}{l} \left(P_{10}^{-} P_{16}^{-} + P_{10}^{-} - P_{10}^{-} P_{16}^{-} \right) P_{26}^{-} P_{21}^{-} P_{27}^{-} P_{19}^{-} + \\ + \left(P_{11}^{-} P_{17}^{-} + P_{11}^{-} - P_{11}^{-} P_{17}^{-} \right) P_{18}^{-} - \\ - \left(P_{10}^{-} P_{16}^{-} + P_{10}^{-} - P_{10}^{-} P_{16}^{-} \right) P_{26}^{-} P_{21}^{-} P_{27}^{-} P_{19}^{-} \times \\ \times \left(P_{11}^{-} P_{17}^{-} + P_{11}^{-} - P_{11}^{-} P_{17}^{-} \right) P_{18}^{-} \end{array} \right] \times \end{array} \right] P_{20}^{-}, \quad (6)$$

– для бетононасоса с механическим приводом

$$P_{\Sigma}^{-}(t) = P_{14}^{-} \left[\begin{array}{l} P_6^{-} P_7^{-} P_8^{-} P_9^{-} (P_{10}^{-} + P_{11}^{-} - P_{10}^{-} P_{11}^{-}) + P_1^{-} P_2^{-} P_{12}^{-} P_6^{-} P_{13}^{-} - \\ - P_6^{-} P_7^{-} P_8^{-} P_9^{-} (P_{10}^{-} + P_{11}^{-} - P_{10}^{-} P_{11}^{-}) P_1^{-} P_2^{-} P_{12}^{-} P_6^{-} P_{13}^{-} \end{array} \right] P_5^{-}. \quad (7)$$

Согласно литературным данным [3, 4] определяется интенсивность отказов отдельных элементов бетононасоса (табл. 1).

Таблица 1. Интенсивность отказов элементов ГА

Интенсивность отказов	$\lambda \cdot 10^{-6}$, годин ⁻¹	Интенсивность отказов	$\lambda \cdot 10^{-6}$, годин ⁻¹
Трубопровод	0,7	Муфта	0,025
Электродвигатель	6,3	Подшипники	0,875
Гидромотор	1,45	Ролики	0,5
Предохранительный клапан	6,3	Пускатель электрический	16,1
Обратный клапан	3,27	Вал	0,025
Насос шестеренный с электроприводом	13,5	Мотор-редуктор	38,5
Бак	0,48	Ротор	0,35
Регулятор расхода	2,14	Шланг	3,93
Гидроцилиндр	0,01	Резервуары	0,18
Гидрораспределитель	1,0	Фильтр	0,4

Во время подачи смеси по шлангу принято что под действием центрального ролика верхняя стенка шланга сжимается таким образом, что между стенками шланга образуется щель, высота которой равна $h_{щ}$ при примерной длине $l = \frac{\pi}{2} d_{шл}$. При этом преодолевается усилие, обусловленное жесткостью шланга.

Мгновенная подача на выходе из насоса $Q_{н.м}$ определяется исходя из движения смеси по шлангу вследствие вращения ротора бетононасоса $Q_{бн}$ и возможного появления обратного движения смеси через щель ($h_{щ} \frac{\pi}{2} d_{шл}$)

$Q_{возвр}$ – движение смеси в шланге под двящим роликом в результате перепада давлений $\Delta p_{щ}$.

Соответственно согласно принятой физической модели движения смеси по шлангу бетононасоса мгновенная подача на его выходе может быть определена из зависимости:

$$Q_{нм} = Q_{бн} - Q_{возвр} \quad (8)$$

Подача бетононасоса обусловлена движением смеси по шлангу вследствие вращения ротора бетононасоса определяется из уравнения:

$$Q_{бн} = S_{мш} v_{л}, \quad (9)$$

где: $S_{мш}$ – мгновенная площадь шланга бетононасоса;

$v_{л}$ – линейная скорость движения смеси по шлангу при наличии радиуса R^* (рис.2).

В формуле (9) линейная скорость определяется исходя из зависимости:

$$v_{л} = 2\pi n R^* \quad (10)$$

где n – количество оборотов в единицу времени ротора бетононасоса.

Мгновенная площадь шланга бетононасоса может быть определена как

$$S_{мш} \approx \frac{\pi d_{шк}^2}{4}, \quad (11)$$

При этом погрешность от такой замены не превышает 3%, в таком случае, зависимость (9) выглядит следующим образом:

$$Q_{бн} = 2\pi \frac{\pi d_{шк}^2}{4} n R^* = \frac{\pi^2 d_{шк}^2}{2} n R^* \quad (12)$$

Возврат смеси через щель в шланге площадью $S_{мш}$ в результате перепада давлений можно представить как:

$$Q_{возвр} = k_{щ} h_{щ} \frac{\pi}{2} d_{щ} \sqrt{\frac{2}{\rho_0} \Delta p_{щ}}, \quad (13)$$

где $k_{щ}$ – коэффициент, учитывающий расход смеси через щель, для щелевых щелей $k_{щ} = 0,62$ [5].

Перепад давлений в области щели $\Delta p_{щ}$ исходя из зоны нагнетания смеси n -ым количеством роликов

$$\Delta p_{щ} = \frac{\Delta p_n}{n},$$

где: Δp_n - перепад давления в насосе относительно начала всасывания смеси; n - количество роликов, которые находятся со стороны нагнетания.

Зависимость (13) можно представить как

$$Q_{\text{возвр}} = k_{\text{щ}} h_{\text{щ}} \frac{\pi}{2} d_{\text{щ}} \sqrt{\frac{2\Delta p_n}{n\rho_0}} \quad (14)$$

Следует отметить, что зависимость (14) правомерно использовать для местных сопротивлений, расположенных на больших расстояниях друг от друга. Для местных сопротивлений, расположенных последовательно на небольшом расстоянии друг от друга, что имеет место в предлагаемом нами универсальном бетононасосе, для расчета $Q_{\text{возвр}}$, следует использовать следующую формулу [6]

$$Q_{\text{возвр}} = k_{\text{п д}} h_{\text{щ}} \frac{\pi}{2} d_{\text{щ}} \sqrt{\frac{2}{\rho_0} \Delta p_n}, \quad (15)$$

где $k_{\text{п д}}$ – эквивалентный коэффициент учитывающий расход смеси при последовательно расположенных роликах, определяется согласно зависимости:

$$k_{\text{эпр}} = k \frac{k_i}{\sqrt{n}}, \quad (16)$$

где k – эмпирический коэффициент, учитывающий потери на трение и взаимное влияние щелей, ($k \approx 1,27$) [6]; k_i – коэффициент расхода смеси через одну щель, $k_i = k_{\text{щ}} = 0,62$; z – количество последовательно соединенных дросселей (равноценно количеству роликов, находящихся со стороны нагнетания смеси).

При этом количество роликов, которые находятся со стороны нагнетания смеси z , в зависимости от конструкции ротора насоса. Для бетононасоса, выполненного согласно схеме рис.1, ($z = 3$).

Неравномерность подачи бетонной смеси бетононасосом определяется коэффициентом неравномерности подачи [7].

$$\delta_n = \frac{Q_{\text{бн max}}}{Q_{\text{бн ср}}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{бн max}}$ и $Q_{\text{бн ср}}$ – соответственно максимальная и средняя подача бетононасоса.

Максимальная подача бетононасоса, с учетом зависимостей, приведенных выше, определяется при максимальном значении $z = z_{\max}$, где z_{\max} – максимальное количество работающих роликов в зоне нагнетания бетононасоса.

$$Q_{\text{бн max}} = \frac{\pi}{2} d_{\text{шл}} (d_{\text{шл}} \pi n R^* - k_{\text{эпр}} h_{\text{шл}} \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{бн}}}{\rho_0}}). \quad (18)$$

Среднее значение подачи смеси бетононасосом определяется при $v = v_{\text{ср}}$.

$$Q_{\text{бн ср}} = \pi R_{\text{шл}}^2 v_{\text{ср}} = \frac{\pi d_{\text{шл}}^2}{4} (v_1 + v_2), [8] \quad (19)$$

где: $R_{\text{шл}}$ – радиус шланга;

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения бетонной смеси по шлангу.

Средняя скорость движения смеси по шлангу при гидравлическом управлении бетононасосом определяется как

$$v_{\text{ср}} = \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \quad (20)$$

В конечном итоге, коэффициент неравномерности подачи определяет как:

- при гидравлическом приводе

$$\delta_{\text{бнг}} = \frac{4(d_{\text{шл}} \pi n R^* - k_{\text{эпр}} h_{\text{шл}} \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{бн}}}{\rho_0}})}{d_{\text{шл}} (v_1 + v_2)} \quad (22)$$

- при механическом приводе

$$\delta_{\text{бнм}} = \frac{4(d_{\text{шл}} \pi n R^* - k_{\text{эпр}} h_{\text{шл}} \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{бн}}}{\rho_0}})}{d_{\text{шл}} v_{\text{л}}} \quad (23)$$

Принимая конструктивные параметры спроектированного универсального шлангового бетононасоса: $d_{\text{шл}} = 58$ мм; $R^* = 262$ мм; $n = 45$ мин⁻¹; $h_{\text{шл}} = 1$ мм; $\rho_0 = 1800$ кг/м³; $\Delta p_{\text{бн}} = 1,5$ МПа.

$$\delta_{\text{бнг}} = \frac{4(0,058 \cdot \pi \cdot 0,262 - 0,118 \cdot 0,001 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^6}{1800}})}{0,058(1,348 + 1,46)} = 1,056$$

$$\delta_{\text{бн.м}} = \frac{4(0,058 \cdot \pi \cdot 0,262 - 0,118 \cdot 0,001 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^6}{1800}})}{0,058 \cdot 1,23} = 1,608$$

Примеры расчетов $\delta_{\text{бн.г}}$ и $\delta_{\text{бн.м}}$ показали, что бетононасос с гидравлическим по сравнению с механическим приводом позволяет уменьшить пульсации на 30%.

Выводы:

1. Приведена схема нового беспоршневого универсального шлангового бетононасоса с гидравлическим приводом.

2. Определены условия, обеспечивающие работоспособность беспоршневого шлангового бетононасоса с гидравлическим приводом.

3. Найдены зависимости для расчета вероятности безотказной работы универсального шлангового бетононасоса.

4. Степень неравномерности подачи смеси шланговым бетононасосом определена для двух видов привода: гидравлического и механического (пульсации при гидроприводе у бетононасоса уменьшаются на 30%).

Список литературы

1. Емельянова И.А., Чайка Д.О. Беспоршневые универсальные бетононасосы нового конструктивного решения с гидравлическим приводом для условий строительной площадки / Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту ISSN 1994-7852, випуск 159, Харків. – 2016. – 125с.

2. Приходько О.А. Технічна аерогідромеханіка: навч. посіб. / О.А. Приходько, Д.О. Сьомін. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля. – 2002. – 170с.

3. Фінкельштейн З.Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. / З.Л. Фінкельштейн, П.М. Андренко, О.В. Дмитрієнко; під ред. проф. П.М. Андренка. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2014. – 308 с.

4. Электрогидравлические следящие системы / Хохлов В.А., Прокофьев В.Н., Борисова Н.А. и др. ; под ред. В.А. Хохлова. – М.: Машиностроение, 1971. – 431 с.

5. Данилов Ю.А. Аппаратура объемных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики / Ю.А. Данилов, Ю.Л. Кирилловский, Ю.Г. Колпаков. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 с.

6. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления / Н.С. Гамынин. – М. : Машиностроение, 1972. – 376 с.

7. Кононенко А.П. Об’ємні гідравлічні машини гідроприводів / А.П. Кононенко Донецьк: ДВНЗ “ДонНТУ”, 2011. – 292 с.

8. Меленцов Н.А. Создание растворобетононасоса с повышенной пропускной способностью клапанных узлов и стабильной подачей бетонных смесей: Диссертация кандидата технич. Наук: 05.05.02/ Меленцов Николай Алексеевич. – Харьков, 2014 – 176с.

Кайтуков Б.А., Григорьева М.Н., Гутарин А.А.
**Автоматизация процессов производства железобетонных
изделий кассетным способом**

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

В гражданском и промышленном строительстве нашей страны около 90% сборного железобетона составляют типовые унифицированные конструкции, отвечающие требованиям заводской технологичности. За последние годы технология изготовления железобетонных изделий заметно усовершенствовалась. Современные технологии производства железобетонных изделий обеспечивают более широкие возможности предприятий по производству сборного железобетона разнообразить архитектурно-строительные решения.

Несмотря на внедрение новых систем производства, одним из популярных способов производства железобетонных изделий является кассетный способ, при котором формование и твердение изделий осуществляются в неподвижной вертикальной форме-кассете. Изготовление изделий в вертикальном положении резко сокращает производственные площади, что является важнейшим преимуществом этого способа.

Данная технология производства железобетонных изделий применяется на ДСК №1, Тушинском заводе ЖБК. Анализ существующего производства на ДСК №1 показал, что оборудование для дозирования, смешивания и транспортировки не обеспечивает требуемого качества и количества бетона, необходимого для обеспечения технологических линий Тушинского ЖБК, в том числе при кассетном способе производства

Подача бетонной смеси из бетоносмесительного узла (БСУ) в кассетные установки сопровождается большим объёмом ручного труда, низким уровнем автоматизации и механизации. Такое состояние производства предполагает глубокую модернизацию и автоматизацию всего технологического процесса производства.

В зависимости от назначения, мощности и особенностей объектов-потребителей приготовление бетонных смесей на заводах ЖБИ производят на специальных БСУ.

Первоочередной задачей данного обновления бетоносмесительного узла является подбор и расчет технологического оборудования по вертикальной компоновке, с последующей автоматизацией процессов дозирования, смешивания и транспортирования бетона.

Предварительный анализ позволил выбрать оптимальное количество необходимого оборудования для качественного выпуска бетона и железобетонных изделий в требуемом объеме.

Автоматизация дозирования компонентов бетонной смеси предполагает следующие операции:

- автоматизация режима загрузки дозатора компонентов,
- автоматизация системы задержки подачи компонентов и изменение дозирования;
- автоматизация процесса компенсирования погрешностей в загрузке компонентов бетонной смеси;
- автоматизация системы коррекции производственного процесса и автоматизация процесса стабилизации смеси по влагомеру.

Система автоматического дозирования воды входит в состав системы приготовления бетонных смесей и предназначена для контроля над уровнем влажности конечной смеси и достижения самого высокого уровня возможной точности дозирования (правильного выдерживания пропорций наполнители - цемент и водоцементного отношения). Это достигается измерением влажности наполнителя в расходных бункерах и всех материалов в смесителе в течение цикла смешивания.

Таким образом, определяется точное количество воды и наполнителей, которые будут добавлены для достижения желательного содержания влажности и выдерживания пропорций после смешивания.

Изменения в соотношении песок/наполнители влияет как на обрабатываемость смеси, так и на ее структуру. Если для любого заданного рецепта количество песка увеличивается, смесь быстро становится более жесткой, и как следствие, для сохранения ее удобоукладываемости должно быть добавлено больше воды. Это в свою очередь увеличивает водоцементное отношение, вследствие чего падает прочность. Поэтому необходимо не только обеспечение корректировок весов наполнителей, но и оптимальный контроль над дозированием воды в смеситель.

Для производства качественной бетонной смеси необходимо круговое впрыскивание воды в смеситель и автоматическая коррекция рецепта при изменении влажности песка и щебня с контролем в реальном времени влажности смеси. Поэтому, перед установкой в бетоносмесительный узел, смесители необходимо дорабатывать.

Конструктивная и технологическая проработка циклического бетоносмесителя принудительного действия СБ-138 и отдельных его элементов позволила увеличить ресурс смесителя и межремонтный срок службы всей технологической линии.

В зависимости от мощности двигателя и производительности нами установлен рациональный диапазон скоростей движения лопастей в пределах 2,6 ... 2,62 м/с. Анализ зарубежных бетоносмесителей позволил установить, что широко используются защитные футеровки. Это позволило увеличить срок службы в 1,2 ... 1,8 раза. Кроме того, с защитной футеровкой существенно снижается износ поверхностей рабочих органов смесителя.

Для определения оптимальной номенклатуры и количества бетоносмесителей были проведены расчеты часовой производительности исходя из мощности узла:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{г}} K_{\text{н}}}{T_{\text{г}}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где: $Q_{\text{г}}$ – годовая производительность, $\text{м}^3/\text{год}$;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности выдачи смеси;

$T_{\text{г}}$ – годовое количество часов рабочего времени, ч/год.

Необходимая суммарная емкость смесительных машин (по загрузке) в литрах:

$$W_{\Sigma} = \frac{1000 \cdot \Pi}{K_{\text{в}} \cdot K_{\text{и}} \cdot Z},$$

где: Π – заданная производительность;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент выхода смеси;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования оборудования по времени;

Z – число циклов(замесов) в час.

Число циклов определяется по зависимости:

$$Z = \frac{3600}{t_{\text{з}} + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{в}}},$$

где: $t_{\text{з}}$ – время загрузки сырьевых компонентов в смеситель, с;

$t_{\text{р}}$ – время разгрузки готовой смеси, с;

$t_{\text{п}}$ – время перемешивания, зависящее от состава смеси и типа смесительной машины, с;

$t_{\text{в}}$ – время закрытия разгрузочного раствора, с.

В результате модернизации смесителя, время, затрачиваемое на цикл, сократилось, что позволило увеличить производительность бетоносмесителя. Окончательно предложен вариант с 2-мя бетоносмесителями принудительного действия с емкостью по загрузке 1500 л.

Дозаторы в технологическую линию были выбраны по удобству их автоматизации с учетом назначения по компонентам смеси.

Для обеспечения технологического процесса производства бетона и непрерывности работы предприятия в составе смесительного завода предусматриваются расходные бункеры. Вместимость бункеров определяется из условия обеспечения бесперебойной работы технологической линии в течение нормируемого времени.

Для подачи цемента из силоса использовали установки нагнетательного типа. В соответствии с расходом воздуха подбирается оборудование для осаждения цемента – циклоны и обеспыливающее оборудование – фильтры.

На основании исходных данных, а также расчета объемов производства различных марок бетона, в работе установлено необходимое количество и номенклатура оборудования для транспортирования, хранения, дозирования, смешивания и оптимальное размещение его на площади существующего здания. Разработан поэтажный план монтажа выбранного оборудования и различных вспомогательных коммуникаций и транспортных средств.

Дальнейшая модернизация процесса производства ЖБИ на ДСК №1 предполагает автоматизацию изготовления изделий кассетным методом и мостового бетонораздатчика.

Для повышения производительности и качества выпускаемых изделий предлагается конструкция автоматизированного бетонораздатчика мостового типа. Бетонораздатчик обслуживает четыре кассетные установки, в каждой из которых установлено по 14 кассет.

Конструкция бетонораздатчика позволяет закрепить бункер на каретке мостового крана, который уже установлен на технологической линии. Бункер крепится к каретке мостового крана при помощи разработанной сварной конструкции. Крепление состоит из двух частей: неподвижной, которая крепится к самой каретке, и подвижной, на которую установлен бункер.

Учитывая особенности технологического процесса и расположение технологических объектов на линии, бетонораздатчику необходимо работать на разных уровнях и позициях: загрузка бункера бетонной смесью осуществляется на большей высоте, чем укладка смеси в кассету. С целью обеспечения различных положений бункера был разработан механизм подъема-опускания бункера, выполненный в виде цепного полиспаста, который дает возможность поднимать и опускать бункер и зафиксировать верхнее и нижнее положение бункера.

Цепной полиспаст, позволяющий поднимать и опускать бункер с бетонной смесью, состоит из следующих основных частей: гидроцилиндр для подъема-опускания бункера, установленный вертикально и закрепленный на неподвижной части; блок на штоке гидроцилиндра, выполненный в виде двух звездочек; две роликовые приводные цепи, которые за счет зацепления позволяют поднимать и опускать бункер, закрепленные у основания гидроцилиндра на неподвижной части конструкции и бункере.

Пропускная способность бункера бетонораздатчика

$$P = Sv, \text{ м}^3/\text{с},$$

где S – площадь выпускного отверстия бункера, м^2 ;
 v – скорость истечения материала, $\text{м}/\text{с}$.

Скорость истечения материала:

$$v = \lambda \sqrt{3,2Rg}, \text{ м}/\text{с},$$

где λ – коэффициент истечения бетонной смеси. $\lambda = 0,4 \dots 0,8$;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

R – гидравлический радиус, м.

Гидравлический радиус:

$$R = S/P, \text{ м,}$$

где P – периметр отверстия, м.

Время освобождения бункера от бетонной смеси:

$$T = V_6/\Pi, \text{ м/с,}$$

где V_6 – объём бункера, м^3 .

Производительность бетонораздатчика:

$$\Pi_6 = \frac{60V_6 Z_{изд} K_p K_v}{T_{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где: V_6 – объём бетона, м^3 , $V=2 \text{ м}^3$;

$Z_{изд}$ – количество одновременно формуемых изделий, шт; $Z_{изд}=1$;

K_p - коэффициент разрыхления бетонной смеси, $K_p = 1,12 \dots 1,2$;

K_v – коэффициент использования машины по времени, $K_v = 0,85 \dots 0,95$;

$T_{ц}$ – время цикла.

Время цикла ($T_{ц}$) складывается из времени наполнения бункера укладчика смесью, времени перемещения укладчика к форме, времени укладки смеси в форму, времени перемещения укладчика в исходное положение (под загрузку).

На технологической линии установлены конечные выключатели, бункер и кассетные установки оборудованы датчиками уровня заполнения материала, работа электроприводов контролируется блоками управления, находящимися на щите или пульте.

Автоматизированы следующие процессы: приготовление бетонной смеси; перемещение бетонораздатчика к месту его загрузки; подача бетонной смеси из БСУ с помощью ленточного конвейера; заполнение бункера бетонораздатчика; перемещение бетонораздатчика к формуемому изделию; укладка бетонной смеси в форму с соблюдением технологических требований; возвращение бетонораздатчика в исходное положение.

Предложенная автоматизированная система управления производственным процессом производства бетона позволяет с высокой точностью производить дозирование компонентов будущего строительного материала.

Автоматизированный процесс обладает более стабильными характеристиками, чем процесс, выполняемый в ручном режиме, что позволило повысить производительность, сократить время выполнения процесса, снизить стоимость, увеличить точность и стабильность выполняемых операций и увеличить межремонтные сроки работы оборудования.

Автоматизация процесса производства ЖБИ кассетным способом позволила осуществить управление оборудованием и операциями дистанционно с помощью использования датчиков, компьютеров и программного обеспечения, что значительно сокращает степень участия человека в процессе производства.

Повышение механизации и автоматизации технологического процесса производства ЖБИ позволяет повысить производительность технологической линии, а также повысить качество изготавливаемых изделий.

Список литературы

1. Пуляев С.М., Степанов М.А., Кайтуков Б.А., Лукьянов Н.А., Дьяконов Н.А., Капырин П.Д. Механическое оборудование и технологические комплексы: учебное пособие. – Москва: МГСУ, 2015. 480 с.

2. Густов Ю.И., Степанов М.А., Кайтуков Б.А. Анализ конструктивно-расчетных схем бетоносмесителей // Механизация строительства. - 2013. - №12. - С. 30-31.

Мандровский К.П.

Возможные перспективы развития систем мониторинга дорожных машин при управлении эффективностью и техническом аудите

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

Целью работы является рассмотрение актуальных направлений развития систем оперативного получения и обработки информации в сфере эксплуатации дорожных машин. Приведены возможные варианты мониторинга, представлены схемы с описанием общей последовательности действий.

В качестве показателей-критериев, на базе которых осуществляется принятие решений, предлагаются: себестоимость единицы продукции с учётом затрат на владение, представляющая суммарные денежные затраты, соотношённые с единицей полезной работы, выполняемой при помощи технического средства; условный угол раскачивания, применяемый при оценке динамической устойчивости машины, соответствующий перемещениям в конструкции за счёт люфтов, без отрыва опор от основания; допустимое время транспортного перемещения машины по дороге общего пользования, определяемое из условия локализации скапливающегося затруднения на участке дороги, лишенного перекрёстков.

Технический аудит может быть использован для оценки объекта на предмет поиска нераскрытого потенциала в технической и экономической сфере [1-3]. Процедуру отслеживания эксплуатационных характеристик машин при помощи автоматизированных систем с последующим анализом полученных данных можно назвать мониторингом эффективности [4]. Для технического аудита необходима исходная информация, которую можно получить при мониторинге, что позволяет рассматривать аудит и мониторинг как два взаимодополняющих мероприятия.

Себестоимость единицы продукции с учётом затрат на владение (СЕПВ) позволяет соизмерить понесённые издержки с количеством выполненной работы, что делает удобным использование данного показателя в качестве критерия оценки технико-экономической эффективности машин. Похожие показатели можно найти, например, в агропромышленном комплексе [5]. При этом СЕПВ стремится к лучшим значениям (минимуму) при низкой безопасности и качестве работ, поэтому целесообразно ввести соответствующие ограничения [6].

Рассмотрим, каким должен быть аудит и мониторинг на различных примерах [7-8].

Если предприятие специализируется на выполнении различных видов работ узкой направленности (например, земляных работ), то было бы целесообразным определить характеристики идеальной для данного предприятия машины (например, экскаватора), реализовав *расширенный мониторинг технико-экономической эффективности* (рис. 1). При этом необходимо убедиться в наличии единственного решения данной задачи.

Идеальную машину нужно из чего-то выбрать. Можно создать массив всех принципиально возможных комбинаций технических свойств или рассмотреть все предложения на рынке, можно ограничиться объёмом парка, который есть у предприятия.

В результате будет выборка некоторого объёма, состоящая из экскаваторов с различными техническими характеристиками. В выборке можно найти характеристики, являющиеся общими для нескольких машин. Каждое из свойств может дать преимущество в эксплуатации. Знание об общих свойствах позволит упростить процедуру поиска, поэтому наборы таких свойств необходимо найти и обосновать.

Машины в выборке необходимо сгруппировать по наборам одинаковых характеристик, при этом другие характеристики у машины в группе могут быть уникальными.

В сфере эксплуатации машин также присутствуют различные наборы условий. Одни из них возникают при использовании машины по назначению, другие возникают при обслуживании и ремонте; третьи можно назвать внешними, это затраты на погашение налоговых задолженностей и др.. Можно выделить три уровня рассмотрения эксплуатационных свойств: массив всех принципиально-возможных условий, набор условий в рассматриваемом регионе, набор условий на строительных объектах предприятия.

В завершении рассмотрения свойств машин и эксплуатационных свойств имеют место выборка условий и выборка машин. Необходимо сопоставить одну выборку с другой, т.е. определить, какой будет величина СЕПВ для рассматриваемой машины в рассматриваемых условиях. Знание величины критерия позволит получить ответ на вопрос, какая из рассматриваемых машин лучше всего подходит к рассматриваемым эксплуатационным условиям.

Для расчёта СЕПВ необходим значительный объём исходных данных, который практически невозможно собрать без использования специализированных средств. СЕПВ используется для определения вариантов наилучшего использования потенциала рассматриваемых машин, поэтому данный набор действий можно классифицировать как технический аудит с использованием мониторинговой системы.



Рис. 1. Расширенный мониторинг технико-экономической эффективности

Можно использовать следующий обобщённый порядок действий при реализации расширенного мониторинга (рис. 1):

1. Сбор исходной информации о характеристиках машин
2. Структуризация списка по общему признаку. Например, разделение экскаваторов с массой до 20 т и более 20 т.
3. Обоснование наборов условий, влияние которых на эффективность следует оценить. Например: эксплуатационные условия; характеристики надёжности и эргономики; величина стоимости топлива; величина стоимости сервиса.

4. Детализация каждого из наборов условий. Например, рассмотрение того, что конкретно нужно включить в эксплуатационные условия: объем работ; глубина и ширина котлована; прочность разрабатываемого грунта; стоимость перебазирования; использование экскаватора по времени в течение смены.
5. Задание диапазонов значений характеристик из набора.
6. Структуризация комбинаций крайних значений характеристик по общему признаку. Например, определение набора численных значений характеристик, для которых величина СЕПВ будет снижаться.
7. Производство расчётов (варьирование одной характеристики по очереди для каждого из наборов) на специализированных математических моделях и составление результатов.
8. Построение графиков значений СЕПВ и других значимых (при необходимости) показателей, для каждой из машин для варьируемой характеристики.
9. Анализ результатов.
10. Разработка рекомендаций (управляющих воздействий) для передачи по каналу обратной связи.

Если набор условий прост (пункт 3), т.е. сводится к одному показателю, (например, стоимость топлива) то пункты 4 и 5 не нужны.

Если перед предприятием стоит задача выполнить некоторый объём работ с малой вероятностью того, что в будущем такую работу придётся выполнять снова, то не смысла рассматривать весь спектр условий, возникающих при эксплуатации. Также не имеет смысла рассматривать большую выборку машин, ограничившись таким её объёмом, который доступен. Здесь можно определить СЕПВ для каждой из машин выборки и произвести поиск машин с лучшим значением критерия, реализовав *экспресс-мониторинг технико-экономической эффективности*. В таких условиях необходим анализ базы данных по предыдущим объектам эксплуатации рассматриваемых машин с целью назначения исходных данных к расчётам.

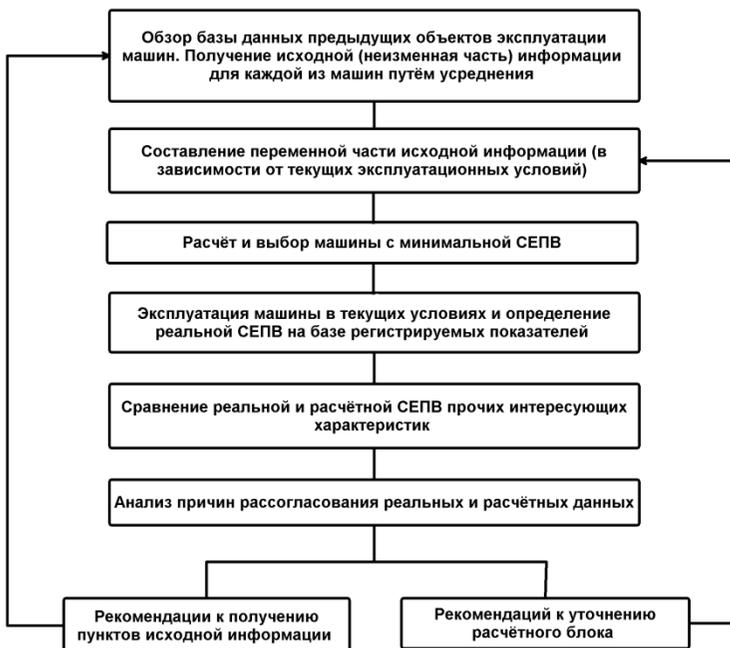


Рис. 2. Схема экспресс-мониторинга технико-экономической эффективности

Структура метода (рис. 2):

- сбор исходной информации о характеристиках сравниваемых машин;
- производство расчётов на **универсальных математических моделях**;
- составление перечня результатов расчёта;
- анализ результатов;
- разработка рекомендаций по каналу обратной связи.

Если рассматривается вопрос оснащения имеющейся на предприятии техники новыми системами с целью улучшения показателей функционирования машин или качества выполняемых с их помощью работ, то можно применить *мониторинг эффективности внедрения новых систем в управлении машинами*. Внедряемая система имеет свою цену на монтаж и эксплуатацию, также необходимо затратить средства на переподготовку оператора машины. Появляются новые статьи единовременных и текущих расходов. При этом должен быть эффект, по положительному значению превышающий затраты при его достижении. Эффект может выражаться в снижении потребления энергоресурсов, повышении производительности или качества выполняемых работ.

Машина приобретает новые свойства, дающие возможность другого варианта использования в прежних эксплуатационных условиях, что должно отразиться на величине себестоимости единицы продукции.

Если сравнить СЕПВ старой машины с данным показателем для обновлённого технического средства, то полученная разница позволит ответить на вопрос о целесообразности внедрения новых систем.



Рис. 3. Схема мониторинга эффективности новых систем управления

Структура метода (рис. 3):

- сбор исходной информации о характеристиках сравниваемых машин;
- повторный сбор исходной информации после внедрения системы;
- производство расчётов на универсальных математических моделях;
- анализ результатов;
- разработка рекомендаций для передачи по каналу обратной связи.

Если производитель хочет определить характеристики вновь создаваемой машины, обладая которыми, можно будет обеспечить превосходство над аналогами, то необходим *мониторинг эффективности с коррекцией параметров*. Здесь необходимо собрать данные об аналогах и назначить предполагаемые свойства (исходные данные для расчёта СЕПВ) для вновь создаваемого образца. После этого необходимо произвести варьирование всех пунктов исходной информации для создаваемого образца и определить диапазоны изменения исходных данных из условия превосходства над аналогами по критерию СЕПВ и другим интересующим показателям. Например, таким образом можно назначить стоимость машины, с которой она будет дешевле в эксплуатации в сравнении с прототипами.

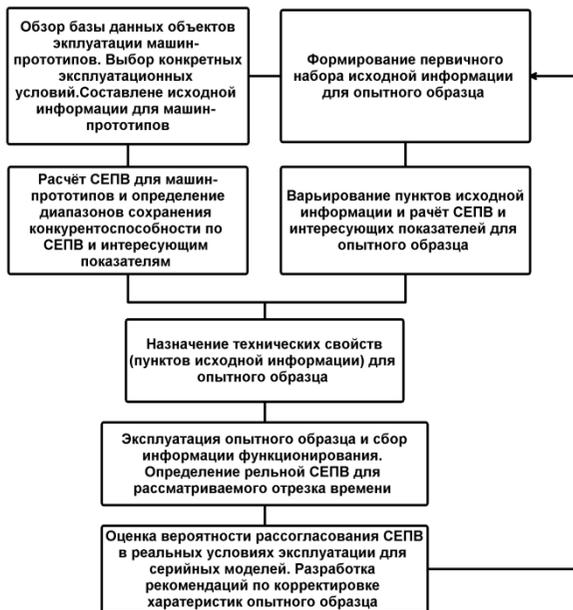


Рис. 4. Схема мониторинга эффективности с коррекцией параметров

Структура метода (рис. 4):

- сбор исходной информации о характеристиках сравниваемых машин;
- расчёт на универсальных математических моделях;
- определение машины, для которой будет осуществлена корректировка параметров;
- варьирование пунктов исходной информации для выбранной машины и производство расчётов;
- построение графиков и выявление верхнего и нижнего интервала сохранения конкурентоспособности по СЕПВ;
 - выявление допустимых значений параметров и показателей пунктов исходной информации, при значениях которых рассматриваемая машина сохраняет конкурентоспособность;
 - анализ результатов – выявление характеристик, которые допустимо изменить в реальной эксплуатации;
- разработка рекомендаций для передачи по каналу обратной связи

Если предприятие осуществляет эксплуатацию машин с рабочим оборудованием, пригодным для выполнения грузоподъёмных операций, а доля подъёмно-транспортных работ от общего объёма велика, то может оказаться интересным *мониторинг безопасности транспортных перемещений грузов.*

При производстве подобных работ на одном из первых мест стоит безопасность их выполнения, по достижении которой можно принимать во внимание и другие показатели функционирования.

Если снять с оператора часть труда по контролю устойчивости машины против опрокидывания, то ему будет гораздо проще осуществлять управление. При этом следует избегать необоснованного запаса устойчивости, снижающего эксплуатационные показатели при выполнении грузоподъемных работ. Рассмотреть каждый вид грузоподъемной операции без ветвления расчёта можно при помощи построения грузовых диаграмм на базе предельной величины условного угла раскачивания, определяемого величинами деформаций пневматиков или «люфтов» в конструкции. Грузовые диаграммы необходимо строить для различных кинематических характеристик движения, что позволит задать предельно допустимые значения последних для различных элементов рабочего цикла (как правило – для транспортных перемещений) при выполнении конкретных видов работ.



Рис. 5. Схема мониторинга безопасности транспортных перемещений грузов

Структура метода (рис. 5):

- определение типа математических моделей для расчёта устойчивости;
- сбор информации о машине (метод используется для каждой машины в отдельности) и составление исходной информации;
- производство расчётов и построение грузовых диаграмм;
- на базе исходной информации и грузовых диаграмм определение допустимого изменения времени транспортного перемещения, исходя из величины предельного условного угла раскачивания;
- разработка рекомендаций для передачи по каналу обратной связи.

Если дорожно-эксплуатационное осуществляет содержание дорожной сети с высокой загруженностью, то можно реализовать *мониторинг перемещений на дорогах общего пользования*. Можно назначить скоростной режим и допустимую дальность одновременного перемещения дорожной машины из условия локализации затруднения в результате работы машины на обслуживаемом в данное время участке дороги [9]. В том числе, это позволит снизить психологическую нагрузку на оператора, что в совокупности с обоснованным выбором скоростных режимов должно оказать влияние на качество и стоимость работ по содержанию. Функция мониторинга состоит в сборе информации о заторах и оценке результата от внедрения рекомендаций по выбору режимов движения.



Рис. 6. Схема мониторинга перемещений на дорогах общего пользования

Структура метода (рис. 6):

- определение расчётного случая;
- сбор информации о машине (метод используется для каждой машины в отдельности) и составление исходной информации.
- производство расчётов;
- определение допустимого времени транспортного перемещения из условий локализации образовавшегося затруднения на участке дороги до перекрёстка;
- разработка рекомендаций для передачи по каналу обратной связи.

Использование СЕПВ и показателей качества и безопасности работ позволяет выявить направления экономии денежных средств и технических ресурсов, что соответствует процедуре технического аудита. Для расчёта показателей необходима исходная информация, которую невозможно получить без использования систем мониторинга.

Современные мониторинговые системы позволяют собирать данные, но не предполагают определение обобщающих технико-экономических показателей, поэтому актуален вопрос рассмотрения концепций новых систем.

Список литературы

1. Вокина Е.Б. Основы промышленного и технического аудита // Вестник транспорта Приволжья. - 2011. - №5(29). - С. 21-27.
2. Палкин С.В. Технический аудит в системе менеджмента // Железнодорожный транспорт. - 2009. - №4. - С. 38-42.
3. Грунин И.Ю., Троицкий-Марков Т.Е. Инженерно-технический аудит на современном этапе // В мире неразрушающего контроля. - 2008. - №1(39). - С. 70-71.
4. Шестопалов К.К., Мандровский К.П. Обзор и анализ систем дистанционного контроля дорожных машин // Дорожная Держава. - 2015. - №61. - С. 34-37.
5. Субочев С.В., Немцев А.Е., Коптева И.В. Влияние основных показателей надежности на эффективность зерноуборочных комбайнов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. - 2014. - Т. 2. № 31. - С. 157-164.
6. Мандровский К.П. Системы мониторинга в управлении эффективностью и техническом аудите дорожных машин // Технические науки в России и за рубежом. V Международная научная конференция. - М.: Буки-Веди, 2016. - С. 75-78.
7. Мандровский К.П. Технический аудит и мониторинг эффективности эксплуатации дорожно-строительных машин // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы, как катализатор роста экономики государства. Международная научно-практическая конференция. - Красноярск: СФУ, 2016. - С. 138-142.
8. Мандровский К.П. Контроль характеристик эксплуатации дорожных машин как информационная основа технического аудита // Дорожная держава. - 2016. - №68. - С. 81-83.
9. Мандровский К.П. Задачи оптимизации скоростного режима комбинированных дорожных машин (КДМ) и положения теории транспортных потоков // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. - 2014. - №4(39). - С. 32-38.

Исследования процессов аэродинамической классификации сыпучих материалов в двухстадийном сепараторе

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.
Г. Макеевка. ДНР*

В работе проведены теоретические исследования рабочих процессов аэродинамической классификации и на их основе предложена конструкция сепаратора повышенной эффективности за счет регулирования однородности фракционного состава материала и размеров турбулентных вихрей в зоне разделения.

Разработана математическая модель движения частицы в зоне осаждения и определения диаметра равновесной частицы материала в камере разделения, основанная на уравнениях гидромеханики. Полученные результаты позволяют определять турбулентную миграцию частиц измельчаемого материала и масштабы ее влияния на процессы воздушной классификации газодисперсных потоков.

Актуальность работы.

Развитие промышленного потенциала, направленное на решение важнейших проблем, стоящих перед промышленностью, в первую очередь, топливных, энергетических, строительных, металлургических и других, не может быть реализовано без повышения эффективности промышленного оборудования, в том числе, без создания новых типов машин для дробления, измельчения и сепарации сыпучих материалов.

При строительной промышленности используется огромное количество различных насыпных материалов, которые подвергаются операции измельчения и сепарации. О серьезности этой проблемы можно судить по объемам материальных средств, затрачиваемых на измельчение разнообразных материалов. Так, только в дорожной отрасли на эти операции расходуется около 20 % всей электроэнергии, причем основная ее часть в виде тепла. И сегодня не создано машины, обеспечивающей дробление и сепарацию материала с заданными параметрами.

Это приводит к образованию переизмельченного продукта, что не позволяет достичь заданной тонкости помола. Одним из эффективных способов повышения тонкости помола и, соответственно, снижения энергозатрат, является своевременное удаление готового продукта из помольного агрегата [1].

В настоящее время сортировка осуществляется устройствами и машинами разной конструкции, применяемыми при помоле в замкнутом цикле и объединении помола с сушкой.

Вышеизложенное свидетельствует об актуальности проблемы разработки научной концепции совершенствования машин для сортировки сыпучих материалов с широким спектром их физико-механических свойств и, в первую очередь, гранулометрического состава. Одним из методов решения данной проблемы является создание нового типа машин с применением аэродинамической классификации в агрегатах сухого измельчения.

Анализ публикаций.

Существующие способы сепарации измельчаемого материала, как известно, обладают высокой энергоемкостью, малыми сроками службы, недостаточной сепарирующей способностью, нарушением процесса сепарации при повышенной влажности, выдачей грубых продуктов с высоким содержанием малых фракций, сложностью конструкции и т.п.

Физическими основами аэродинамической классификации являются принципы разделения потоков, которые применяются при методах механического отделения взвешенного материала в камерах для улавливания пыли, циклонах, гидроциклонах и центрифугах [2,3]. Требование однородных условий разделения в воздушных классификаторах, в некоторой степени, выполняется только в спиральных, где процессы, происходящие в плоском спиральном потоке, контролируются и их можно описать [4,5]. Во всех прочих применяются пространственные системы потока, а часто и несколько массовых сил, действующих в различных направлениях, например силы тяжести и центробежной. В практике математического моделирования процессов воздушной сортировки распространение получили детерминированные [6] и стохастические модели [7,8].

Существующие машины для воздушной сортировки не в полной мере отвечают требованиям, определяющим эффективность работы оборудования. Решением эффективной классификации является обеспечение для заданного диаметра равновесных частиц, необходимых параметров однородности турбулентного потока. Большой вклад в развитие теоретических подходов к воздушной классификации внесли работы известных ученых Г.Н. Абрамовича, Л.Г. Лойцянского, Брэдшоу П., Бусройда Р., Гильберта Б., А.С. Гиневского, А.Е. Смолдырева, Г.М. Островского и др.

Создание оборудования, отвечающего современным требованиям, возможно за счет принципиально новых технических решений с использованием аэродинамической классификации. Разработка новых типов машин для воздушной сепарации на основе использования турбулентных потоков и разрушения крупных вихрей является актуальной задачей применительно к подготовке материалов для строительной отрасли.

Целью работы является анализ динамики двухфазных турбулентных структур, образующихся при аэродинамической классификации, применительно к разработанной новой конструкции двухстадийного классификатора пневмораспределения полидисперсных смесей и для определения его оптимальных технических параметров.

Основной материал.

Модель движения частицы в стационарном потоке газа определяется совокупностью следующих уравнений в векторной форме:
 поля скоростей несущего газа:

$$\vec{v} = \vec{v}(r); \quad (1)$$

результатов действия альтернативных сил:

$$\begin{aligned} m \frac{d\vec{w}}{dt} &= \vec{F}_m - \xi \cdot \frac{\pi d_q^2}{4} \cdot \frac{\rho_g (\vec{v} - \vec{w})^2}{2}, \\ \frac{d\vec{r}}{dt} &= \vec{w} \end{aligned} \quad (2)$$

с начальными условиями:

$$\vec{r}(0) = \vec{r}_0, \quad \vec{w}(0) = \vec{w}_0, \quad \text{при } t = 0,$$

где m – масса частицы; \vec{r} – радиус-вектор частицы; \vec{v} – скорость несущего газа; \vec{w} – скорость частицы; F_m – равнодействующая массовых сил; d_q – диаметр частицы; ρ_g – плотность газа; ξ – коэффициент аэродинамического сопротивления частицы.

В аэродинамическом классификаторе имеет место турбулентное течение воздушного потока. Основными параметрами его характеризующими, кроме числа Рейнольдса и динамической скорости, являются интенсивность или степень турбулентности, масштаб турбулентности, частота турбулентных пульсаций и их распределение.

При стационарной турбулентности пульсационная составляющая скорости элементарного объема воздуха является стационарной функцией времени. Такая функция исследуется при помощи преобразований Фурье. В статистической гидромеханике доказано [9], что свойства корреляционной функции $R_L(\tau)$ таковы, что можно воспользоваться обычным косинус-преобразованием:

$$\begin{aligned} R_L(\tau) &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\tau} F_L(\omega) d\omega = \int_0^{\infty} \cos\omega\tau E(\omega) d\omega \quad \text{при } \tau = 0 \\ R_L(0) &= \overline{v^2} = \int_0^{\infty} E(\omega) d\omega, \quad (3) \end{aligned}$$

где $E(\omega)$ – энергетический спектр.

В случаях двухфазной струи движение частиц материала, зависит от законов движения транспортирующей среды, в случае пневмоклассификации – от законов движения воздуха. Скорость $w(t)$ частицы описывается дифференциальным уравнением:

$$\Lambda \frac{dw}{dt} + w(t) = v(t),$$

где Λ – постоянная времени, характеризующая инерцию частицы, $v(t)$ – скорость воздуха на траектории частицы.

Средний квадрат скорости частицы определяется [10]:

$$\overline{w^2} = \int_0^{\infty} E_w(\omega) d\omega = \int_0^{\infty} \frac{E_v(\omega) d\omega}{1 + \omega^2 \Lambda^2}. \quad (4)$$

Учитывая, что корреляционная функция R_v аппроксимируется выражением $R_v(\tau) = \overline{v^2} \exp(-\tau/T_v)$, в результате преобразований Фурье получено:

$$E_v(\omega) = \frac{2}{\pi} \frac{\overline{v^2} T_v}{1 + \omega^2 T_v^2}. \quad (5)$$

Аналогично, преобразование Фурье для функции $(1 + \omega^2 \Lambda^2)^{-1}$ имеет вид: $(\pi/\Lambda) \exp(\tau/\Lambda)$. Применение уравнения Парсевала дает:

$$\overline{w^2} = \int_0^{\infty} \frac{E_v(\omega) d\omega}{1 + \omega^2 \Lambda^2} = \frac{2}{\pi} \overline{v^2} \frac{\pi}{2\Lambda} \cdot \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{\tau}{T_v} - \frac{\tau}{\Lambda}\right) d\tau = \frac{\overline{v^2} T_v}{\Lambda + T_v}. \quad (6)$$

Последнее уравнение позволяет оценить средний квадрат поперечной (соответственно и пульсационной) составляющей скорости частицы в потоке через характеристики струи воздуха и величину Λ , зависящую от скорости витания частицы, то есть от ее размеров и плотности.

Связь между скоростью и завихренностью определяется при помощи интеграла Био-Савара:

$$V = c_0 \int \frac{(\omega \times r)}{r^3} dr. \quad (7)$$

Крупномасштабный вихревой элемент образует окружность радиусом r_0 . Индуцированная им скорость вынуждает двигаться сам вихрь. Скорость поступательного движения вихря была определена Прандтлем:

$$V = \frac{a^2 \Omega}{2r_0} \ln\left(\frac{6r_0}{a}\right), \quad (8)$$

где r_0 – радиус вихревого элемента; a – его тороидальный радиус; Ω – завихренность.

Количественные описания крупномасштабных явлений в турбулентных течениях построены на двухточечных корреляциях. После трехмерного преобразования Фурье уравнений Навье-Стокса для двух произвольных точек P и P' , расположенных в поле турбулентности, можно получить уравнение в спектральной форме для энергетического спектра:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = W - 2\nu k^2 E, \quad \frac{\partial(Edk)}{\partial t} = Wdk - 2\nu k^2 Edk, \quad (9)$$

$$\int_0^\infty Ed\lambda = \frac{1}{2}(\overline{u_1^2} + \overline{u_2^2} + \overline{u_3^2}),$$

где E – энергетический спектр; ν – кинематический коэффициент вязкости; k – волновое число; W – член, характеризующий перенос энергии, обусловленный тройными корреляциями скорости.

Оценки энергии вихрей, их размеров, завихренности позволяют определить для заданного диаметра равновесных частей необходимые параметры однородности турбулентного потока и граничные размеры вихрей.

Для описания движения крупных частиц в зоне осаждения и определения расхода воздуха в сепараторе рассматривается взаимодействие частиц с экраном. В общем случае экран не обязательно должен быть плоским. Изменение его формы возможно управление направлением движения отраженных частиц. С позиции описания движения частицы как материальной точки получено соотношение, связывающее проекции скорости частицы на нормаль и касательную к поверхности до и после удара. По теореме об изменении количества движения в проекциях на нормаль и касательную к поверхности удара получена система уравнений:

$$mw_n^+ - (-mw_n^-) = S_n, \quad mw_\tau^+ - mw_\tau^- = S_\tau,$$

где S_n и S_τ – нормальная и касательная проекция импульса ударной силы, «+» и «-» – индексы, соответствующие состояниям частицы после и до удара.

В результате решения системы уравнений получено:

$$w_n^+ = k_y w_n^-, \quad w_\tau^+ = w_n^- - f(1 + k_y)w_n^-,$$

$$\alpha^+ = \arctg \left[\operatorname{tg} \alpha^- - \frac{f(1 + k_y)}{k_y} \right], \quad (10)$$

где: f – коэффициент трения частицы о поверхность;

k_y – коэффициент возобновления скорости частицы.

Зная расход воздуха, подаваемого в сепаратор, определяется скорость частиц и направление их движения после удара в зону осаждения.

Диаметр равновесной частицы определяется:

$$\delta_{\pm} = \left[\frac{3}{4} \dot{a} \frac{\mu^n \rho^{1-n} \bar{a}}{g \rho_{\pm}} |v(x)|^{2-n} \right]^{1/(1+n)}, \quad (11)$$

где: v – скорость несущего потока;

ρ_g – плотность газа;

ρ_u – плотность частицы;

g – ускорение свободного падения;

μ – вязкость несущей среды.

Размер равновесной частицы является условным показателем соотношения массовых и аэродинамических сил в данной точке потока. Устойчивость равновесия наблюдается, если пульсационные составляющие газа для данного размера частиц практически не влияют на ее движение.

Одним из эффективных решений по управлению размерами турбулентных структур является установка решеток на пути их следования. При этом, форма решетки, с одной стороны, не должна вызывать значительного увеличения гидравлического сопротивления потоку, с другой стороны, энергия вихрей не должна превышать допустимых величин, зависящих от размеров частиц в готовом продукте [11]. Поэтому в зависимости от характеристик классификации материала необходимо установить допустимые максимальные размеры вихрей, определить их энергию и сместить энергетический спектр в область регламентируемых значений.

Экспериментальные исследования механизма эволюции турбулентных структур двухфазных потоков выполнены с целью определения рабочих параметров разработанной установки. Схема экспериментальной установки (рисунок 1) включает в себя: 1 – зону разделения; 2 – зону загрузки (разгрузочная часть мельницы и подача материала из бункера 7); 3,10 – пневмоустановки; 4 – газоход; 5 – измерители давления; 6 – регуляторы давления; 7 – бункер загрузки; 8 – бункер осажденного материала; 9 – решетка; 11 – экран-отражатель.

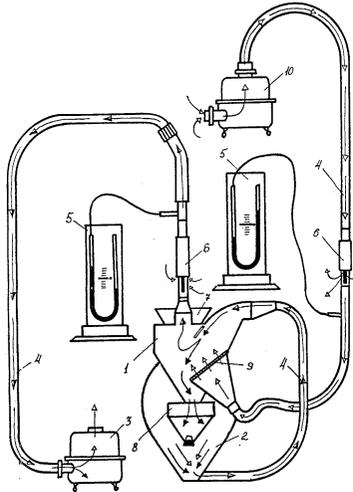


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Исследовано влияние на процесс сепарации следующих факторов: скорости воздушного потока, параметров элементов решетки; гранулометрического состава материала.

Выводы

1. Современный подход к созданию сепараторов высокой эффективности для разделения сыпучих материалов широкого спектра разнофракционности базируется на разрушении турбулентных вихрей.

2. Разработана математическая модель турбулентной миграции частиц измельчаемого материала и определены масштабы ее влияния на процессы аэровоздушной классификации газодисперсных потоков.

3. На базе исследования динамики энергетического спектра турбулентных структур двухфазной среды разработаны теоретические предположения для создания эффективного оборудования; ликвидация крупномасштабных турбулентных структур и новый подход к предварительной классификации на принципах удара позволяет разрушать конгломераты частиц.

4. Одним из технических решений по управлению размерами воздушных турбулентных структур, является установка решеток на пути их следования, что и положено в основу патента Украины [12] на внедренную конструкцию двухстадийного классификатора для пневморазделения полидисперсных смесей.

Список литературы

1. Борщевский А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / А.А. Борщевский, А.С. Ильин // М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.

2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович // М.: Наука, 1984. – 717 с.
3. Галиакберов Р. Совершенствование пневмотранспорта сыпучих материалов на предприятиях строительной индустрии / Р. Галиакберов, В. Герасимова, А. Тюменев // М.: ЦБНТИ Минпромстроя СССР, 1977. – 63с.
4. Бучко И.Г. Перегрузочные установки для сыпучих материалов / Бучко И.Г., Окрепкий М.С., Сафаров В.А. // Механизация и автоматизация производства. 1986. №5. - С.10-12.
5. Бэйли. Влияние интенсивности и частоты турбулентных пульсаций основного потока на теплообмен в турбинной решетке лопаток, – Тр. Американо-ва инженеров-механиков. / Бэйли, Придди // Энерг. машины и установки, 1981, 103, № 1.
6. Гиневский А.С. Методы расчета турбулентного пограничного слоя / Гиневский А.С., Иоселевич В.А., Колесников А.В., Лапин Ю.В., Пилипенко В.Н., Секундов А.Н. // Итоги науки и техники / ВИНТИ. Сер. Механика жидкости и газа. 1978, 11, с. 155-304.
7. Гиневский А.С. Вырождение турбулентности потока за двухрядной решеткой цилиндров при противоположном движении рядов / А.С. Гиневский, А.В. Колесников, Л.Н. Уханова // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газов, 1979, № 3. – С. 17-25.
8. Исследование влияния концентрации и крупности примеси на характеристики турбулентной газовой струи с твердыми частицами / Гиршович Т.А., Картушинский А.И., Лаатс М.К., Леонов В.А., Мульги А.С. // Исследование рабочего процесса в элементах двигателей и энергетических устройств с двухфазным рабочим телом. – М.: Труды МАИ. – 1980. – № 506. – С. 3-8.
9. Ємельянова І., Баранов А., Рибалко Р. Зменшення енерговитрат на розмелення будівельних матеріалів в замкнутому циклі шляхом використання сепаратора нової конструкції // IV Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми економії енергії». – Львів, 2003. – С. 230-236.
10. Рыбалко Р.И. Теоретические основы создания сепараторов новой конструкции // Вестник ДонГАСА. Выпуск 2004-5 (47). – Макеевка, 2004. – С. 113-119.
11. Рыбалко Р.И. / Теоретические исследования рабочих процессов аэродинамической классификации в помольных агрегатах сухого измельчения / Р.И. Рыбалко, О.В. Гущин, А.К. Кралин // Збірник наукових праць ДонІЗТ № 39. – Донецьк. 2014. – С. 17-25
12. Патент № 18198, Україна МПК В02С 23/10 (2006.01). Двостадійний класифікатор сипучих матеріалів / Р.І. Рибалко, А.М. Баранов (Україна); заявник та патентовласник Р.І. Рибалко. – № u200609779; заявл. 12.09.06; опубл. 16.10.06, Бюл. № 10.

Импульсные технологии в строительстве

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева.
Г. Орел, Россия*

Наша страна была одним из пионеров разработки и развития нового научно-технического направления – создания импульсной техники. В относительно короткий срок в России организовывались, длительное время успешно работали крупные творческие коллективы, внесшие значительный вклад в разработку теории и практики силовых импульсных систем, проведение опытной проверки новых конструктивных решений [3].

В настоящее время импульсные технологии заняли свою нишу в области наземного и подземного строительства. Компактные и мощные гидравлические молоты в комплексе с базовой машиной применяют повсеместно при вскрытии дорожных покрытий и сносе бетонных сооружений.

Новым направлением, расширяющим область применения импульсных систем, стало использование их при деконструкционных работах в ограниченных пространствах (рис. 1), внутри зданий и сооружений (подвалы, межэтажные перекрытия). Такое техническое решение стало возможным благодаря использованию специальной малогабаритной техники, разработанной для замены ручной разборки и выполнения тяжелых задач в стесненных условиях.

Мобильные комплексы оснащены современным цифровым программным обеспечением с возможностью дистанционного управления, что позволяет оператору работать с большой точностью на безопасном расстоянии от области обрушения. В качестве инструмента для демонтажных работ устанавливается гидравлический молот, обладающий значительной энергией удара и высокой производительностью.



Рис. 1. Деконструкционные работы в ограниченном пространстве

Широкое внедрение импульсных систем в строительство обусловило появления новых методов для улучшения почвы на среднюю глубину. В настоящее время инновационным методом динамического улучшения почв является импульсное уплотнение (рис. 2).

С помощью этой системы появилась возможность быстрого и экономичного уплотнения всех связных грунтов при помощи падающего груза, масса которого подбирается исходя из структуры грунта [5].



Рис. 2. Технология импульсного уплотнения

В производственной программе большинства известных мировых производителей импульсной техники (Daemo, Delta, Ghedini) можно найти различные модели навесных вибротрамбовок (рис. 3).

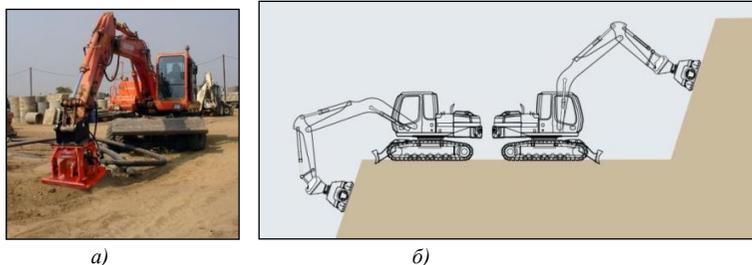


Рис. 3. Вибротрамбовка как сменный рабочий орган одноковшового экскаватора: а) общий вид вибротрамбовки на базе экскаватора; б) применение вибротрамбовки на уплотнении откосов

Так, фирма Delta выпускает вибротрамбовки с усилием от 2 до 15 тонн и массой базовой машины от 2 до 35 тонн [1].

В настоящее время гидромолоты как сменный рабочий орган к гидравлическим экскаваторам производят десятки зарубежных и отечественных фирм. Современной тенденцией является применение для гидромолотов в качестве базовых машин не только одноковшовых экскаваторов, но и малогабаритной техники (рисунок 4), обладающей очевидными преимуществами при проведении работ в городе, в стесненных условиях, например, в коммунальном хозяйстве.

Еще одной тенденцией развития конструкций гидромолотов является расширение типоразмерного ряда практически всеми мировыми производителями (Импульс, Atlas Copco, Caterpillar, Daemo, Delta, Furukawa, Huskie, Indeco, JCB, Komatsu, Montabert, Sandvik).



Рис. 4. Гидромолоты на базе малогабаритных экскаваторов (а, б) и мини-погрузчика с бортовым поворотом (в)

Например, фирма Indeco имеет в своем арсенале большие, средние и малые гидромолоты (всего 20 моделей в трех категориях) с энергией удара от 0,2 до 19 кДж и числом ударов от 2040 до 240 уд/мин [2], фирма Delta производит 11 моделей гидромолотов с энергией удара от 0,4 до 13 кДж, частотой ударов от 1200 до 250 уд/мин и массой базовой машины от 1 до 65 тонн, а модельный ряд Komatsu насчитывает 14 моделей (энергия удара от 0,1 до 15,5 кДж, частота ударов от 1300 до 370 уд/мин), хотя в России продажа гидромолотов этой фирмы стартовала лишь в 2014 году.

Производители постоянно работают над улучшением показателей выпускаемой продукции, увеличением ее эффективности и производительности. В 2013 году фирма Sandvik Construction обновила серию среднегабаритных гидромолотов Rammer моделей 1533 и 2155, которые стали оснащаться системой защиты от холостого хода. Была добавлена возможность установки сервисной системы Ramdata II на младшую модель крупногабаритной серии Rammer 2577. А для гидромолотов малогабаритной серии Rammer – 111, 255, 355 и 455 – стали доступны пики в форме пирамиды, увеличивающие эффективность разрушения твердых материалов.

Гидромолоты серии E фирмы Caterpillar заменили инструменты серии D. Девять новых моделей предназначены для работы в тяжелых условиях эксплуатации, таких как вторичные горные работы, траншейные и подготовительные землеройные работы, снос зданий и дорожное строительство. В число новых функций входит автоматическое выключение, которое останавливает гидромолот при прорыве через материал. Компания Atlas Copco в 2014 году представила новую модель поршневого гидромолота ES70 с уникальным монолитным корпусом из стали Krupp [4].

Еще более широкие возможности открывает использование с гидромолотом сменных рабочих инструментов (пики различной формы, уплотняющая плита и т.д.) (рис. 5).

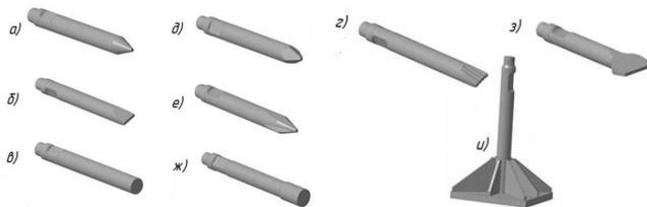


Рис. 5. Сменные рабочие инструменты гидромолота:

- а) пика-конус; б) пика-зубило; в) пика тупая; г) пика-зубило с канавками;
 д) пика-карандаш; е) пика крестовая; ж) пика тупая с увеличенным диаметром; з) пика-лопатка; и) пика-трамбовка

Российский рынок гидромолотов еще не достиг своего максимума. Специалисты связывают это с большим количеством новых строительных проектов. Наиболее активными в этом сегменте в последнее время являются азиатские производители второго эшелона (Daenong, DB Tech, YanTai) [4].

В будущем неотъемлемым атрибутом развития этого класса машин будет внедрение в производство новых технологических процессов и гибких перенастраиваемых систем, их автоматизация, обеспечивающие повышение производительности труда, увеличение объемов производства, улучшение качества, экономию материальных ресурсов. Надежность будет обеспечена на высоком уровне за счет применения современных материалов и технологий. Уже сейчас многие производители предлагают для своих гидромолотов систему автоматической смазки, устройства виброзащиты и шумоподавления, улучшающие условия работы оператора и сводящие к минимуму вредное воздействие на окружающую среду.

Производительность возможно повысить благодаря уменьшению времени простоя в ремонте и увеличению межремонтных периодов. Для этого в конструкцию машины вводятся дополнительные узлы, например, в гидромолоте серии E фирмы Caterpillar предусмотрен регулирующий клапан внешнего давления, позволяющий сократить время технического обслуживания, когда требуется регулировка. Кроме того, популярной мерой снижения эксплуатационных расходов является создание новых корпусов гидромолотов особой формы и конструкции, предотвращающих возникновение избыточных напряжений и трещин.

Список литературы

0. Навесное оборудование Delta: Каталог продукции.
1. Гидромолоты Indeco: Каталог продукции.
2. Ушаков Л.С., Котылев Ю.Е., Кравченко В.А. «Гидравлические машины ударного действия». – М.: Машиностроение, 2000, 416 с. с ил.
3. Штефан С. «Бетонолом», он же «отбойник», он же «гидроклин»// Строительная техника и технологии. – 2014. - №3. – с. 90-97.
4. TERRA-MIX Bodenstabilisierungs GmbH [Электронный ресурс] URL: <http://www.terra-mix.com> (Дата обращения 23.06.2016).

Раздел III. ПРОИЗВОДСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Ананин В.Г. , Эмилов А.Б.

Реакция рынка экскаваторов в России на изменение экономической ситуации

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Г. Томск, Россия*

Экскаваторы являются незаменимой техникой на выемке грунта, подготовке стройплощадки, прокладке инженерных коммуникаций, демонтажных, мелиоративных работах, при дорожном строительстве. В России производство экскаваторов началось в тридцатых годах прошлого века – толчком для этого послужила индустриализация. Сегодня отечественные машиностроители предлагают самый разнообразный ассортимент – от маленьких машин до шагающих карьерных гигантов, которые управляются экипажами. В свою очередь зарубежные производители, несмотря на сложности в политике и экономике, также стараются привлечь интерес на российском рынке своего покупателя.

В современное время рынок экскаваторов в России болезненно реагирует на все изменения экономической ситуации.

По данным Росстата за последние 8 лет средний возраст оборудования и транспортных средств в отрасли «Строительство» составляет 7,5 лет, изменение возраста в динамике представлены на рис. 1 [1].



Рис.1. Средний возраст спецтехники по отрасли «Строительство» России за 2008-2014 гг.

В горнодобывающей промышленности РФ при добыче полезных ископаемых открытым способом (уголь, сланцы, руды черных и цветных металлов, золота, сырье для химической промышленности, огнеупоров и др.) используются карьерные шагающие экскаваторы. Их назначение – это вскрышные работы с укладкой породы в выработанное пространство или на борт карьера. При разработке пород повышенной прочности требуется частичное или сплошное рыхление взрыванием. Отечественные модели надежно работают при температуре от -50 до $+40^{\circ}\text{C}$. [3,4]

Следует отметить, что единственным производителем в России шагающих карьерных экскаваторов является Уралмашзавод (в Советском Союзе их сборка была также организована на Новокраматорском машиностроительном заводе на Украине).

Крупнейший экскаватор, когда-либо созданный в СССР, – ЭШ-100/100 – с 1976 года находился в эксплуатации на Назаровском разрезе в Красноярском крае. Машина получилась удачной, ЭШ-100/100 эксплуатировался около 15 лет. В начале 90-х в связи с частыми сменами собственников экскаватор был законсервирован из-за падения объемов добычи угля, хотя разрез на тот момент себя не исчерпал. После консервации электрика потихоньку растаскивалась на медь, а машина все больше приходила в негодность, поэтому было принято решение сдать ее на металлолом уже полностью. [8]

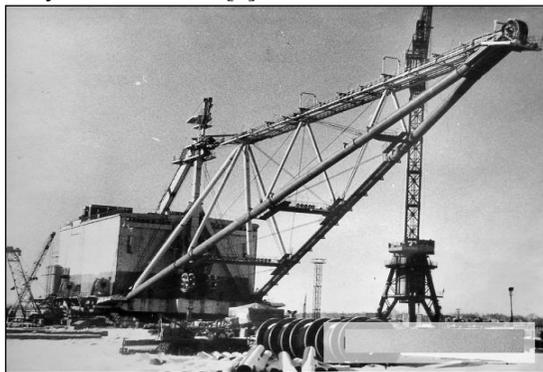


Рис. 2. Крупнейший экскаватор в СССР - ЭШ-100/100

В данное время на российском рынке также широко представлены модели экскаваторов зарубежного производства – как новые, так и бывшие в употреблении. Если посмотреть данные интернет-площадки по покупке и продаже спецтехники и транспорта Mascus (свыше 240 тыс. посетителей в России и около 4 млн 250 тыс. со всего мира), покупателям предлагается купить модели 209 марок. [2]

Проведённый сравнительный анализ позволяет выявить лидера по количеству предложений - *Caterpillar*.

И это несмотря на то, что модели Cat в среднем дороже аналогов на 20-30% за счет того, что производитель не «стесняется» устанавливать на свои машины самые современные системы управления и оборудование премиум-класса.

При обобщении сведений авторами была составлена «ТОП-10» предложений, которые выглядят следующим образом:

- Caterpillar – 6755
- Komatsu – 2420
- Hitachi – 2248
- Volvo – 1738
- JCB – 1126
- Liebherr – 976
- Kubota – 679
- Yanmar – 617
- New Holland – 582
- Kobelco – 574

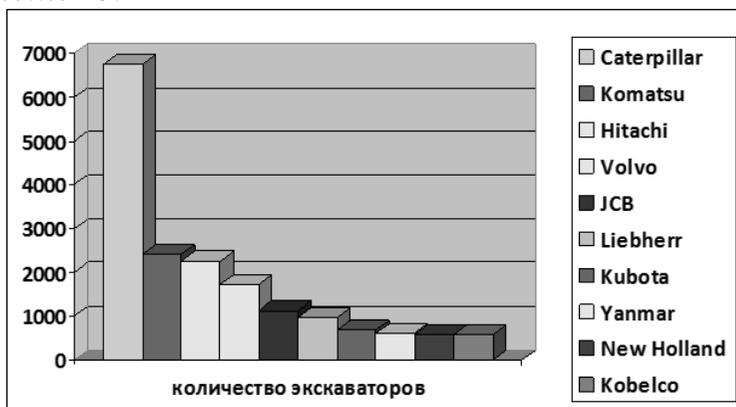


Рис. 3. «ТОП-10» предложений

Внешнеторговый оборот России за 2013-2014 гг. резко снизился, причем по импортным поставкам в большей степени. Ежегодный темп снижения составляет около 10 %, удельный вес поставок импортной спецтехники в структуре импорта России за последние 15 лет снизился в 2 раза: 2000 г. – 7,5 %, в 2014 г. – 3,7 %). [2,5,6]

До начала экономического кризиса ежегодный рост объемов рынка гидравлических экскаваторов в России составлял 4-5%. При этом продажи импортной техники росли на 50-60% за счет сокращения закупок машин российского производства. Стабильная экономика позволяла покупателям выбирать более качественные и производительные модели, тогда как российские производители могли привлечь ценовой политикой.

Например, цена импортного экскаватора с ковшом вместимостью 0,8 куб.м составляла около \$110 тыс., а аналогичная машина российского происхождения с ковшом вместимостью 1,25 куб.м стоила \$85 тыс.

Сегодня картина совершенно иная: в России стали покупать меньше иностранных экскаваторов. По данным маркетинговой компания *ID-Marketing*, в конце 2015 было отмечено снижение импорта этого вида техники. В четвертом квартале прошлого года была осуществлена поставка в Россию 30 единиц колесных экскаваторов. Общая стоимость техники составила \$2 993 090, что на 91,3% меньше, чем в 2014 году. Тем не менее, было импортировано на один экскаватор больше, чем в 3 квартале. Больше всего машин было завезено из Германии (33,3% от общего числа поставок). Второе и третье места принадлежат Японии и Корею (у обеих – 16,7%). [7]

Гусеничная техника массой 10-20 тонн была ввезена в количестве 37 единиц на сумму \$2 147 453, что означает падение в сравнении с 2014 годом на 42,3%. Абсолютное лидерство здесь принадлежит экскаваторам из Японии, на долю которых пришелся 81% от всего объема техники. Китаю принадлежит 10,8%, Великобритании – 2,7%.

Экскаваторы массой 20-33 тонны: ввезено 107 единиц техники общей стоимостью \$9 233 651. Снижение поставок в денежном выражении составило 76,3%. Лидерство среди стран-поставщиков принадлежит Японии (39,3%), за ней следуют Китай (27,1%) и Корея (26,2%).

По результатам проведенного анализа можно сделать выводы:

- в России и во всем мире наблюдается резкое сокращение импорта гусеничных экскаваторов, в ближайшие три года эта тенденция скорее всего сохранится;

- лидерами продаж становятся фирмы, которые в разработке новых моделей машин ориентируются на повышение рентабельности эксплуатации, производительности и надежности, а так же увеличение многофункциональности.

Список литературы

1. Росстат. Технологическое развитие отраслей экономики. Электронный ресурс. URL:<http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat>

2. [_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment/) дата обращения 1.06.2016 г.

3. Росстат. Справочник «Торговля России». Электронный ресурс. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139916653609 дата обращения 1.06.2016 г.

4. Разговор об импорте спецтехники: лидирующие поставщики и исчезающие бренды. Электронный ресурс. URL: http://exkavator.ru/main/news/inf_news/123519_razgovor_ob_importe_spetstehnik_i_lidiruyushchie_postavshchiki_i_ischezayushchie_brendi.html дата обращения 6.06.2016 г.

5. Ананин В.Г., Эмилов А.Б. О рентабельности карьерных экскаваторов//Всероссийский ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Механизация строительства». -2015. -№8. - С 4-6.

6. Г.Х. Бойко, А.В. Груздев и другие. Горное оборудование Урал-машзавода/ Коллектив авторов. / Ответственный редактор-составитель Г. Х. Бойко. Екатеринбург: «Уральский рабочий», 2003. 240 с.

7. Ананин В.Г., Сапожников А.И. Тенденции развития рабочего оборудования одноковшового карьерного экскаватора // труды международной конференции «ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2009». - 2009.- Бишкек: КГТУ. – С 27-31.

8. Ананин В.Г. Результаты экспериментальных исследований и моделирования рабочего оборудования одноковшового экскаватора / В.Г. Ананин // Вестник ТГАСУ.- 2013. – №1. - С 203-214.

9. Эмилов А.Б. Анализ технических характеристик одноковшовых экскаваторов с прямой и обратной лопатой // труды международной конференции «МНТ-2015». - 2015.- Томск: ТГАСУ. – С 691-697

Анаприенко А.К., Баурова Н.И.

Выбор клеевых материалов при ремонте дорожных машин по клееклепанной технологии

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Москва. Россия

Технология клепки известна с очень давних пор. Найденные археологами различные предметы подтверждают этот факт. Широкое распространение данная технология получила в 18-19 веках и являлась методом сборки металлических конструкций. Однако с развитием технологии сварки клепка стала уходить на задний план и применяться все реже и реже. Основными отраслями, где применялась и продолжает применяться клепанная технология в качестве главного метода сборки, являются авиация и судостроение. Но в связи с появлением конструкций из разнородных материалов, будь то «алюминий-сталь», «углепластик-сталь», «углепластик-алюминий» или сочетание этих и не только материалов одновременно, выдвигает применение клепки на передний план.

По сравнению со сварными технологиями, при клепке детали не подвергаются существенному нагреву, а значит риск коробления сведен в данном случае к минимуму.

Отсутствует образование вредных производственных газов и испарений, выделяемых при сварке и пайке. Но, несмотря на отсутствие вредного влияния как на металл, так и на человека, заклепочные соединения являются более трудоемкими и их обычно применяют только в тех случаях, когда другие способы сборки неприемлемы по конструктивным или технологическим соображениям.

К преимуществам клепанной технологии можно отнести: высокую стойкость к вибрационным и ударным нагрузкам; универсальность, т.е. возможность получения неразъемного соединения в конструкциях, когда другие способы сборки неприемлемы; стабильность и контролируемость качества сборки.

При этом клепанные соединения обладают рядом недостатков, ограничивающих их область применения. Конструкции, в которых имеются соединения, полученные клепкой, как правило, недолговечны и обладают низкой стойкостью к вибрационным нагрузкам [1-2]. При ремонте изделий, детали которых соединены клепкой, трудно восстановить герметичность соединения и требуемую жесткость клепанных швов.

Решить многие вопросы, связанные с этими недостатками, помогает применение клееклепанной технологии или проще - клееклепки. Клееклепка является сочетанием двух различных самостоятельных операций – склеивания и клепки, а получаемые таким образом соединения называются клеезаклепочными. Клеезаклепочные соединения по своим деформационно-прочностным свойствам выгодно отличаются от клепанных, так как обладают более высокой прочностью при статических и вибрационных нагрузках, являются герметичными и более легкими [3].

На данный момент существуют три технологии изготовления клеезаклепочных соединений: по неотвержденному клеевому шву, по отвержденному клеевому шву и введение клея после установки заклепок.

По сравнению с клепанными и клеевыми соединениями клееклепочные соединения обладают более высокой прочностью на сдвиг (на 15-35 %), равномерный (на 20 %) и неравномерный отрыв (на 25-40 %) [3-4]. Применение клея позволяет повысить антикоррозионную стойкость склеиваемого шва и делает соединение герметичным, что в свою очередь сказывается на повышении прочности конструкции. Клееклепанная технология является не только самым надежным способом обеспечения герметичности, но и одним из самых дешевых.

В настоящее время при создании клеезаклепочных соединений используются различные термореактивные материалы (например, эпоксидные клеи), которые дают соединению хорошую прочность на сдвиг и разрыв.

Основным недостатком использования при создании клеезаклепочных соединений эпоксидных клеев является сложность демонтажа конструкции, так как перед высверливанием заклепок клей достаточно сложно удалить [5]. Поэтому одним из наиболее перспективных клеевых материалов для создания клеезаклепочных соединений являются клеи-расплавы.

В отличие от эпоксидных материалов, клеи-расплавы имеют более низкую стоимость и позволяют при необходимости упростить дальнейший процесс демонтажа клеезаклепочного соединения.

Клеи-расплавы в исходном состоянии являются твердыми веществами, при нагревании они расплавляются и переходят в вязко-текучее состояние и далее при охлаждении вновь возвращаются в твердое состояние (этот процесс является обратимым). В отличие от традиционных полимерных материалов, которые относятся к группе термореактивных материалов, при использовании термопластичных клеев-расплавов процесс склеивания происходит не в результате отверждения, а является следствием затвердевания.

При этом получается прочный клеевой шов. Температура склеивания, в зависимости от марки клея, может находиться в пределах 100-200°C [6-7]. Основным ограничением, препятствующим широкому внедрению клеев-расплавов в производство, является отсутствие информации о прочностных характеристиках клеезаклепочных соединений собранных с их использованием.

В настоящей работе, для получения точной информации о прочностных характеристиках клеезаклепочных соединений с клеями-расплавами, были проведены испытания на сдвиг (разрыв). Дополнительно, для сравнения были испытаны образцы с наиболее распространенной при создании клеезаклепочных соединений маркой эпоксидного клея и традиционные кле-почные соединения (без клея). Данные этих испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1 Результаты определения средней максимальной нагрузки на разрыв для клепочных и клеезаклепочных соединений с различными марками клеев

Технология нанесения ПМ	Средняя max нагрузка на разрыв, кгс(Н)					
	Без клея	Марки используемых клеев-расплавов				Марка эпоксидного клея
	Без клея	Летек	Теплак-2П	МС-1	Justant-ПАК	Betamate
Без предварительной подготовки поверхности	246 (2413)	336 (3295)	294 (2883)	322 (3158)	325 (3187)	548 (5375)
С предварительной подготовкой поверхности		325 (3187)	238 (2334)	323 (3168)	329 (3227)	526 (5159)

На основании полученных данных можно сделать вывод, что наибольшей прочностью на сдвиг обладают соединения с применением эпоксидных клеев, в то время как клеи-расплавы на данный момент значительно уступают по прочности. Однако даже самые низкопрочные клеи-расплавы обеспечивают увеличение прочности более чем на 20% (по сравнению с традиционными клепочными соединениями), а также повышают герметичность и коррозионную стойкость соединений. Кроме того, способность клея-расплава размягчаться при нагреве и затвердевать при охлаждении обеспечивает возможность демонтажа соединения без повреждения поверхностей и повысить его ремонтпригодности.

Таким образом, существующие достоинства применения клеев-расплавов по сравнению с эпоксидными материалами, позволяют применять их в клеезаклепочных соединениях в местах, не находящихся под большим нагружением.

Список литературы

1. Новиков А.Д., Петров Н.М., Малышева Г.В. Обеспечение герметичности фланцевых соединения, изготовленных из металлов и полимерных композиционных материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. № 8. С.44-48.
2. Артемьев И.Б., Артемьев Б.В., Созонтов А.А. Дистанционное сервисное обслуживание и авторский надзор за системами неразрушающего контроля на производстве // Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. №6. С. 27-31.
3. Коноплин А.Ю., Аноприенко А.К., Баурова Н.И. Клееварная и клееклепанная технологии для проведения ремонта дорожных машин // Наука и техника в дорожной отрасли. 2015. №3(73). С. 31-33.
4. Аноприенко А.К., Баурова Н.И. Выбор заклепок для создания клеезаклепочных соединений при ремонте машин // Механизация строительства. 2015. №8(854). С. 46-47.
5. Баурова Н.И., Аноприенко А.К. Обоснование выбора материалов, используемых при создании клееклепочных соединений // Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. №7. С. 29-32.
6. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Особенности применения клеев-расплавов при ремонте элементов системы охлаждения машин // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. №10. С. 33-36.
7. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Перспективы применения термопластичных материалов при ремонте элементов системы охлаждения машин // Механизация строительства. 2015. № 4 (850). С. 44-47.

Густов Ю.И. , Кенарейкин В.Е.

Диагностика технического состояния лифтов методом магнитной памяти металлов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Метод магнитной памяти металлов (ММП) находит эффективное применение для оценки технического состояния металлоконструкций лифтов. Как способ неразрушающего контроля, он позволяет делать однозначные выводы о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации лифтов, отработавших нормативный срок службы [1-6].

Цель настоящей работы – диагностирование технического состояния болтового соединения верхней балки противовеса лифта грузоподъемностью $Q=500$ кг и скоростью движения кабины $V=1,0$ м/с для установления возможности его дальнейшей безопасной эксплуатации.

Для обследования использовали измерительные приборы: измеритель концентрации напряженности магнитометрический (ИКНМ-2ФП), дефектоскоп ультразвуковой (Пеленг-115), электромагнитный индикатор трещин (ЭМИТ-1М).

Результаты обследования болтового соединения верхней балки противовеса лифта $Q=500$ кг и $V=1,0$ м/с показали следующее.

Нижний ряд левой стороны соединения характеризуется наибольшими значениями напряженности магнитного поля на начальном и конечном этапе базы измерения $L=0$ и $L=50$ мм соответственно (рис.1)

При $L=0$ по каналу измерения Нр-1 получено значение 52, по каналу Нр-2 значение -17 А/м. При $L=50$ по каналу измерения Нр-1 получена величина 18 и по каналу Нр-2 величина -24 А/м.

Максимальное значение градиента напряженности $dH-1/dx=57$ (А/м)/мм наблюдается в интервале 24-26 мм базы обследования. При принятом предельном уровне 50 (А/м)/мм фактический градиент напряженности является запредельным. Следовательно, установленная зона болтового соединения не является надежной. На этом основании верхняя балка противовеса не может считаться надежной для дальнейшей эксплуатации.

Нижний ряд правой стороны болтового соединения (рис.2) имеет наибольшие значения по каналу измерения Нр-1 на начальном участке (50-60 А/м) и в интервале (55-60 А/мм). Экстремальное значение градиентов напряженности обнаружены в интервалах 14-16 мм ($dH-1/dx=28$ (А/м)/мм), 46-50 мм ($dH-1/dx=33$ (А/м)/мм), 73-76 мм ($dH-1/dx=48$ (А/м)/мм). При $dH-1/dx=48$ (А/м)/мм, близком к предельному значению 50 (А/м)/мм, нижний ряд правой стороны балки нельзя считать надежным для дальнейшей эксплуатации.

Верхний ряд левой стороны болтового соединения (рис.3) характеризуется наибольшим значением Нр-1=78 А/м на участке 2-3 мм, Нр-2=30 А/м на участке 46-48 мм. Экстремальное значение градиентов напряженности зафиксированы на участках 1-2, 5-7, 45-46, 48-49 мм; максимальное значение на начальном участке достигает 42 (А/м)/мм.

Эта величина близка к предельной, что ставит под сомнение возможность дальнейшей эксплуатации болтового соединения.

Верхний ряд правой стороны болтового соединения (рис.4) характерен выраженным наибольшим значением Нр-1=150 А/м на начальном участке 1-2 мм. Экстремальные значения градиента напряженности отмечены на участках 15-17, 61-63, 68-69 и 83-84 мм.

Наибольшая величина порядка 45 (А/м)/мм, выявленная на последнем участке не превосходит, но близка к предельному значению 50 (А/м)/мм.

Таким образом, анализируя напряженное состояние болтового соединения верхней балки противовеса лифта с $Q=500$ кг и $V=1,0$ м/с, можно заключить, что дальнейшая эксплуатация лифта недопустима.

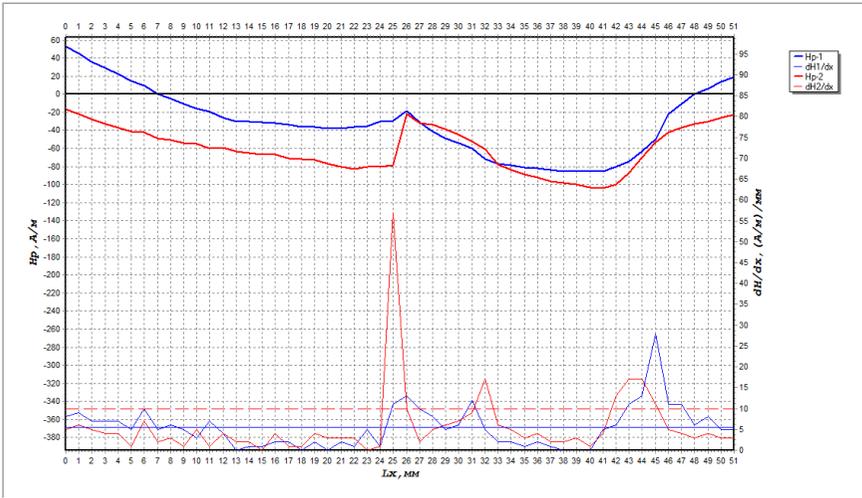


Рис. 1. Напряженность магнитного поля и градиенты напряженности нижнего ряда левой стороны болтового соединения

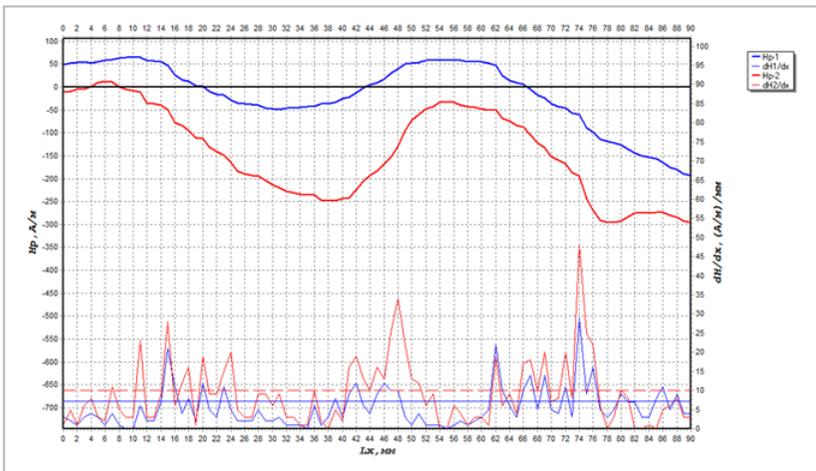


Рис. 2. Напряженность магнитного поля и градиенты напряженности нижнего ряда правой стороны болтового соединения

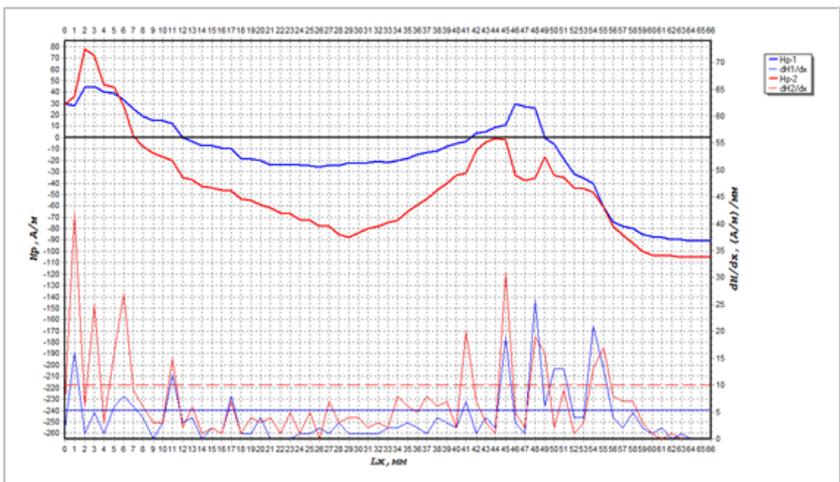


Рис.3. Напряженность магнитного поля и градиенты напряженности верхнего ряда левой стороны болтового соединения

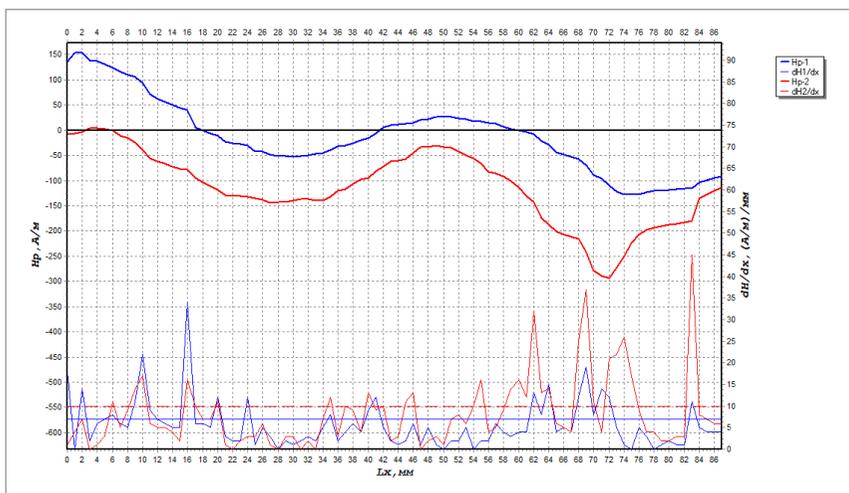


Рис.4. Напряженность магнитного поля и градиенты напряженности верхнего ряда правой стороны болтового соединения

Список литературы

1. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. Учебное пособие - М.: ООО «Энергодиагностика», 2007 - 395 с.
2. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. Изд. ЗАО «Тиссо», 2004. – 424 с.

3. Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля. Учебное пособие - М.: ЗАО «Тиссо», 2008. - 365 с.

4. Коровина М.С. Мониторинг состояния эскалаторов Санкт-Петербургского метрополитена с использованием метода магнитной памяти металла. Сборник докладов седьмой международной научно-технической конференции «Диагностика оборудования и конструкций с использованием магнитной памяти металла» М.: ООО «Энергодиагностика», 2013 - 124 с.

5. Густов Ю.И., Базанова Е.А. Диагностика технического состояния лифтов методом магнитной памяти металлов. Материалы международной научно - технической конференции «Интерстроймех - 2010», г. Белгород, Бел ГТА им. В.Г. Шухова, 2010. – том 1, с. 115-116.

6. Сероштан В.И., Гаах Т.В., Стефанов С.И. Использование метода магнитной памяти металла для диагностирования элементов металлоконструкции лифта. Подъемно-транспортное дело – 2015 № 4-5 – с. 34-37.

Густов Ю.И. , Кенарейкин В.Е.

Обследование направляющих кабины и противовеса пассажирского лифта методом магнитной памяти металлов

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

Для освидетельствования технического состояния лифтов наиболее часто применяются методы: органолептический, ультразвуковой, тензометрический. К их недостаткам относятся невысокая точность диагностирования, технологическая сложность использования, подверженность коррозионному воздействию среды и др.

Метод магнитной памяти металлов (МПМ) является первым из нового поколения диагностики – энергодиагностики, определяющей запас собственной энергии материала и его возможности сопротивляться внешним нагрузкам [1-6].

Обеспечение высокой надежностью эксплуатации лифтов возможно при своевременной оценке их технического состояния и обоснованности срока дальнейшей эксплуатации. Особое значение имеет обследование состояния направляющих кабины и противовеса.

Целью работы является оценка технического состояния направляющих кабины и противовеса пассажирского лифта номинальной грузоподъемностью 320 кг и номинальной скоростью движения кабины 1 м/с со сроком службы оборудования 25 лет для установления возможности дальнейшей эксплуатации лифта.

Целевыми задачами обследования являлись:

1. Инструментальные измерения напряженности магнитного поля и градиентов напряженности направляющих;

2. Оценка напряженно-деформированного состояния направляющих по уровням напряженности магнитного поля и градиентов напряженности;
3. Рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации лифта.

Для обследования использовались прошедшие государственную поверку измерительные приборы: измеритель концентрации напряженности магнитометрический (ИКНМ-2ФП), электромагнитный индикатор трещин (ЭМИТ-1М), дефектоскоп ультразвуковой «Пеленг-115» (УД2-115).

Обследование прибором ИКНМ-2ФП проводилось в режиме одновременного измерения нормальной и тангенциальной составляющих магнитного поля по схеме, указанной на рис. 1.

В результате обследования получены диаграммы напряженности магнитного поля направляющих кабины (рис. 2) и направляющих противовеса (рис. 3).

На диаграммах была выявлена следующая особенность: резкие перепады напряженности магнитного поля через равные промежутки как для нормальной, так и для тангенциальной составляющей поля.

Это обусловлено тем, что поверхность обследования состоит из отдельных элементов таврового сечения одинаковой длины и в местах соединения проявляется краевой эффект. Для исключения искажения результатов анализа эти перепады при рассмотрении графиков градиентов магнитного поля не учитывались.

Для левой нитки (нормальная составляющая) направляющих кабины по каналу информации Нр-1 получено максимальное значение 240 А/м и минимальное значение - 145 А/м; по каналу Нр-2 (тангенциальная составляющая) максимальное значение 125 А/м и минимальное значение - 80 А/м.

По каналу Нр-3 (правая нитка – нормальная) получено максимальное значение 225 А/м и минимальное значение -170 А/м; по каналу Нр-4 (правая нитка - тангенциальная) максимальное значение 75 А/м и минимальное значение -85 А/м.

Для направляющих противовеса получено: по каналу Нр-1 (левая нитка- нормальная) максимальное значение 225 А/м и минимальное значение – 155 А/м; по каналу Нр-2 (левая нитка – тангенциальная) максимальное значение 100 А/м и минимальное значение – 75; по каналу Нр-3 (правая нитка – нормальная) максимальное значение 275 А/м и минимальное значение – 225 А/м; по каналу Нр-4 (правая нитка – тангенциальная) максимальное значение 390 А/м и минимальное значение – 350 А/м.

С учетом баз измерения установлено, что значение градиента напряженности для всех восьми измерений dH/dx в зонах, не подверженных краевому эффекту, незначительно превышает уровень шумов. Максимальное значение зафиксировано на уровне 6 (А/м)/мм.

Анализируя напряженно-деформированное состояние направляющих кабины и противовеса, можно заключить, что зоны концентрации напряжения в металлоконструкциях не проявляются и дальнейшая эксплуатация лифта допустима.

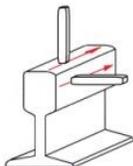


Рис.1 Расположение датчиков в процессе обследования: сверху - датчик, измеряющий нормальную составляющую магнитного поля; сбоку - датчик, измеряющий тангенциальную составляющую магнитного поля

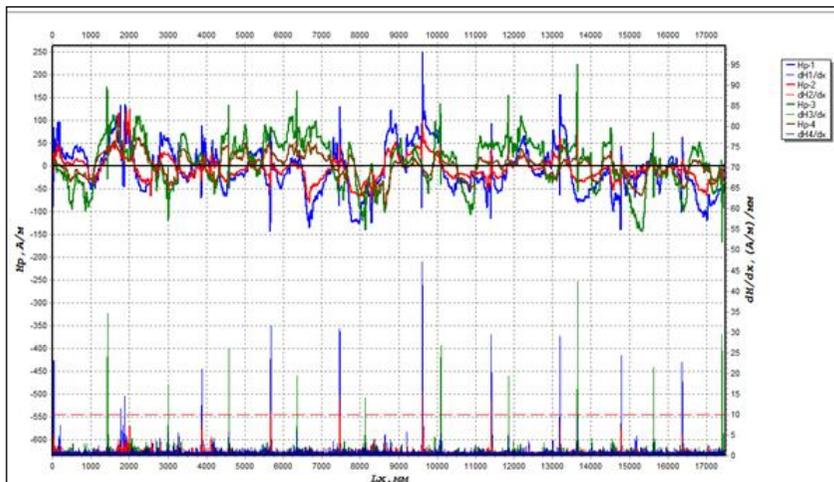


Рис. 2. Напряженность магнитного поля и градиенты напряженности направляющих кабины при измерении нормальной и тангенциальной составляющих

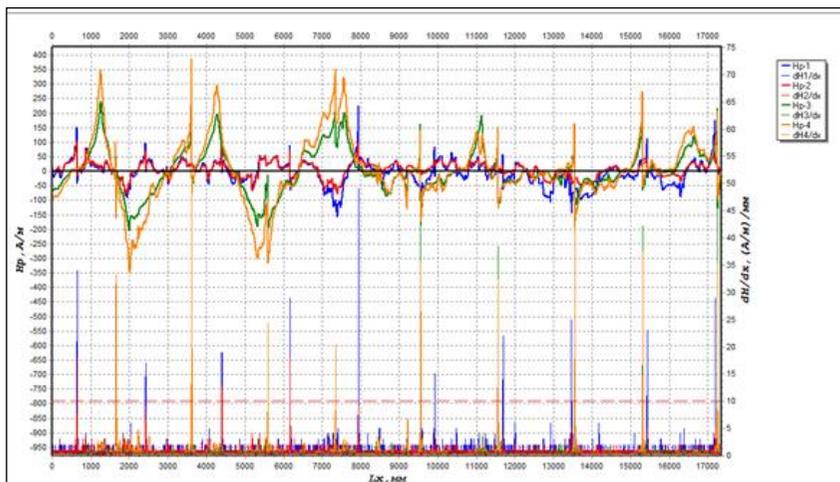


Рис. 3. Напряженность магнитного поля и градиенты напряженности противовеса при измерении нормальной и тангенциальной составляющих

Список литературы

1. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. Учебное пособие - М.: ООО «Энергодиагностика», 2007 - 395 с.
2. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. Изд. ЗАО «Тиссо», 2004. – 424 с.
3. Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля. Учебное пособие - М.: ЗАО «Тиссо», 2008 - 365 с.
4. Коровина М.С. Мониторинг состояния эскалаторов Санкт-Петербургского метрополитена с использованием метода магнитной памяти металла. Сборник докладов седьмой международной научно-технической конференции «Диагностика оборудования и конструкций с использованием магнитной памяти металла» М.: ООО «Энергодиагностика», 2013 - 124 с.
5. Густов Ю.И., Базанова Е.А. Диагностика технического состояния лифтов методом магнитной памяти металлов. Материалы международной научно - технической конференции «Интерстроймех - 2010», г. Белгород, Бел ГТА им. В.Г. Шухова, 2010. - том1, с.115-116.
6. Сороштан В.И., Гах Т.В., Стефанов С.И. Использование метода магнитной памяти металла для диагностирования элементов металлоконструкции лифта. Подъемно-транспортное дело – 2015 № 4-5 – с. 34-37

Габдуллин Т.Р., Хаматов А.А.

Разработка виброприцепа на асфальтоукладчик

Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Казань. Россия

На сегодняшний день известны и применяются во всем мире различные типы дорожной уплотнительной техники и оборудования: самоходные грунтовые и дорожные катки с гладкими вальцами и пневмошинами; кулачковые катки, катки с вибрационным, вибрационно- осцилляционным и статическими принципами действий; трамбовки и виброплиты и т.д.

Уплотнительная техника является одним их ключевых видов техники при строительстве, будь то дорога или даже основание для здания. Это звено при строительстве является незаменимым и поэтому приобретает все больший спрос среди различных строительных организаций (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид уплотнительной техники

Особенностью уплотнительной техники является их сезонное применение, то есть данный вид техники, как правило, невозможно эксплуатировать круглый год. Из этого можно сделать вывод что год содержания уплотнительной техники включает в себя отдельные чередующиеся циклы, которые состоят из рабочих (рабочий сезон) и холостых периодов (периоды простоя). Катки и другая уплотнительная техника обеспечивают обслуживание большой площади рабочей зоны и получить стабильную и уплотненную поверхность, позволяющую возводить строительные объекты на полученном основании.

Увеличение производительности и улучшение технико-экономических показателей подъемно-транспортных машин, повышение их надежности прочности, и долговечности тесно связано с применением современных методов расчетов и конструирования.

Обзор уплотнительной техники

С помощью катков осуществляется механизация основных технологических процессов и вспомогательных работ, они являются неотъемлемой частью современного строительства. Малые самоходные и ручные катки используются при уплотнении тротуаров, узких проходов и при ямочном ремонте. Использование данных катков, при необходимости, также возможно и внутри больших помещений.

Средние самоходные и прицепные катки с гладкими вальцами используются при уплотнении асфальтобетонной смеси и при уплотнении грунтового основания.

Тяжелые катки с гладкими вальцами используют на завершающем этапе уплотнения грунтового основания и твердого дорожного покрытия. В никаких других сферах использование данного вида катков невозможно.

Отличительной особенностью вышеописанных видов катков является их эксплуатационная масса, но кроме эксплуатационной массы различают катки по виду рабочего оборудования- вальцам.

На данный момент различают следующие виды рабочего оборудования и метода воздействия катков:

- статическое и вибрационное уплотнение;
- гладковальцовые, решетчатые, кулачковые, пневмошинные;
- комбинированные и тандемные.

Различают техническую и эксплуатационную производительность катков.

Техническая производительность Π_t , м²/ч - это наибольшая возможная производительность катка при непрерывной работе в данных конкретных условиях. Определяется по формуле 1:

$$\Pi_m = 1000 LB_v / m \times [n \times (n_1 / v_1 + n_2 / v_2 \dots n_i / v_i) + n_p], \quad (1)$$

где: L - длина захватки, м;

B_v - ширина уплотняемой полосы, м;

n - общее число проходов катка по одному следу;

n_i - число проходов катка с i -й скоростью;

v_i - средняя скорость i -го прохода катка, км/ч;

t_p - время реверсирования или разворота (в среднем 0,001 ч);

m - число проходов для однократного перекрытия ширины участка.

$$m = (B_y - f) / (B_k - f), \quad (2)$$

где: f - заданная величина перекрытия смежных полос, м;

B_k - ширина захвата рабочих органов катка, м.

Полученное значение m округляют до большого целого числа.

Эксплуатационная производительность, в отличие от технической, учитывает использование катков по времени, степень организации работ, квалификацию машиниста.

Годовая эксплуатационная производительность, м²/год:

$$\Pi_3 = K_3 \times K_6 \times K_m \times \Pi_m \times T_2 \quad (3)$$

где: T_2 - годовой фонд рабочего времени, ч;

K_6 - коэффициент использования внутрисменного времени, учитывающий простой по организационным причинам, неучтенные при определении годового фонда рабочего времени техники;

K_m - коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной, учитывающий перерывы по конструктивно-техническим и технологическим причинам;

K_3 - коэффициент загрузки, учитывающий, что катки являются одним из звеньев комплексной механизации дорожно-строительных работ и их загрузка зависит от работы других машин.

Исходя из данных формул можно сделать вывод что катки, являясь довольно совершенным видом техники, имеют относительно малую производительность. Причиной этому является наличие ряда нюансов в конструкции и эксплуатации данной техники, а именно:

- ограниченный по ширине рабочий орган;
- наличие холостого хода в рабочем цикле;
- необходимость многократного прохождения по одному и тому же следу;
- непостоянство скорости движения;

- сдвиг уплотняемого материала из за цилиндрической формы рабочего органа.

Кроме катков существуют такие виды уплотнительной техники как трамбовка и виброплита.

Виброплита- самостоятельная вибрационная установка для уплотнения несвязных грунтов, гравийно-щебёночных материалов и т.д. (рис. 2)



Рис 2. Общий вид виброплиты

Виброплиты обладают повышенной маневренностью и мобильностью, чем обходят легкие и средние катки при использовании в стесненных условиях.

Вибротрамбовка – одна из разновидностей виброплит. Отличается малой площадью и усилием воздействия, чем и уступает виброплитам и каткам. Используется в основном при мелких ремонтных работах, ландшафтном дизайне и т.д. (рис. 3)



Рис. 3. Общий вид вибротрамбовки

Уплотняющие машины (УМ) весьма металлоемки и имеют множество уникальных для каждого деталей, и поэтому требуют больших материальных и трудовых затрат. В связи с этим необходимо построить мало металлоемкие, надежные, совершенные и рациональные конструкции.

Так как использование виброплит является вполне приемлемым решением при уплотнении, возникает вопрос о рациональности их использования, так как виброплиты имеют малую площадь контакта с уплотняемой поверхностью по сравнению с другими видами УМ. Соответственно, требуется разработать конструкцию, учитывающую положительные и отрицательные качества уже существующих видов техники. В данном случае, конструкция представляет собой раму, позволяющую закрепить несколько виброплит для их работы с перекрытием.

Так как основным требованием для рам является жесткость, необходимо подобрать сечение рамы и проверить конструкцию на изгиб и прогиб.

Находим сумму всех сил действующих на раму по оси x и y . На раму будут действовать масса виброплит, масса емкостей для воды и топлива и сила притяжения:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma F_y = 0. \quad F_i = g \cdot m_i, \quad (4)$$

где: F_i – сила, действующая на раму со стороны соответствующего груза, Н;
 g - ускорение свободного падения, м/с²; m_i - масса соответствующего груза, кг.

Далее необходимо найти момент относительно крайней точки А:

$$M_A = F_l \cdot L, \quad (5)$$

где: M_A – изгибающий момент в точке А, Н·м;

F_l - сила, действующая на раму со стороны соответствующего груза, Н;

L - длина плеча соответствующего груза, м.

Определяется момент сопротивления в точке А:

$$W_k = \frac{M_A}{[\sigma]}, \quad (6)$$

где W_k - момент сопротивления в точке А, м³;

M_A – изгибающий момент в точке А, Н·м;

$[\sigma]$ - допустимое напряжение, Н/м².

Определяется прогиб рамы в продольной и поперечной плоскостях.

По ГОСТ 23118-99 допустимое значение прогиба равен $f \leq L/500$. Допускаемый прогиб в продольной плоскости будет равен 0, 7 см, в поперечной – 1, 04 см:

$$f_1 = \frac{Q \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_x}, \quad (7)$$

где: f_1 – прогиб рамы, см;

Q – приложенная нагрузка, Н;
 L - длина соответствующей стороны, см;
 E - модуль упругости, Н/см²;
 I_x - момент инерции сечения осевой, см⁴.

Так как рама представляет собой модульную конструкцию с возможностью разборки/ сборки, требуется провести расчет скрепляемых болтов на срез и подобрать минимальное их сечение. Для этого должно выполняться условие:

$$\tau_i \leq [\tau] \quad (8)$$

где: τ_i – действующее касательное напряжение кН/см²;
[τ]- допустимое касательное напряжение.

Экономическое обоснование проекта

Внедрение данного вида уплотнительной техники позволит повысить экономическую эффективность предприятия. Модульная конструкция повышает ремонтпригодность всей техники в целом. Происходит значительная экономия на металлоконструкциях, так как разработка представляет собой прицеп, а не автономную технику с двигателем, трансмиссией и другими узлами.

Значительно уменьшаются трудозатраты на перевозку, монтаж и демонтаж. Уменьшается время цикла уплотнения, так как виброприцеп позволяет охватывать всю ширину укладываемой поверхности. За счет доуплотнения уменьшаются температурные потери. При работе с трудноуплотняемыми материалами, виброприцеп позволит уменьшить количество проходов катков, следующих за ним, по одному следу.

Список литературы

1. Развитие и современное состояние строительно-дорожной отрасли: учеб. пособие / К.Г. Пугин, В.С. Юшков, А.М. Бургунутдинов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 193 с.
2. В.И.Баловнев и др. Дорожно-строительные машины и комплексы. Машиностроение. - 1988. 243-244 с.
3. Першин М. Н., Артюхина Г. И. Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учеб. пособие /СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 120 с.
4. Добронравов С. С., Дронов В. Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учеб. для строит. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.
5. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. - СПб.: Политехника, 2005. - 423 с.
6. Габдуллин Т.Р. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа. // Известия КГАСУ, 2014, № 4(30). – С. 464-469.

Оборудование для новой технологии разметки

Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Казань. Россия

В целях обеспечения безопасности дорожного движения применяется дорожная разметка, которая должна иметь высокую износостойкость. По правилам ГОСТ Р 51256-2011 в основном в России при нанесении дорожной разметки применяются осевые, сплошные, пунктирные линии, разделительные линии.

Дорожная разметка представляет собой акцентирующие линии, которые наносятся на проезжую часть дороги для ориентирования движения автомобилей и для предотвращения аварий. Процесс нанесения разметки довольно сложен и состоит из нескольких этапов: отметки, подготовка, нанесение, ограждение, использование.

Из года в год количество машин и пешеходов только возрастает. В связи с этим обстановка на дорогах становится все опасней, постоянно возрастает интенсивность дорожного движения.

В настоящее время правильно нанесенная дорожная разметка является важным условием обеспечения и сохранения безопасности на дорогах. При организации работ по нанесению дорожной разметки необходимо особое внимание обратить качеству материалов и методу нанесения разметки. Ведь именно они удлиняют срок эксплуатации разметки, обеспечивают её надежность, хорошую видимость независимо от времени суток и погодных условий.

Отсутствие дорожной разметки снижает скорость автомобильного потока на двадцать пять процентов и существенно повышает аварийность. Красят преимущественно недорогой, бледной краской, которая сохраняется на дорожном полотне пару месяцев (получается мнимая экономия). Принимая во внимание климатические и технологические условия, можно сделать вывод, что огромное количество дней в году дороги вообще остаются без разметки.

Краска всегда считается самым доступным и легким материалом для нанесения дорожной разметки, как в условиях городских автомобильных дорог, так и на дорогах междугороднего назначения. Но маркировка дорожного полотна эмалью не соответствует требованиям, ведь она требует регулярного обновления. Поэтому возникла необходимость поиска новых, более качественных материалов, которые могли бы отвечать современным реалиям и отличаться повышенной устойчивостью к стиранию. Были выявлены несколько альтернативных вариантов. В ходе научных исследований и практических наблюдений лучшие показатели по долговечности и износостойкости показал термопластик.

Термопластик для дорог – это порошковая смесь термопластичной смолы, минерального наполнителя, технологических компонентов и осветлительно белого пигмента. Она не содержит растворителей, а необходимые для нанесения разметки текучие свойства термопластиков приобретаются в результате плавления при температуре 180...220 °С. От качества материала (высокая износостойкость, длительная устойчивость к стиранию), зависит насколько качественно будет построена дорога и сколько сезонов она сможет выстоять. Также термопластик обеспечивает долговечность разметки и способен выдержать интенсивную нагрузку.

Обзор существующей техники для нанесения дорожной разметки

В настоящее время существует достаточное количество машин для дорожной разметки. Они обладают способностью работать быстро, качественно и без каких-либо перерывов на отдых.

Надо отметить, что требования к качеству нанесения дорожной разметки постоянно повышаются. Однако и технология ее нанесения развивается с каждым годом. Также можно сделать вывод о том, что новые технологии требуют создания новой техники.

Разметочная техника сегодня обладает очень высокой точностью, которая обеспечивается благодаря полной автоматике; в то же время существует возможность ручного управления. Высокая точность контролируется уточненными процессами дозирования и техникой измерения, а также электроникой разделения штриха и техникой документирования. Эти системы даже при меняющейся скорости движения гарантируют высокую точность.

Обычно техника для дорожной разметки подразделяется на три группы: ручная, самоходная и прицепная. К первой группе относятся ручные маркировщики для нанесения дорожной разметки, а также оборудование для подготовки дорожного покрытия к дальнейшей работе. Самоходная техника чаще всего спроектирована базе автомобильного шасси. К помощи же прицепного оборудования для нанесения дорожной разметки прибегают при выполнении малых объемов работ.

Если говорить о разметочной технике с точки зрения способа ее работы, то в зависимости от применяемых технологий можно выделить следующие группы: техника, используемая для нанесения краски воздушным путем; машины, с помощью которых возможно нанести краску безвоздушным способом; разметочная техника для нанесения термопластиков; оборудование, способное нанести охлажденный спрей-пластик; разметочные машины, предназначенные для распределения термопластика с помощью экс-трудера.

Техника для нанесения разметки различается также по типу используемых разметочных материалов. В этом плане машины дорожной разметки принято делить на два класса — простые лакокрасочные машины и машины для работы с термопластиком.

И еще один класс - техника, используемая для предварительной подготовки дорожного полотна к нанесению дорожной разметки. Сюда относится большое количество вспомогательного оборудования.

Этапы дорожной разметки

Этап №1 - нанесение предварительной разметки.

Её наносят либо вручную, либо при помощи дополнительного оборудования, которое входит в набор разметочных машин. Место нанесения дорожной разметки обязательно ограждается от движения остальных видов транспорта. Определяются основные контрольные точки, основываясь на расположении которых будет наноситься дорожная разметка. Они вычисляются при помощи курвиметра и фиксируются меловыми отметками. Впоследствии на них будет нанесена предварительная разметка.

Этап №2 - подготовка покрытия.

Дорога должна быть чистой без грязи и пыли. Для этого применяют поливомоечную машину или машину со щеточным и воздуходувным оборудованием.

Дорога должна быть абсолютно сухой и чистой для дальнейшего нанесения дорожной разметки. Допускается использование специализированных газовых линеек-разогревателей либо инжекторных газоздушных горелок.

Если на дороге сохранилась старая разметка, которая подлежит изменению, либо же ее толщина составляет более 5 мм, то ее следует предварительно удалить. Также удалению подлежит и старая разметка, если имеется опасность её отслоения вместе с новой.

Удаление негодной дорожной разметки производится разными способами: автоматически (используются специальная техника, которая удаляет старую разметку и при необходимости срезают асфальт толщиной от двух-трех миллиметров), гидравлически (старая разметка смывается под давлением воды, допустимо срезание асфальта, как и при механическом удалении), закрашивание (разметка закрашивается под цвет дорожного покрытия, но только в том случае, если необходимо удалить разметку на небольшой срок, так как время использования такой краски на дорожном покрытии невелико).

Этап №3 - обеспечение безопасности транспорта

Чтобы дорожная разметка была нанесена ровно и не была испорчена под влиянием автомобильного потока, движущегося по дороге, применяют специальные ограждения и знаки. Они устанавливаются в местах покрытия разметки и остаются там до полного высыхания дорожной разметки.

Этап №4 - нанесение дорожной разметки

Сначала красятся осевые линии разметки. Остальные линии дорожной разметки параллельны ей и поэтому наносятся специальной разметочной машиной

Для покрытия дорожной разметки применяются только специальные краски и пластики, отвечающие нормативам ГОСТа.

Разрабатываемое устройство

Основные детали и изделия данного разрабатываемого оборудования приведены на рис. 1.

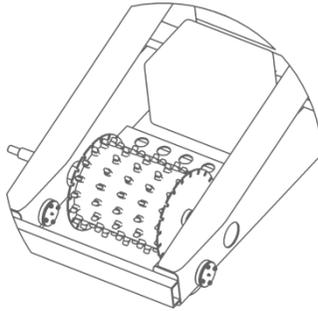


Рис. 1. Общее устройство быстросъемное фрезерное оборудования: 1 - колесо (4 шт); 2 - фреза; 3 - диск Ф380; 4 - рама; 5 - бункер для термопластика; 6 - крепление воздуховода; 7 - вал фрезы.

Это оборудование позволит повысить качество нанесения дорожной разметки и увеличить производительность работ. Предлагаемое оборудование может легко навеситься к определенному мини погрузчику.

В данном устройстве сначала при помощи диска режется слой асфальта глубиной до 60 мм, чтобы края канавки под разметку были ровными. На втором этапе фреза снимает слой асфальта глубиной до 50 мм. Затем потоком направленного через сопла воздуха из компрессора очищается асфальт от грязи, пыли и прочего мусора. Далее на сухую и очищенную поверхность через сопла заливается усиленный термопласт. Глубина фрезерования должна быть меньше толщины заливки на 5 мм, обеспечивающая небольшое выступление разметки над дорожным покрытием. Такая технология нанесения дорожной разметки обеспечивает ее долговечность до четырех лет в зависимости от интенсивности дорожного движения и климатических условий. При этом обеспечивается достаточная видимость дорожной разметки в зимнее и темное время суток, а также стойкость к скольжению и долговечность. Соответственно не нужно будет каждый сезон менять старую разметку и наносить новую.

В расчетной части проверим конструкцию рамы на изгиб.

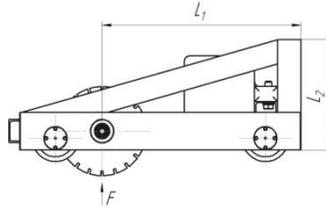


Рис. 2. Схема проектируемого оборудования

Найдем максимальное напряжение по формуле [1]:

$$\delta_{max} = M_x / W_x \quad (1)$$

где: δ_{max} – допустимое напряжение на изгиб, Н/см²;

M_x – максимальный изгибающий момент, Нм;
 W_x – момент сопротивления изгиба выбираем в соответствии с конструкцией рамы I_2 ; Это сечение в самом нагруженном месте. $W_x = 1100 \text{ см}^3$;
Максимальный момент изгиба $M_{x_{max}}$ рассчитаем по формуле[2]

$$M_{x_{max}} = F * L_1, \quad (2)$$

где F – сила, действующая на фрезу, Н;

L_1 – расстояние от оси вращения барабана до закрепления, мм. $L_1 = 85 \text{ см}$:

$$M_x = 19,62 * 85 = 1667,7 \text{ кН*см.}$$

Исходя из формулы [1] получим максимальное напряжение

$$\delta = 1667,7 / 1100 = 1,5 \text{ кН/см}^2$$

Полученное выражение сравниваем с допустимым напряжением:

$$\delta_{\text{доп}} = 12 \text{ кН/см}^2; \quad \delta_{\text{доп}} > \delta. \quad (3)$$

Исходя из этого следует, что выбранная рама по допускаемым нагрузкам подходит и имеет необходимый запас прочности.

Экономическое обоснование проекта

В настоящем для нанесения разметки используют иностранные машины и оборудования. В этом же оборудовании все детали и узлы, за исключением фрезы, отечественные. Тем самым не нужно будет заказывать у иностранных производителей. Это приведет к значительной экономии.

В завершении скажу, что в 2015 году в Казани на выполнение работ по нанесению дорожной разметки было потрачено около 10 млн рублей. В этом году расходы несомненно возрастут. Если же дорожная разметка будет освежаться раз в четыре года, будет весьма ощутимая выгода экономия финансовых ресурсов. Следовательно, создание и внедрение предлагаемого оборудования и технологии окупятся в кратчайшие сроки и с большой выгодой.

Список литературы

1. Безопасность технологических процессов и производств / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.П. Пономарев, Н.И. Сердюк. - М.: Высшая школа, 2002. – 333 с.
2. Бабусенко С.М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий. – М.: Агропромиздат, 1990. – 134 с.
3. Косилова, А.Г. Справочник технолога - машиностроителя / А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 2005. - 648с.

4. Экономика предприятия: учебник / под ред. В.Я. Горфинкеля, В.А. Швандара, - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 670с.
5. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. - СПб.: Политехника, 2005. - 423 с.
6. Шарапов Р.Р., Романович А.А., Харламов Е.В. Строительные и дорожные машины и оборудование: лабораторный практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 125 с.
7. Габдуллин Т.Р. Нанесение дорожной разметки на влажное дорожное покрытие. // Известия КГАСУ, 2016, № 1(35). - С. 240-246.
Габдуллин Т.Р., Зимдеханов М.М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа. // Известия КГАСУ, 2014, № 4(30). - С. 464-469.

Габдуллин Т.Р., Залалдинов И.Ф.
Разработка крана с нулевым прогибом

Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Казань. Россия

В современном мире известны различные типы кранов: башенные, козловые, мостовые, консольные, гусеничные, пневмоколесные и др. краны.

Грузоподъемные краны занимают лидирующее место в системе машин для механизации строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Практически во всех строительных площадках, производственных корпусах и складах предприятий используются грузоподъемные краны.

Краны являются грузоподъемными машинами циклического действия, рабочий процесс которых включает в себя отдельные чередующиеся циклы, состоящие из рабочих и вспомогательных периодов. Краны обеспечивают обслуживание большой площади рабочей зоны, которая равна двойному вылету (башенных, пневмоколесных и гусеничных кранов) и ходу грузовой тележки (козловых и мостовых кранов), умноженному на длину подкрановых путей [1].

Повышение производительности и улучшение технико-экономических показателей подъемно-транспортных машин, гарантирование их надежности прочности, и долговечности тесно связано с применением современных методов расчетов и конструирования.

Обзор кранов

С помощью кранов осуществляется механизация основных технологических процессов и вспомогательных работ, они являются неотъемлемой частью современного производства.

Краны на колонне свободностоящий с ручным поворотом консоли (ККР) или с механическим поворотом консоли (ККМ) используются для механизации работ по подъему и перемещению грузов. Данные краны консольные могут использоваться в помещениях (*категория размещения У3*), и на открытом воздухе (*категории размещения У1 и У2*) при температуре воздуха от -21°C до $+42^{\circ}\text{C}$ (по запросу от -40°C). Режим работы крана с ручным приводом А2 по ISO 4301/1, с механическим приводом А4 по ISO 4301/1 по ГОСТ 25835-83. Данные краны выполняют подъем груза с его перемещением на угол не более 360 градусов в горизонтальной плоскости [2].

Подъемно-транспортные машины (ПТМ) весьма металлоемки, и поэтому требуют больших материальных и трудовых затрат. В связи с этим необходимо построить мало металлоемкие, надежные, совершенные и рациональные конструкции.

Отличительной особенностью данного типа крана на колонне является угол поворота консоли (стрелы), который равен 360° . После одного полного оборота стрелы вокруг колонны, она идет в обратном направлении в исходное положение. При наличии кольцевого токосъемника стрела может производить в одном направлении более одного оборота. Кран консольный на колонне монтируется непосредственно к фундаменту, который способен выдержать нагрузку, создаваемую краном в нагруженном состоянии. На рис. 1 показаны способы крепления крана к фундаменту.

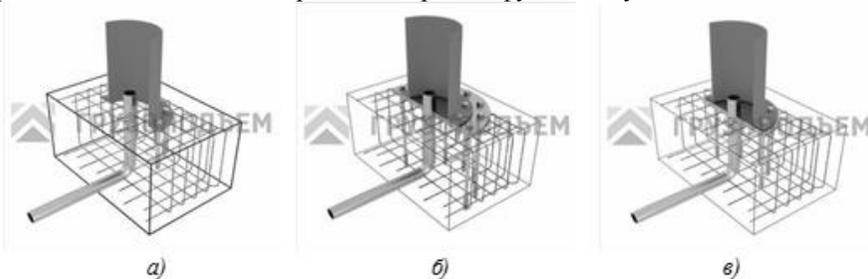


Рис. 1. Способы крепления крана к фундаменту: а) крепление с помощью анкерных болтов непосредственно к подготовленному фундаменту; б) крепление к переходному фланцу, закрепленному с помощью анкерных болтов непосредственно к подготовительному фундаменту; в) крепление через переходной фланец с помощью анкерных болтов непосредственно к подготовительному фундаменту

Монтаж консольного крана на колонне осуществляется на заранее подготовленный фундамент, где установлены анкерные болты, либо монтируется на имеющееся бетонное покрытие с помощью специальной системы химических анкеров. По усмотрению заказчика есть возможность укомплектовать консольный кран на колонне различными опциями и системами безопасности. В качестве грузоподъемного механизма можно использовать ручные или электрические тали.

Консольные краны - стреловые с поворотными и неповоротными частями (рис. 2). К ним крепится стрела с полисипастом на ее конце. К его подвижной обойме подвешено грузозахватное устройство. Обойма может быть установлена на подвижной каретке (тележке), которая перемещается вдоль стрелы. Груз в подобных кранах находится вне опорного контура крана. К консольным относятся стационарные, мачтово-стреловые, башенные краны, большая группа самоходных стреловых кранов (гусеничных, рельсоколесных, пневмоколесных, на шасси автомобильного типа, автомобильных, тракторных, кранов- трубоукладчиков, мощных монтажных кранов) (2)

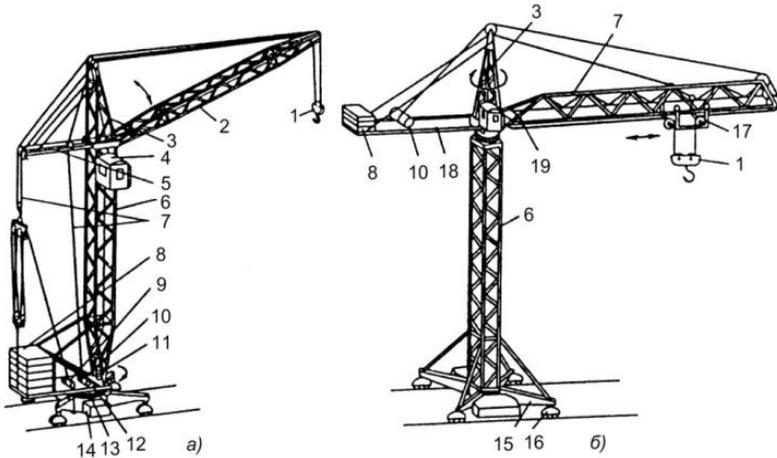


Рис. 2. Башенные краны: с поворотной башней и подъемной стрелой:

- а) с неповоротной башней и балочной стрелой; б) 1 - крюковая подвеска; 2 - стрела; 3 - оголовок; 4 - кабина; 5 - распорка; 6 - башня; 7 - канаты; 8 - противовес; 9, 10, 19 - лебедки; 11 - механизм поворота; 12 - платформа; 13 - опорно-поворотное устройство; 14 - балласт; 15 - ходовая рама; 16 - ходовая тележка; 17 - грузовая тележка; 18 - противовесная консоль

Правильное сочетание противовеса и балласта, при минимальной суммарной их массе, позволяет обеспечить устойчивость крана.

Так как в рассматриваемой конструкции, кран в целом высокий, необходимо рассчитать его на устойчивость. Устойчивость стержня определяется по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{r_{\min}}, \quad (1)$$

где: μ - коэффициент, учитывающий способ заделки стержня;

L - расчетная длина сжатого стержня, мм;

r_{\min} - минимальный радиус сечения тела, мм.

Минимальный радиус инерции определяется из формулы:

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I}{A}}, \quad (2)$$

где: I - минимальный момент инерции сечения стержня, мм^4 ;
 A - площадь сечения, мм^2 .

Минимальная площадь сечения тела с учетом устойчивости определяется по формуле:

$$A \geq \frac{F}{[\sigma] \cdot \varphi}, \quad (3)$$

где: A - площадь сечения, мм^2 ;

F - сила сжатия стержня, Н;

$[\sigma]$ - допустимое сжатие, $\text{кН}/\text{см}^2$;

φ - коэффициент снижения допускаемого напряжения при сжатии.

Расчет крана на жесткость. Находим сумму всех сил действующий на кран по ось x и y . На кран будет действовать масса груза и сила притяжение:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma F_y = 0. \quad F_I = g \cdot m_2, \quad (4)$$

где: F_I - сила сжатия стержня, Н;

g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

m_2 - масса груза, кг.

Далее необходимо найти момент относительно оси поворота в точке А:

$$M_A = F_I \cdot L, \quad (5)$$

где M_A - момент в точке А, Н·м; F_I - сила сжатия стержня, Н; L - длина стрелы, см.

Определяется момент сопротивление в точке А без учета каната:

$$W_k = \frac{M_A}{[\sigma]}, \quad (6)$$

где: W_x - момент сопротивления в точке А, м^3 ;

M_A - изгибающий момент в точке А, Н·м;

$[\sigma]$ - допустимое напряжение, $\text{Н}/\text{м}^2$.

Определяется прогиб стрелы в точке В (без учета действия каната). По ГОСТ 23118-99 для кранов консольного типа допустимое значение прогиба равен $f \leq L/300$. Допускаемый прогиб при длине стрелы 9 м будет равен 3 см. Требуется определить момент в точке А, момент сопротивление а также рассчитать прогиб с учетом каната.

$$f_1 = \frac{Q \cdot L^2}{3 \cdot E \cdot I_x}, \quad (7)$$

где: f_1 - прогиб рамы, см;

Q - приложенная нагрузка, Н;

L - длина соответствующей стороны, см;

E - модуль упругости, Н/см²;

I_x - момент инерции сечения осевой, см⁴.

Требуется определить момент в точке А, момент сопротивления а также рассчитать прогиб с учетом каната:

$$M_A = F_1 \cdot (L_1 - L_2), \quad (8)$$

$$W_k = \frac{M_A^2}{\sigma}, \quad (9)$$

$$f_2 = \frac{Q \cdot (L_1 - L_2)^2}{3 \cdot E \cdot I_x}, \quad (10)$$

где: L_1 - длина стрелы, см;

L_2 - расстояние от колонны до монтажной проушины каната, см;

f - прогиб стрелы, см;

I_x - момент инерции сечения осевой, см⁴;

σ - сжатие стержня, кН/см².

Сравниваем значение с учетом и без учета каната. Из всех расчетных данных прогиб с учетом каната будет минимальным $f_1 \geq f_2$.

Используют балласты (дополнительные грузы), уложенные на ходовой раме или портале, которые служат для обеспечения устойчивости крана как в рабочем, так и нерабочем состояниях.

На кранах с неповоротной башней противовес подвешивается на противовесной консоли, а на кранах с поворотной башней укладывается на поворотной платформе. Балласт устанавливается на ходовой раме либо на портале (рис. 3).

Основной проблемой башенных и стационарных кранов является прогиб вылета стрелы.

Для решения этой проблемы предлагается использовать два датчика высоты и электроталь. Контрольный датчик высоты закреплен на отметке 0,0 по стреле. При прогибе стрелы датчики передают сигнал датчику на электротали, расположенному на нижней части поворотной колонны. Прогибание вылета крана, за счет действия электротали, сводится к нулю.

В башенных кранах канат постоянно находится в натянутом состоянии. При отсутствии прогиба в данной конструкции канат никакую нагрузку не воспринимает. Это является плюсом. За счет отсутствия противовеса уменьшается масса крана и, соответственно уменьшается нагрузка на фундамент. Это очень важный аспект: чем меньше нагрузка на фундамент, тем меньше площадь и глубина заливки.



Рис. 3. Установка балласта

Экономическое обоснование проекта

Внедрение на предприятии данного крана позволит повысить экономическую эффективность предприятия. За счет отсутствия противовеса происходит значительная экономия на металлоконструкции, отсутствуют трудозатраты на его монтаж и демонтаж. Кран консольный при минимальной площади для его установки, может осуществлять передвижение груза со значительным уровнем высоты. Передвижение грузов при помощи электрических консольных кранов может производиться и по линии вылета стрелы, и по радиусу поворота самой консоли.

Список литературы

1. Гудков Ю. И. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов: учебник для нач. проф. образования / Ю. И. Гудков, М. Д. Полосин. - М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 400 с.
2. Игумнов С. Г. Стропальщик. Грузоподъемные краны и грузозахватные приспособления : учеб. пособие/ С.Г.Игумнов. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 64 с.
3. Абрамович И. И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник/ И. И. Абрамович, В. Н. Березин, А. Г. Яуре. - М.: Машиностроение, 1989. - 360 с.
4. Добронравов С. С., Дронов В. Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учеб. для строит. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.
5. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1, Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов их приводов и металлических конструкций/В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е.Звягин и др.: Под общ. ред. М. М. Гохберга. - М.: Машиностроение, 1998. - 536 с.
6. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. - СПб.: Политехника, 2005. - 423 с.
7. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В., Брагин И.Г., Ключков В.В. Ходовое оборудование стрелового самоходного крана грузоподъемностью свыше 100 т повышенной мобильности и устойчивости // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 3. С. 112-115.

Нанесение дорожной разметки методом геопозиционирования

Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Казань. Россия

На сегодняшний день существует два способа нанесения дорожной разметки: краской и термопластиком. Нанесения разметки краской намного быстрее, чем термопластиком, но при этом нанесенного слоя хватает на месяц интенсивного использования. В связи с этим, большую популярность набрал метод нанесения разметки термопластиком, который служит в восемь раз дольше по времени [...].

Для нанесения термопластика используется специальная дорожно-разметочная машина КОНТУР-700ТП. Его рабочий процесс состоит из отдельных чередующихся циклов, включающих в себя автоматизированные и механические периоды. Он обеспечивает выполнения всего заданного объема за сезон, но в связи с присутствием ручного труда, процесс нанесения разметки сильно затягивается.

Увеличение производительности и улучшение технико-экономических показателей дорожно-разметочных машин, повышение их автоматизации, надежности и быстродействия неразрывно связано с применением новейших методов расчета и конструирования.

Обзор метода геопозиционирования.

Разметка - это неотъемлемая часть дорожного движения, устанавливающая правильный ход автомобильного потока. Разметка наносится строго по ГОСТ 51256-99 с согласованием Госавтоинспекцией и должна учитывать изменения потока дорожного движения, если они есть. В зависимости от дорожной ситуации и выполняемых работ возможна корректировка разметки.

При нанесении дорожной разметки большая часть времени уходит на расчерчивание её на дорожном полотне и дальнейшая её корректировка. Если нанесение самой разметки занимает по времени около 12 мин на 500 метров, при рабочей скорости машины 5 км/ч, при соблюдении всех требований и технологий нанесения термопластика, то на расчерчивание по времени уходит намного больше времени, порядка 30 мин, в зависимости от участка, где ведутся работы. Это ведет еще и к большим экономическим потерям. Например, при нанесении предварительной разметки техника делает один холостой круг, а при корректировке, может уйти и на второй, что влечет дополнительные расходы горюче-смазочного материала.

Увеличивается также время на выполнение работ. Работы по нанесению дорожной разметки носят сезонный характер и сильно зависят от погодных условий. Следовательно, за период времени, в котором уже могла быть нанесена разметка, погода может измениться и пойти дождь, останавливающий весь процесс работы.

Соответственно, появляются вынужденные потери: на горюче-смазочные материалы сопровождающих машин, которые обеспечивают безопасное движение разметочной машины по проезжей части, на тягач, который доставляет и увозит с места работы саму разметочную машину, в том числе и на заработную плату рабочих. Так же урон наносится и на рабочий материал - термопластик, которым наносится сама дорожная разметка. Он теряет свои основные качества, так как не был использован своевременно. Из-за задержки по погодным условиям термопластик остынет и его придется повторно нагревать до рабочей температуры, что в определенной степени снижает его рабочие характеристики.

Для решения этих проблем предлагается применить геопозиционный метод нанесения дорожной разметки. Пользуясь ею, сначала снимаются данные с местности с максимальной точностью и, пройдя компьютерную обработку, система способна автоматически наносить на проезжую часть разметку, что даст большой выигрыш во всем в следующем сезоне работ, так как база координат будет полностью заполнена и система полноценно заработает в полную силу.

На разметочную машину устанавливается датчики реального времени для точного снятия координат, и для дальнейшего занесения их базу данных. Для снятия координат используется датчик Trimble BD910, который будет передавать все снятые данные на базу. Для их установки нужно заново разработать визер, который будет жестко прикреплен к раме, в отличие от его предыдущей версии. Так же на экструдере будет установлена дополнительная платформа, для размещения оптических датчиков и лазера, контролирующие подачу стеклошариков и неразрывность дорожной разметки и в случае сбоя, останавливающего весь процесс, который будет программироваться в блоке управления Trimble CB 450.

Для блока Trimble CB 450 разрабатывается новое рулевое управление с электродвигателем, чтобы он направлял машину точно по координатам, находящимися в базе. Так же на машину будет установлена антенна MS992, модем поправки для контроля и уточнения координат SNM940 и 2 датчика поперечного и продольного наклона AS400, для поправки координат в случае продольного или поперечного уклона машины. Весь процесс работы будет проходить под управление программного обеспечения VISION LINK. В случае изменения дорожного полотна, проект легко отредактируется под измененные значения.

Предлагаемая разработка дает максимальное ускорение рабочему процессу, без потери качества работы. Исключается человеческий фактор, так как система становится автоматической и оператору машины остается лишь контролировать процесс нанесения слоя. Снижается усталость оператора, это большое преимущество в сезон работ, оператор сможет быстро принимать ответственные решения, которые влияют на качество работы, так как часть работы будет с него снята.

Своим быстродействием устройство увеличивает объем выполняемых работ. Так же при реконструировании дороги внесенные данные в программное обеспечение можно будет легко скорректировать, внести новые данные и продолжить работы. Внедрение разрабатываемой системы так же сокращает рабочую бригаду на два человека, что снижает финансовые затраты компании.

Экономическая целесообразность проекта

Заработная плата рабочих за сезон работы

$$C_{ЗП} = L \cdot C_{ЗП \text{ В ДЕНЬ}} \cdot D_{РАБ} \cdot K_{БФ}, \quad (1)$$

где: $C_{ЗП}$ – заработная плата рабочих за весь сезон работы, руб.;

L – количество рабочих в бригаде;

$C_{ЗП \text{ В ДЕНЬ}}$ – заработная плата рабочего за смену, руб.;

$D_{РАБ}$ – общее количество рабочих дней за сезон работы;

$K_{БФ}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в инстанции.

Общее количество рабочих дней за сезон

$$D_{РАБ} = D_{ОБЩ} - D_{ВЫХ} - D_{ДОЖДЬ} \quad (2)$$

где: $D_{ОБЩ}$ – общее количество дней за сезон работ;

$D_{ВЫХ}$ – общее количество выходных дней за сезон работ;

$D_{ДОЖДЬ}$ – общее количество дней с осадками за сезон работы.

Сумма аренды техники за сезон работы, руб.

$$A = D_{РАБ} \cdot A_{ДЕНЬ}, \quad (3)$$

где $A_{ДЕНЬ}$ – цена аренды техники за один день, руб.

Расходы на горюче – смазочные материалы, руб.

$$P = Z_{СМЕНА} \cdot Ц_{ГСМ} \cdot D_{РАБ}, \quad (4)$$

где: $Z_{СМЕНА}$ – заправка в смену, л;

$Ц_{ГСМ}$ – цена за литр горюче–смазочного материала, руб/л;

Подсчитав время работы в режиме ручного труда определяем отношение во сколько раз предлагаемая система геопозиционирования дает ускорение в работе

$$t_{р,р} / t_{р,р} \quad (5)$$

где: $t_{р,р}$ – время, затраченное на работу в ручном режиме, мин;

$t_{р,р}$ – время, затраченное на работу в автоматическом режиме, мин.

Общее количество дней, необходимых для выполнения работ

$$D_{РАБ.ЗАТ.} = D_{РАБ} \cdot t_{р,р} / t_{р,р}, \quad (6)$$

Далее определяется сумма на зарплату рабочих, на аренду техники и на горюче - смазочные материалы заменив $D_{РАБ}$ на $D_{РАБ.ЗАТ.}$. Сравнивая полученные результаты можно легко подсчитать во сколько раз применение предлагаемой системы геопозиционирования позволила сократить первоначальные расходы.

Экономическое обоснование проекта

Введение в компанию метода геопозиционирования позволит повысить экономическую эффективность предприятия. За счет отсутствия затрат на предварительную разметку, большая часть времени будет затрачена на основную работу. При работе системы увеличивается скорость работы, что сокращает время выполнения объема, это сокращает затраты на горюче - смазочные материалы, заработную плату и на аренду техники. Системой не нужно будет управлять, а только контролировать, что в разы увеличит качество выполняемых работ. Данная система будет давать новые возможности по развитию компаний, использующих вышеописанную технологию.

Список литературы

1. Долгополов Б.П., Доценко Г.Н., Зорин В.А. и др. Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. – М.: Академия, 2010. – 576 с.
2. Шарапов Р.Р., Романович А.А., Харламов Е.В. Строительные и дорожные машины и оборудование: лабораторный практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 125 с.
3. Габдуллин Т.Р. Нанесение дорожной разметки на влажное дорожное покрытие. // Известия КГАСУ, 2016, № 1(35). - С. 240-246.
4. Габдуллин Т.Р., Зимдеханов М.М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа. // Известия КГАСУ, 2014, № 4(30). - С. 464-469.
5. Романович А.А., Харламов Е.В. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных и коммунальных машин. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 127 с.
6. Абрамов А.Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации / А.Т. Абрамов. - Барнаул: Изд-во АГАУ, 2002. - 68 с.

Экспериментальное определение эмпирических параметров математической модели для пневматического гвоздезабивателя

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Математическая модель [1] содержит параметры, подлежащие определению опытным путем ввиду отсутствия достоверных методик вычисления и справочных данных их численных значений.

Адекватность построенной модели была проверена экспериментально. Основная суть представлена в источнике [2].

На данном этапе работы решалась задача получения эмпирической информации по определению силы $F_{вн}$, необходимой для внедрения гвоздя в массив древесины. Определение величины силы $F_{вн}$ проводилось статическим и динамическим способами.

Динамический способ реализуется путем сбрасывания грузов на копре рис. 1. Он основан на экспериментальном определении кинетической энергии E (табл. 1 а), необходимой для внедрения гвоздя на всю длину в массив древесины, путем сбрасывания груза(рис. 1 а).

Для этого был создан экспериментальный стенд, который представляет собой каретку свободно перемещающуюся по направляющей (рис 1 а). Длина хода каретки по направляющей составляет 760 мм и в ходе эксперимента не меняется.

Учет сил трения каретки с падающим грузом производился путем введения поправочного коэффициента K :

$$E = K(m) \cdot E^{\text{расч}}, \quad (1)$$

где: m – масса груза, кг;

$E^{\text{расч}}$ – расчетное значение кинетической энергии, Дж.

Численные значения поправочного коэффициента определялись по величинам перегрузок, возникающих во время удара нагруженной каретки о препятствие и фиксируемых с помощью пьезоэлектрического акселерометра (рис. 1 б).

Вычисления среднего усилия (Табл. 1 б) внедрения производилось по формуле (1)

$$F_{вн}^{\text{ср}} = \frac{E}{l_{гв}} \quad (2)$$

Определение зависимостей затрачиваемой энергии E от глубины забивки x , производилось путем частичного забивания гвоздей на различную глубину погружения (рис. 2).

Статический способ подразумевает:

- относительно медленное вдавливание гвоздей в массив древесины со скоростью 5 ... 8 мм/с на гидравлическом прессе с цифровой записью осциллограммы для каждого опыта (рис. 3);
- интегрирование опытных данных осциллограмм и вычисление затраченной работы для каждого случая (Таблица 2);
- определение аппроксимирующих зависимостей (3).

$$F_{\text{вн}} = f(x), x = 0 \dots l_{\text{ГВ}} \quad (3)$$

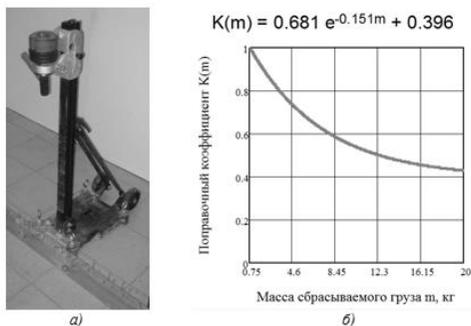


Рис. 1. Эксперимент по определению энергии, затрачиваемой на забивание гвоздя; а). испытательный стенд; б). Зависимость поправочного коэффициента K при расчете кинетической энергии падающего груза, учитывающий потери на трение каретки

Таблица 1а. Энергоемкость забивки гвоздей в массив древесины (береза) *
ГВОЗДЬ С НАСЕЧКАМИ.

Энергия E , Дж	Длина гвоздя, мм										
	16	20	25	32	40	50	60	70	75	90	100
2	5	7	9	12	17						
2.5	7	9	12	16	20	26	31				
3	7	9	12	16	21	26	32	38			
3*	21	23	24	26	29	33	36	39	40		
3.5	18	20	21	23	27	30	33	37	38	43	
4	18	20	21	24	27	31	34	38	40	45	49

* гвоздь с насечками.

Таблица 1 б. Среднее усилие эквивалентное работе забивки гвоздей в массив древесины (береза)

Усилие $F_{\text{вн}}^{\text{ср}}$, Н	Длина гвоздя, мм										
	16	20	25	32	40	50	60	70	75	90	100
2	313	350	360	375	425						
2.5	438	450	480	500	500	520	517				
3	438	450	480	500	525	520	533	543			
3*	1313	1150	960	813	725	660	600	557	533		
3.5	1125	1000	840	719	675	600	550	528	507	478	
4	1125	1000	840	750	675	620	567	543	533	500	490

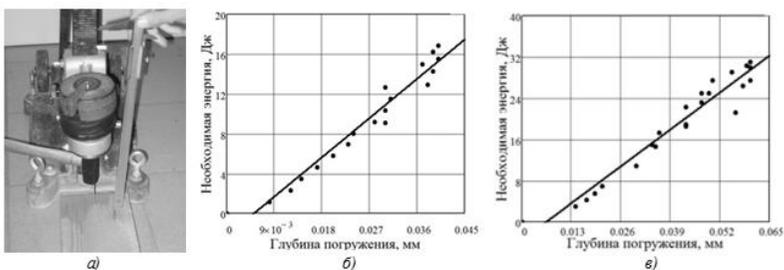


Рис. 2. Определение энергии внедрения гвоздя сбрасыванием груза: а). - общий вид испытательный стенда; б) и в). зависимости энергии внедрения гвоздя от глубины погружения (гвозди 2 * 40 мм и 2,5 * 60 мм соответственно)

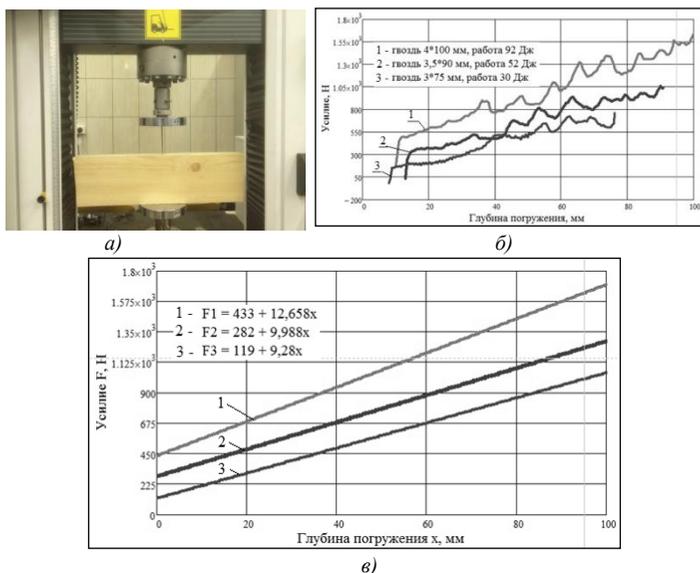


Рис. 3. Определение усилия внедрения гвоздя на прессе: а) общий вид испытательного стенда; б) примеры полученных осциллограмм; в) аппроксимирующие зависимости

Таблица 2. Энергоемкость статического вдавливания гвоздей в массив древесины (береза).

Работа <i>A</i> , Дж		Длина гвоздя, мм		
		75	90	100
Диаметр	3	30		
	3.5	?	52	
	4			92

Список литературы

1. Гненный А. А.; Смирнов А. А.; Кожевников Е. А. Исследование динамики ручного гвоздезабивного молотка с 169-174 Материалы 19 Московской Международной Межвузовской Конференции аспирантов и молодых ученых 9 апреля 2015 г Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана».

2. Гненный А. А. Исследование динамики рабочего процесса ручного монтажного пистолета с. 127-131 Материалы XX Московской Международной Межвузовской Конференции аспирантов и молодых ученых 14 – 15 апреля 2016 г Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. ФГБОУ ВО «Московская государственная академия водного транспорта». М., 2016

Доценко А.И., Буяновский И.А., Лашхи В.Л., Самусенко В.Д.

Оценка триботехнических и моющих свойств масел двухтактных бензиновых двигателей в строительных машинах и инструменте

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Институт машиноведения
им. А.А. Благодирова Российской академии наук,
ЗАО фирма "НАМИ-ХИМ" Москва, Россия*

Двухтактные бензиновые двигатели применяются главным образом, там, где основными параметрами выбора являются высокая удельная мощность, легкий вес и низкая цена (например, в строительном оборудовании, генераторах, бензопилах и другой малогабаритной технике [1]).

Важной характеристикой моторных масел для бензиновых двигателей и дизелей является их температурная стойкость при трении, оцениваемая на четырёхшариковых машинах КТ-2 или МАСТ-1 [2]. При этом была установлена обратная корреляция между критическими температурами ряда моторных масел и износом поршневых колец в четырёхтактных двигателях внутреннего сгорания [3], что позволяет на стадии простых лабораторных испытаний оценивать триботехнические характеристики моторных масел.

Одной из главных особенностей эксплуатации двухтактных ДВС является отсутствие в них системы смазки. Почти во всех двухтактных двигателях применяется одноразовая полностью утрачиваемая смазка. Масло не циркулирует, а рекомендуемое количество моторного масла разбавляют в топливе, и через карбюратор эта топливно-масляная смесь попадает в двигатель.

Смесь проходит через двигатель с большой скоростью, часть масла в виде тонкой пленки оседает на деталях, и именно она осуществляет смазку. Оставшаяся часть масла сгорает вместе с топливом в камере сгорания. Простые двигатели, используют способ смешивания, заключающийся в том, что соответствующее количество масла смешивается вручную с бензином в отношении от 1:20 до 1:100.

В связи с этим к качеству масел для двухтактных бензиновых двигателей предъявляются повышенные требования. Наиболее важными являются: предотвращение интенсивного износа и задира; предотвращение образования отложений и нагара на деталях в камере сгорания[4,5]. Предварительная оценка этих важнейших характеристик масел для двухтактных бензиновых двигателей может быть получена в результате анализа результатов трибологических испытаний этих масел (зависимости коэффициентов трения от температуры и уровень отложений на деталях). Именно это определило выбор метода исследования смазочных свойств масел для данных двигателей в данной работе.

Методика испытаний и исследуемые материалы. В предлагаемой работе температурные зависимости коэффициента трения в среде ряда коммерческих масел для двухтактных бензиновых двигателей были экспериментально получены на машине трения КТ-2, подробно описанной в работе[2].

В качестве образцов использовали стандартные шарики из стали 100Ст6 диаметром 7,98 мм (аналог отечественной стали ШХ-15, применяемой в подобных испытаниях). Испытания проводились в диапазоне температур 30-300°C. Коэффициент трения оценивается через каждые 10-20°C. Продолжительность опыта при каждой конкретной температуре составляла 60 с. Результаты испытаний исследуемых масел представлялись в виде зависимостей коэффициентов трения от температуры (рис. 1). Оправки с нижними шариками после окончания испытаний при максимальной температуре извлекали из масляной чашки, промывали в бензине и визуально оценивали уровень потемнения поверхностей шариков и оправки вследствие образования высокотемпературных отложений.

Основные характеристики испытываемых масел приведены в табл. 1., данные масла одного производителя и соответствуют разным категория. По смазочной способности, согласно классификациям ISO, JASO и NMMA различия между маслами А, Б и В не установлены. По моющим свойствам масла различаются, так моющие свойства масел должны улучшаться в следующем порядке А<Б<В.

Таблица 1. Основные характеристики масел.

Масло	Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с	Базовое масло	Соответствие классификациям
А	9,7	Минеральное	API TB, ISO-L-EGB, JASO FB, NMMA TC-W3
Б	9,5	Частично синтетическое	API TC, ISO-L-EGC, JASO FC, NMMA TC-W3
В	8	Синтетическое	API TD, ISO-L-EGD, JASO FD, NMMA TC-W3

Результаты и обсуждение. В связи с тем, что в доступной нам технической литературе данных о составе испытанных коммерческих масел для двухтактных бензиновых двигателей не имеется, сложно точно определить, что именно влияет на температурную стойкость масел при определенной температуре: состав пакета присадок или базовое масло.

Среди сравниваемых масел (см. рис. 1) температурная стойкость минерального масла А наиболее высокая. Синтетическое масло В исследованном диапазоне температур, наоборот, показало худшую смазочную способность.

Несколько пиков на графике температурной зависимости масла В свидетельствуют о том, что в его составе содержится не менее двух химически активных присадок, образующих на поверхностях трения химически модифицированные слои, обеспечивающие невысокий и стабильный коэффициент трения в различных диапазонах температур. Невысокая температурная стойкость масла В (синтетического) по сравнению с маслами А (минеральным) и Б (частично синтетического), по-видимому, объясняется тем, что синтетическое масло, являющееся основой масла В, при повышении температуры практически не окисляется при повышении температуры в исследуемом интервале, в то время, как масла на минеральной (и даже на частично синтетической основе) окисляются, что повышает температурную стойкость исследуемых смазочных сред при достаточно высоких температурах. Также возможно, что это связано с меньшим содержанием присадок, для обеспечения лучшего моющего эффекта масла.

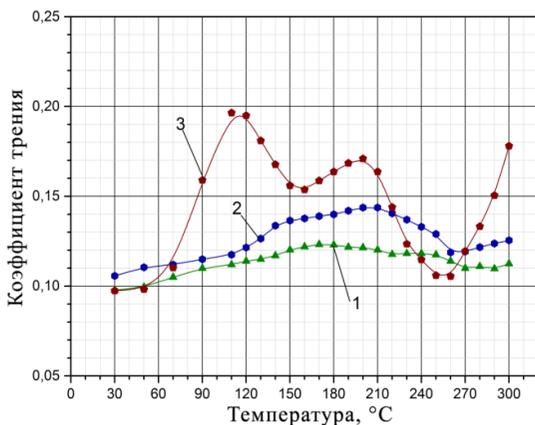


Рис. 1. Изменение коэффициента трения от температуры для масел: 1 – минеральное масло А; 2 – частично синтетическое масло Б; 3 – синтетическое масло В.

Следует отметить что детали узла трения после испытания синтетического масла В имеют меньше всего следов воздействия высоких температур, что свидетельствует о лучших моюще-диспергирующих свойствах масла. В то время как после испытания масла А на оправке видны цвета побежалости. Фотографии оправок, промытых в бензине после испытаний, приведены на рис. 2.



Рис. 2. Фотографии оправки после испытания масел: а – масло А; б – масло Б; в – масло В

Таким образом, установлена возможность дифференциации масел для двухтактных бензиновых двигателей по смазочной способности, а также по моюще-диспергирующим свойствам с помощью температурного метода. В заданных условиях лучшую температурную стойкость проявило масло А на минеральной основе. Масло В на синтетической основе показало наибольший коэффициент трения почти во всем диапазоне температур, однако, лучшие моюще-диспергирующие свойства.

Список литературы

1. Кондрашов В.М., Григорьев Ю.С., Тупов В.В. и др. Двухтактные карбюраторные двигатели внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.

2. Матвеевский Р.М., Лашхи В.Л., Буяновский И.А. и др. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний. – М.: Машиностроение, 1989 – 192 с.
3. Жилко В.Н., Буяновский И.А., Лисенков Ю.Г. О связи между температурной стойкостью моторных масел и их противоизносными свойствами. // Трение и износ. – 1983. – Т.4, №4. – С. 724-727.
4. Мещерин Е.М., Островская М.Е. Масла для двухтактных бензиновых двигателей. Тематический обзор. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1989. – 72 с.
5. Доценко А.И., Лобанов И.Е. Влияние слоя нагара на поверхностях камер сгорания на параметры рабочего тела. // Механизация строительства. – 2009. – №5. – С. 23-26.

Дроздов А.Н., Степанов В.В., Федоров Д.В.

Сравнительная экспресс-оценка качества ручных электрических машин

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Становление рынка строительной техники в РФ и, в частности, ручных машин (РМ), обеспечило выход на него значительного числа разных фирм-производителей и их дилеров с продукцией различного качества.

В настоящее время потребитель в полной мере не может производить обоснованный выбор и эксплуатацию РМ в связи с неполным набором технических характеристик, представляемых в их паспорте. Причиной этого является ограниченный перечень параметров, проверяемых при сертификации РМ, и отсутствие среди них показателей надёжности и производительности. Такая ситуация пагубно сказывается на качестве РМ, заставляя потребителя в ряде случаев оплачивать неподтверждённое качество товара, пагубно сказывается на здоровье людей, а также экологии и охране окружающей среды.

В связи с отсутствием единых методик оценки и контроля таких важных параметров, как вибрационные, параметры надёжности, производительности, не проверяемы при проведении сертификационных испытаний. Это затрудняет проведение оценки качества РМ. Тем не менее, необходимость такой оценки очевидна. Она позволит, создав систему идентификации качества РМ:

- проводить проверку заявленному производителем исполнению (профессиональному, полупрофессиональному, бытовому);
- обеспечить возможность потребителю эффективного выбора РМ и установления «безопасной» продолжительности работы с ними для оператора;
- готовить квалифицированных специалистов по этому классу строительных машин.

Проведение работ в указанном направлении предполагает проведение фундаментальных исследований эффективности распределения энергопотока в энергетической системе «оператор – РМ – среда разработки».

Важным направлением исследований является проведение экспресс-оценок производительности машин и допустимого времени работы с ними. Такие работы проводятся в лаборатории корпоративной кафедры «Малая механизация строительства» НИУ МГСУ.

Приводимые фирмами технические характеристики ручных электрических машин не всегда получены в одних условиях. Поэтому для их сравнительной оценки проведён комплекс испытаний ряда ручных машин ведущих фирм в единых условиях по единой методике. Испытывались пять перфораторов класса SDS-Plus с расположением двигателя вдоль продольной оси машины. Заявленные модели ручных машин и их характеристики по данным производителей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Список и характеристики испытываемых перфораторов

Образец	1	2	3	4	5
Масса, кг	2,9	2,4	2,6	2,3	2,7
Номинальная потребляемая мощность, Вт	720	790	780	800	730
Номинальная энергия единичного удара, Дж	2,6	2,4	2,7	2,3	2,7
Макс. частота ударов, мин ⁻¹	5080	4100	4500	5400	3950
Частота вращения шпинделя без нагрузки, мин ⁻¹	0...1240	0...920	0...1100	0...1230	0...1050
Тип реверса	Щёточный	Щёточный	Щёточный	Электронный	Электронный
Ориентировочная цена (по состоянию на март 2016 года), руб.	4700	8190	8810	7800	8280

Методика проведения испытаний предусматривала измерение для каждой испытываемой модели следующих показателей..... Разрабатываемая среда – бордюрный камень из виброуплотнённого бетона марки М200. Для проведения испытаний использовались система сбора данных на базе 8-ми слотового шасси NI cDAQ и четырехканального модуля NI9234 для измерения динамических сигналов с частотой оцифровки 51,2 кГц/канал и разрядностью АЦП 24 бит, датчик-акселерометр общего назначения однокомпонентный чувствительностью 10 мВ/г с частотным диапазоном 0,5 – 10 000 Гц по уровню не хуже ±3 Дб, обеспечивающим точность 0,0005 g. В качестве программного обеспечения использовался помощник по вибрационным и акустическим измерениям Sound and Vibration Assistant - реконфигурируемый программный комплекс, специально разработанный для проведения интерактивных измерений параметров звука и вибрации без необходимости программирования. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний

Образец	1	2	3	4	5
---------	---	---	---	---	---

Время, затраченное на бурение отверстий, с	Ø 6 мм	9,0	8,5	11,0	8,0	11,0
	Ø 8 мм	9,0	10,0	11,5	10,0	12,0
	Ø 10 мм	10,0	9,0	11,0	10,0	10,5
Среднеквадратичное скорректированное значение виброускорения, м/с ²	на основной рукоятке	12,1	19,4	14,0	17,1	17,0
	на дополнительной рукоятке	13,1	16,7	11,2	12,7	14,3
Потребляемая мощность, Вт	устоявшееся значение	680...700	780...840	740...780	780...815	680...705
	пиковое значение	954	1639	1307	1476	1087

Проведенные испытания позволяют скорректировать возможную продолжительность работы испытываемых образцов.

Допустимая продолжительность работы каждой из представленных моделей за стандартную 8-часовую рабочую смену определена на основе данных по среднеквадратичному скорректированному значению виброускорения согласно 03-2-6.1 «Вибрация: производительность ручного электроинструмента» Европейской ассоциации производителей электроинструмента (European Power Tool Association, ЕРТА) по части 2-6.1 «Перфораторы». Таблица 3. Допустимая продолжительность работы за стандартную 8-часовую рабочую смену.

Образец	1	2	3	4	5
Допустимая продолжительность работы данной моделью за 8-часовую смену, мин	91	62	86	70	70

Список литературы

Дроздов А. Н., Степанов В. В. «Экспериментальное определение вибрационных характеристик ручных машин» Мет. указ.к проведению лабораторной работы. НИУ МГСУ 2015. Оформление ООО «АйПиЭр Медиа», 2015.

**Диагностика сварных швов при проведении экспертизы
промышленной безопасности порталных кранов
из стали St38 b-2**

*Московская государственная академия водного транспорта,
ООО «ИКЦ «КРАН»*

Темпы старения оборудования намного опережают темпы технического перевооружения, а для сварных металлоконструкций необходимость оценки напряженно-деформированного состояния становится все более актуальной и необходимой на всех стадиях жизненного цикла изделия. Как показывает статистика, 70-80 % отказов металлоконструкций связаны со сварными соединениями, хотя площадь зоны сварных соединений в сварных конструкциях не превышает 1,0-1,5 % от общей площади [1]. Анализ показывает, что наиболее распространенными местами разрушений сварных конструкций являются области сварного шва и околошовной зоны.

При проведении экспертизы промышленной безопасности для определения оценки возможности дальнейшей эксплуатации грузоподъемного крана диагностируют 25 % длины всех сварных швов, поэтому для обеспечения надежности эксплуатации крана необходимо знать, в каких сварных швах надо искать дефект. Кроме того, при оценке состояния сварного шва следует учитывать, что дефект может длительное время не развивается в сварном шве [2÷7].

В этом случае нет необходимости сразу устранять данный дефект, так как, согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», пересваривать сварной шов более двух раз нельзя.

Возможность описать реальное качественное и количественно состояние металла в эксплуатации, в том числе и в зоне сварных швов, на основании которого можно сделать вывод о необходимости пересварки шва для устранения дефекта, дает магнитный метод неразрушающего контроля по коэрцитивной силе H_c (далее - МКС).

Известна зависимость величины коэрцитивной силы H_c (А/см) от величины напряжения, в том числе от предела текучести $\sigma_{0,2}$ и предела прочности σ_b для Ст3, Ст20 и 09Г2С, которые представлены на рис. 1 [8] и в табл. 1 [8]. По графикам рис. 1 можно определить магнитные характеристики материала для различных величин действующих напряжений в момент нахождения конструкции под нагрузкой, а также после снятия нагрузки. Если при обследовании выявлено, что значения этих характеристик для конкретного участка или сварного шва элемента металлоконструкции находятся в упруго-пластичной зоне, то следует провести дополнительное обследование другим методом неразрушающего контроля. Обследование сварных швов с помощью МКС не требует подготовительных работ, занимает минимальное время. Однако из-за отсутствия единой теории магнитной структуроскопии, использование МКС требует определения зависимостей магнитных характеристик от величин напряжений для конкретных сталей.

В данной статье приводятся впервые полученные авторами результаты исследования для стали St38 b-2 с построением регрессионной зависимости между значениями магнитных параметров текучести (H_{ct}), прочности (H_{cb}) и величинами механических характеристик текучести ($\sigma_{0,2}$), прочности (σ_b). Сталь St38 b-2 широко применяется на большинстве (порядка 70 %) порталных кранах, а именно, на грузоподъемных кранах типа «Альбатрос», «Кондор», «Сокол» и «Альбрехт».

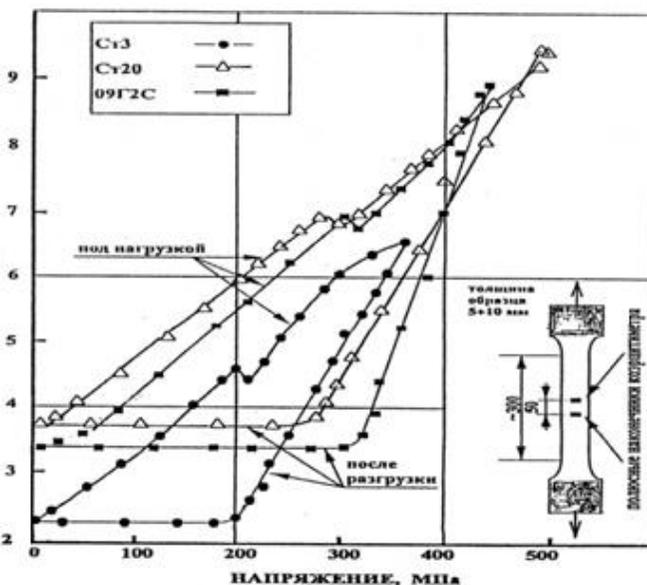


Рис. 1. Магнитный контроль плоских образцов из Ст3, Ст20, 09Г2С при испытании на растяжении с регистрацией значений коэрцитиметра непосредственно под нагрузкой и после разгрузки на каждой ступени нагружения

Таблица 1. Магнитные и механические свойства листов из конструкционных сталей.

Марка стали	Механические свойства		Магнитные свойства, H_c (А/см)		
	σ_b МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	$H_{c_{исх}}$	$H_{c_{г}}$	$H_{c_{в}}$
Ст3	350	210	1,7	5,0	6,0
Ст20	420	230	3,8	8,0	12,0
09Г2С	470	325	3,0	7,5	9,5

Испытания проводились на прессе ИМ-12А (поверенным и расположенным в ОАО НПО «ЦНИИТМАШ») при пошаговом ступенчатом растяжении. В упругой области шаг составлял 300 кг (2942 Н), а в упруго-пластике - 100 кг (980 Н), ближе к пределу прочности шаг составлял 50 кг(490). Всего было испытано 4-ре стандартных плоских образцов толщиной 6 мм, вид и размер которых представлен на рис. 1.

Измерение величины коэрцитивной силы H_c (А/см) производилось специализированным поверенным коэрцитиметром - структуроскопом КРМ-Ц-К2М, разработанным «НПФ «СНР». Результаты испытаний представлены на рис. 2, который позволяет оценить участки с упруго-пластичной зоной для элементов металлоконструкции из стали St38 b-2.

В частности, для стали St38 b-2 значения коэрцитивной силы при напряжении текучести $\sigma_{0,2}$ - $H_{c_{г}}$ равно 3,3 А/см, а при напряжении предела прочности σ_b - $H_{c_{в}}$ составляет 4,8 А/см.

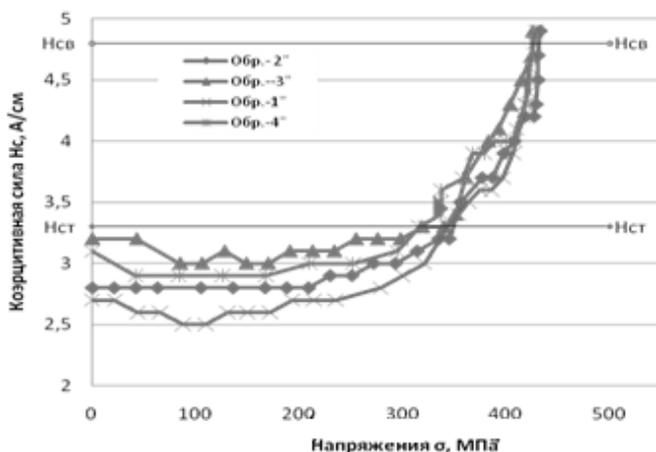


Рис. 2. Магнитный контроль плоских образцов из St38 b-2 при испытании на растяжении с регистрацией значений коэрцитиметра непосредственно под нагрузкой на каждой ступени нагружения.

В настоящее время в целях уточнения полученных зависимостей проводятся испытания на усталостную прочность образцов из стали St38 b-2 с измерением значения коэрцитивной силы и предела усталости.

Список литературы

1. Мужичкий В.Ф., Попов Б.Е., Безлюдько Г.Я. Теория и практика магнитной диагностики стальных металлоконструкций. Контроль. Диагностика. 2002 № 3, с. 15-19.

2. Углов А.Л., Мишакин П.Г., Попов Б.Е. Обнаружение усталостных повреждений акустическим методом. Дефектоскопия. 1989 № 11, с. 60-64.

3. Наумов Н.М., Микляев П.Г. Резистометрический неразрушающий контроль деформируемых сплавов. М. Металлургия. 1974. 200 с.

4. Безлюдько Г.Я., Попов Б.Е., Соломаха Р.Н. Главные особенности метода коэрцитивной силы как нового уровня эффективности и культуры слежения за усталостью и ресурсом металлоконструкций и оборудования. В мире неразрушающего контроля. сентябрь 2014 г. № 3, с. 64-71.

5. Михеев М.И., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. М. Наука 1993 г. 252с.

6. C.C. Lo, F. Taug, D.C. Jiles. S.B. Biner. Monitoring fatigue damage in materials using magnetic measurement. Journal of Applied Physics. V. 85 № 8, 1999 p. 4595 – 4597.

7. Мельгуй М.А., Матюк В.Ф., Крутикова Л.А. Контроль горячекатаного проката сталей 3сп и 10сп с помощью приборов типа ИМА-5А. Заводская лаборатория 1988 № 4, с. 65-68.

8. РД ИКЦ «КРАН»-007-97-2 «Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении их обследования и техническом диагностировании (экспертизе промышленной безопасности)».

Повышение эффективности применения комплектов дорожно-строительных машин путем определения предельной дальности транспортировки горячих асфальтобетонных смесей

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

Показатели качества асфальтобетонного покрытия во многом зависят от температуры укладываемой горячей асфальтобетонной смеси, на интенсивность остывания которой значительное влияние оказывают различные факторы: температура окружающей среды, влажность воздуха, скорость ветра, а также физико-механические и теплофизические свойства самой смеси. Поэтому эффективность применения машин комплекта для устройства асфальтобетонных покрытий в значительной степени зависит от интенсивности остывания асфальтобетонных смесей.

Остывание асфальтобетонных смесей начинается еще на этапе их производства. Поэтому важно обеспечить сохранение температуры асфальтобетонных смесей в процессе транспортировки от АБЗ к месту проведения распределительных работ.

В настоящее время в нормативной литературе нет установленных пределов для дальности транспортировки горячих асфальтобетонных смесей [1]. Однако транспортируемая асфальтобетонная смесь должна отвечать двум основным требованиям, а именно: быть пригодной для укладки и дальнейшего ее уплотнения на всех этапах. Соблюдение этих требований напрямую зависит от температуры асфальтобетонной смеси доставляемой на объект устройства дорожного покрытия.

Предельная дальность транспортировки определяется исходя из дорожных условий (категории дорог), скорости перемещения по ним, температуры окружающей среды и скорости остывания транспортируемой асфальтобетонной смеси.

Горячая асфальтобетонная смесь может сохранять приемлемую температуру в течение 2-3 часов, в зависимости от температуры окружающей среды [1].

Однако разные типы асфальтобетонных смесей обладают индивидуальными физико-механическими и теплофизическими свойствами, в результате чего, скорость остывания различных типов смесей будет не одинаковой. Применение термоизоляционных средств при перевозке горячих асфальтобетонных смесей способствует увеличению дальности транспортировки.

Предельную дальность транспортировки горячих асфальтобетонных смесей можно выразить по формуле:

$$L_{\text{lim}}^{TP} = v_{TP} T_{TC.CM},$$

где: v_{TP} - скорость движения груженого горячей асфальтобетонной смесью автосамосвала, км/час;

$T_{TC.CM}$ - доля времени полезной работы транспортного средства в общей продолжительности его работы, час.

Или по формуле:

$$L_{lim}^{TP} = v_{TP} T_{OCT.AB} f^g K_{TC},$$

где $T_{OCT.AB}$ - время остывания асфальтобетонных смесей, полученное в результате лабораторных исследований;

f^g - коэффициент подобия, характеризующий переход лабораторных значений времени остывания асфальтобетонной смеси к эксплуатационным;

K_{TC} - коэффициент, учитывающий интенсивность использования транспортного средства по времени и режим его работы: $K_{TC} = K_1 K_2$, $K_2 = 0,65 - 0,7$. Значение коэффициента K_1 выбирается в зависимости от дорожных условий: для I категории дорог - 1, для II категории дорог - 0,8, для III категории дорог - 0,6.

Доля времени полезной работы транспортного средства в общей продолжительности его работы может быть рассчитана по формуле [2]:

$$T_{TC.CM} = K_1 K_2 K_{T.П.} K_{Э} T_{Ц} = K_{TC} K_{T.П.} T_{Д}, \quad (3)$$

где: $K_{Э}$ - коэффициент, характеризующий интенсивность использования транспортных средств по времени в течение цикла

$T_{Ц}$ - продолжительность рабочего цикла транспортного средства, час.;

$T_{Д}$ - действительное время доставки смеси на объект, час;

$K_{T.П.}$ - коэффициент тепловых потерь асфальтобетонной смеси рассчитывается по формуле [2]:

$$K_{T.П.} = \frac{t_K}{t_0}, \quad (4)$$

где: t_0 - температура асфальтобетонной смеси при ее загрузке в кузов автосамосвала из бункера АБЗ, °С;

По величине коэффициента тепловых потерь можно подобрать t_K - температура асфальтобетонной смеси в конце ее транспортировки, °С.

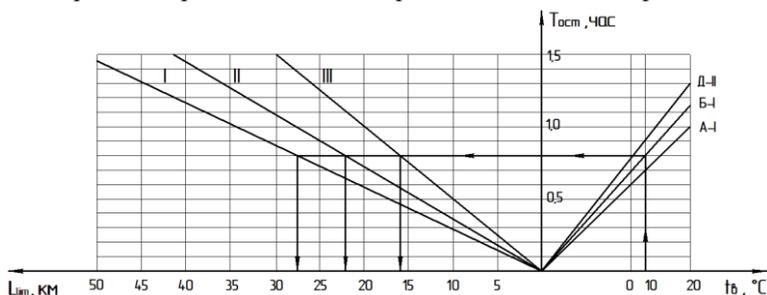
речь тип транспортного средства и теплоизоляционного материала, обеспечивающих сохранение рабочей температуры асфальтобетонной смеси в процессе доставки к месту укладки с учетом температуры окружающей среды, дальности транспортировки и режима движения.

Оценить эффективность доставки асфальтобетонной смеси по времени в течение рабочего цикла транспортных средств можно при помощи коэффициента K_3 [2]:

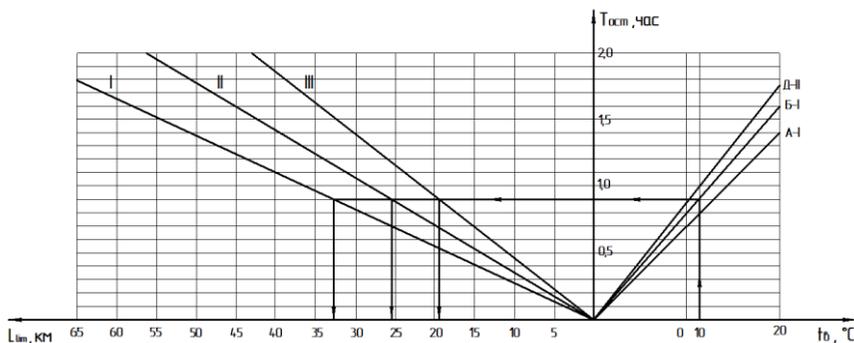
$$K_3 = \frac{T_d}{T_{ц}}, \quad (5)$$

Определение действительного времени работы транспортных средств возможно тремя способами: путем опроса водителей; с помощью приборов регистрирующих фактическое время доставки смеси транспортными средствами; методом хронометрирования.

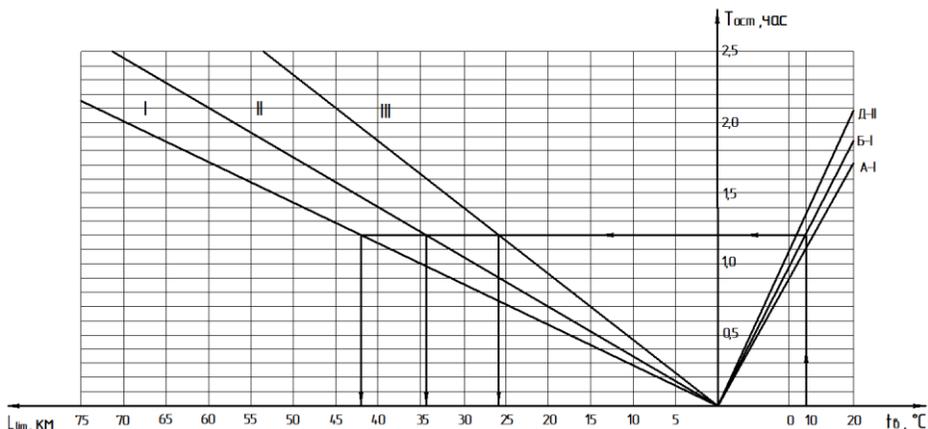
В результате проведенных исследований в эксплуатации и лабораторных исследований режимов работы транспортных средств, были построены номограммы (Рисунок 1), позволяющие определить предельную дальность транспортировки (L_{lim}) горячих асфальтобетонных смесей различных типов (Д-II, Б-I, А-I) с учетом простоев транспортных средств по организационным и техническим причинам во время транспортировки, температуры окружающей среды (t_b), времени остывания асфальтобетонных смесей ($T_{ост}$) и способов термоизоляции асфальтобетонных смесей в кузове транспортного средства при движении по дорогам I, II и III категорий.



а)



б)



в)

Рис. 1 – Номограмма определения предельной дальности транспортировки горячих асфальтобетонных смесей типов Д-II, Б-I, А-I при движении по дорогам I, II и III категорий с учетом простоев транспортных средств по организационным причинам, скорости остывания асфальтобетонных смесей, температуры окружающей среды и различных способов термоизоляции: а) без использования средств термоизоляции; б) с использованием укрытия брезентом; в) с использованием бункерного способа термоизоляции

Результаты исследований показали, что принятые нормы остывания асфальтобетонных смесей [4, 5] являются усредненными и завышенными для процесса транспортировки при $t_{в}=20^{\circ}\text{C}$ и заниженными для процесса транспортировки при $t_{в}=10^{\circ}\text{C}$. В первом случае это может привести к выбраковыванию смеси из-за несоблюдения температурных режимов, во втором случае – к неоптимальному формированию структуры и состава комплекта машин для устройства асфальтобетонных покрытий и нерациональному использованию транспортных средств. В обоих случаях необоснованные режимы работы транспортных средств комплекта машин оказывают значительное влияние на экономические потери.

Приведенные в статье результаты получены при разработке проекта № Б1124214, выполняемого в рамках проектной части Государственного Задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Ищенко, И.С. Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий / И.С. Ищенко, Т.Н. Калашникова, Д.А. Семенов. - М.: Аир-Арт, 2001. - 176с.

2. Зорин, В.А. Анализ эффективности работы автотранспортных средств при устройстве асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог /В.А.Зорин, Е.А. Косенко, А.Т. Туленов// Механизация строительства. 2015. № 8 (854). С. 50-51.

3. ГОСТ 31015-02 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичный: – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартам, техническому нормированию и сертификации в строительстве: Госстрой России, 2003. – 13с.

4. Мелик-Багдасов М.С. Строительство и ремонт дорожных асфальтобетонных покрытий: учеб. пособие/М.С. Мелик-Багдасов, К.А.Гиоев, Н.А. Мелик-Багдасов. – Белгород: Константа, 2007. – 157с.

5. Зорин В.А. Исследование эксплуатационных свойств деталей машин методами физического моделирования // Механизация строительства, 2016, том 77, № 1, С.12-15

Немков С.А., Дроздов А.Н., Степанов В.В.

Модель работы компрессионно-вакуумного ударного механизма электрического перфоратора SDS plus

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Устройство ручной машины ударного действия (РМУД) .

Классическая схема РМУД (рис.1, рис.2) состоит из электродвигателя, редуктора с механизмом преобразования вращательного действия в возвратно-поступательное, защитной муфты предельного усилия, компрессионно-вакуумного ударного механизма (КВУМ), бусы для крепления оснастки, корпуса с рукоятками, электрической схемы управления, электрических соединительных элементов.

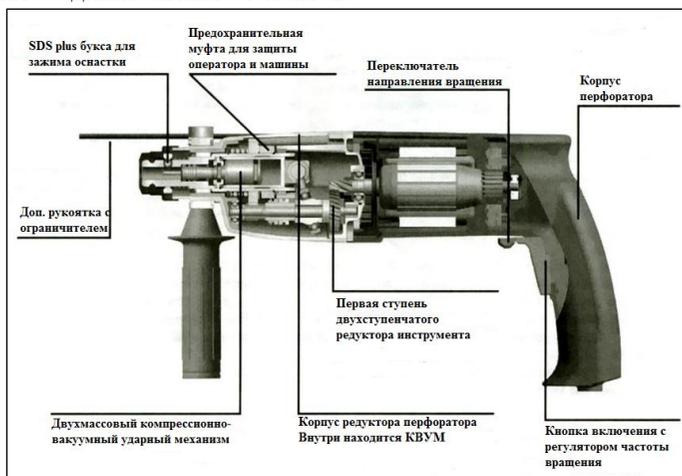


Рис. 1. Устройство РМУД.

Нагрузки на двигатель, являющийся приводом для КВУМ, носят ярко выраженный динамический характер, обусловленный следующими источниками нагрузки:

- сжатие/разряжение воздуха в пневматической части КВУМ,
- газообмен между воздушной подушкой и внешней средой,
- силы трения, возникающей при взаимодействии кольцевого уплотнителя со стенками цилиндра,
- удаление шлама из шпура буром во время работы.

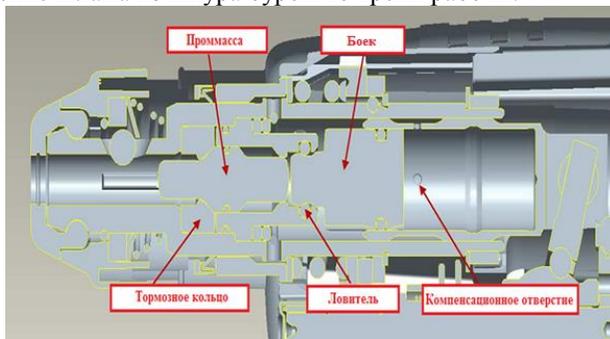


Рис. 2 Механизм взаимодействия деталей КВУМ

Ранее разработанные модели КВУМ.

В существующих методиках расчетов процессы, протекающие внутри КВУМ, описываются политропой, т.е. без учета газообмена с окружающей средой [1]. Пример моделирования работы перфоратора без учета утечек воздуха из рабочей камеры через уплотнение поршня представлен на рис.3. Стоит отметить, что существующие расчетные методики дают приближенные результаты, которые находятся в некоторой корреляции с данными, получаемыми с экспериментального стенда [2]. Поэтому проектирование новых и модификация старых моделей РМУД требует изготовления большого количества образцов для снятия их характеристик и подбора необходимых параметров.

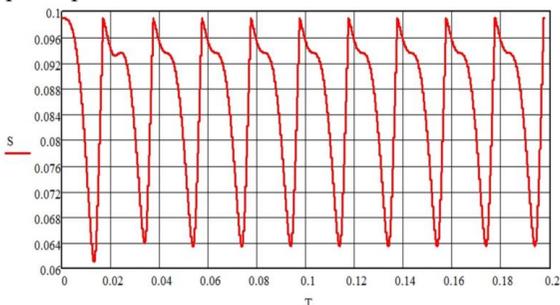


Рис. 3. Зависимость перемещения бойка перфоратора (S, м) от времени (T, с) без учета утечек воздуха

Уточненная модель КВУМ.

Воздушная подушка сообщается с атмосферой в двух позициях КВУМ в крайних (передней и задней) позициях ударника, как показано на рис.4. В случае, когда цилиндр открыт, а давление внутри цилиндра больше атмосферного, воздух выходит из него через кольцевую проточку на цилиндре. При этом энергия, затраченная на сжатие воздуха и его нагрев вследствие сжатия, к моменту открывания цилиндра теряется, а выходящий горячий воздух нагревает детали механизма редуктора. При этом газообмен достигает значительных величин – до десяти литров за минуту на легких перфораторах и значительно более на тяжелых – зависит от объема воздушной подушки, а она в свою очередь – от геометрических размеров КВУМ (рис.9). При этом энергия, затраченная на сжатие воздуха и его нагрев, вследствие сжатия к моменту открывания цилиндра теряется, а выходящий горячий воздух нагревает детали механизма редуктора. В уточненной модели рабочий процесс моделируется термодинамическим законом с переменным количеством газа в воздушной подушке [3].

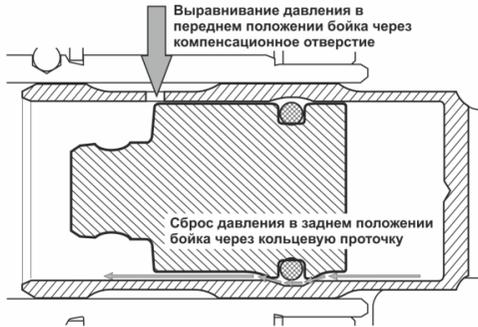


Рис. 4. Газообмен с внешней средой в компрессионно-вакуумном механизме

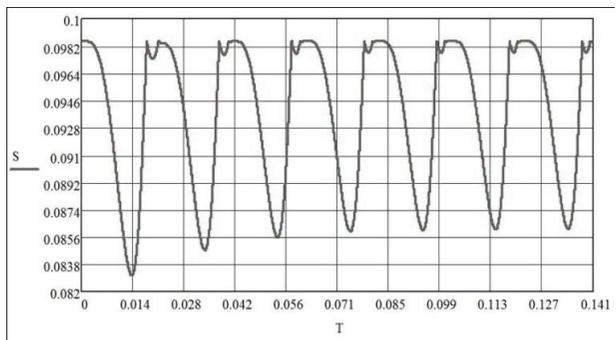


Рис. 5. Зависимость перемещения бойка перфоратора (S, м) от времени (T, с) по уточненной модели

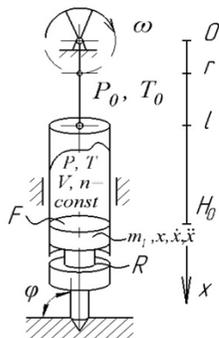
Промежуточные выводы, полученные в результате анализа уточненной модели.

В ходе анализа полученной осциллограммы были выявлены повторные соударения бойка в ходе одного рабочего цикла поршня, при резком снижении энергии единичного удара и неустановившейся работы машины в целом, а также увеличение амплитуды движения бойка («слипание» с поршнем в верхней мертвой точке) (рис.5).

Уточнение математической модели работы компрессионно-вакуумного механизма перфоратора.

1. Исходная модель: Рабочий процесс моделируется термодинамическим законом, описывающим состояние постоянного количества газа в воздушной подушке, при постоянном показателе политропы n , значение которого определяется экспериментально.

2. Уточненная модель: Рабочий процесс моделируется термодинамическим законом, с переменным количеством газа в воздушной подушке. Учитываются расходы воздуха через кольцевые зазоры между поршнем и цилиндром (рис.7, рис.8).



Параметры динамической схемы представлены на рис.6:

Рис 6. Расчетная схема известной модели: H_0 – начальная высота рабочей камеры, м; l – длина шатуна, м; r – радиус кривошипа, м; ω – угловая скорость приводного вала, рад/с; F – площадь поршня, м²; m_1 – масса ударника, кг; R – коэффициент восстановления; φ – угол наклона инструмента, рад.

Математическая модель перфоратора с учетом утечек воздуха из рабочей камеры ударного механизма (уточненная).

$$\left\{ \begin{array}{l} P' = \frac{k}{V} [R(T_{атм} G_n - T G_t) - P V'] \\ T' = \frac{T}{P V} \left[\left(k - \frac{T}{T_{атм}} \right) R T_{атм} G_n - (k-1) R T G_t - (k-1) P V' \right] \\ x'' = \frac{F}{m_1} (P - P_{атм}) + g \sin \varphi \end{array} \right.$$

где: V – объем камеры;

G_n – расход воздуха, натекающего в камеру;

G_t – расход воздуха, истекающего из камеры;

$$G_n = \begin{cases} f\mu P_{атм} \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{P}{P_{атм}} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P}{P_{атм}} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right] \frac{1}{RT_{атм}}}, & \text{если } \begin{cases} P_{атм} > P \\ P_{атм} < 2P \end{cases} \\ f\mu P_{атм} \sqrt{\frac{2}{RT_{атм}} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k-1}{k}}}, & \text{если } (P_{атм} \geq 2P) \\ 0, & \text{если } (P_{атм} \leq P) \end{cases} ;$$

$$G_c = \begin{cases} f\mu P \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{P_{атм}}{P} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_{атм}}{P} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right] \frac{1}{RT}}, & \text{если } \begin{cases} P > P_{атм} \\ P < 2P_{атм} \end{cases} \\ f\mu P \sqrt{\frac{2}{RT} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k-1}{k}}}, & \text{если } (P \geq 2P_{атм}) \\ 0, & \text{если } (P \leq P_{атм}) \end{cases} ;$$

где: f – площадь кольцевых зазоров;

μ – коэффициент расхода;

k – показатель адиабаты;

R – газовая постоянная;

$P_{атм} (T_{атм})$ – давление (температура) окружающего воздуха.

Результаты расчетов по уточненной модели в течение нескольких рабочих циклов.

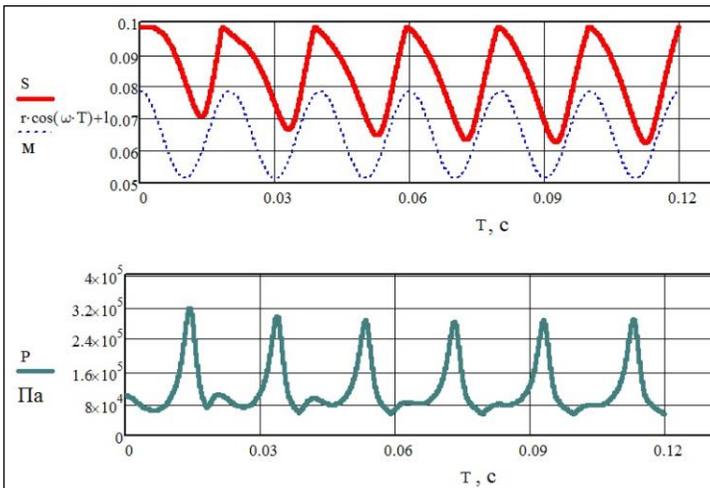


Рис. 7. Зависимость координат бойка и поршня, а также давления внутри воздушной подушки от времени в течение нескольких рабочих циклов: S – координата бойка, м; $r \cos \omega T + 1$ – координата поршня, м; P – давление, Па; T – время, с

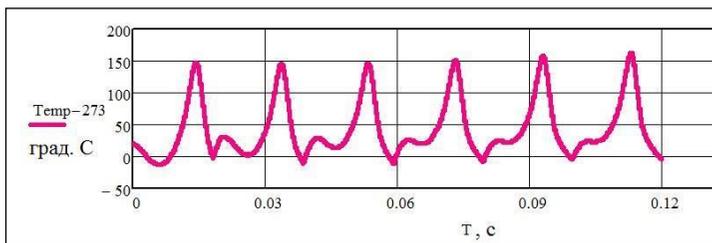


Рис. 8. Зависимость температуры внутри воздушной подушки от времени в течение нескольких рабочих циклов: Temp – температура, К; T – время, с

Исследование влияния системы компенсации утечек воздуха на работу перфоратора с использованием уточненной математической модели.

Допущение: принимается линейная зависимость площади отверстия СКУВ от координаты бойка.

Параметры модели:

$f_0 = 5$ – площадь отверстия СКУВ бойкового типа, мм^2 ;

$f_1 = 3,9$ – площадь кольцевого зазора, мм^2 .

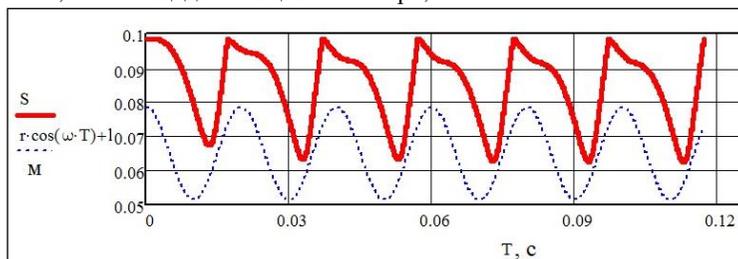


Рис. 9. Зависимость положения поршня и бойка при заданных параметрах системы воздухообмена

Результаты проведенных исследований.

Разработана уточненная математическая модель перфоратора с компрессионно-вакуумным ударным механизмом.

Адекватность разработанной модели подтверждается имеющимися экспериментальными данными.

В дальнейшем разработанная модель будет использована в качестве базовой при создании новых перфораторов в АО ИНТЕРСКОЛ при настройке систем компенсации утечек воздуха.

Список литературы

1. Федоров Д.В., Ким А.В., Дроздов А.Н. Метод оценки динамики переходного режима работы ручных молотков и перфораторов. // XVIII

Московская межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы.". М.: ФГБОУ ВПО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)", 2014. С. Часть 2, 88-89.

2. Дроздов А.Н., Немков С.А. Стенд для измерения энергии удара методом конечных скоростей для ручных машин ударно-вращательного действия. // Механизация строительства. 2014. №12 (846). С. 8-9.

3. Немков С.А., Дроздов А.Н., Степанов В.В. Модель работы ударного механизма электрических молотков и перфораторов. // Материалы XIX Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы.". М.: ФГБОУ ВПО "Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана", 2015. С. 205-208.

Коноплин А.Ю., Баурова Н.И.

Сравнительный анализ прочностных характеристик сварных и клеесварных соединений с различным шагом между сварными точками

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Москва. Россия

При производстве дорожно-строительных и транспортно-технологических машин широко используется контактная точечная сварка. Один из основных недостатков соединений, изготовленных с использованием контактной точечной сварки, – это высокая концентрация напряжений, что является наиболее распространенной причиной снижения усталостной прочности конструкций [1-2]. Альтернативой традиционной точечной сварке при ремонте пространственных коробчатых конструкций машин (типа лонжерона, порога, продольной и поперечной балки основания кузова и т.д.) является клеесварная технология ремонта, которая позволяет обеспечить оптимальное сочетание прочностных и деформационных характеристик конструкций [3].

В клеесварных соединениях в промежутках между сварными точками находится клеевой материал, что позволяет уменьшить количество сварных точек [4]. Однако в настоящее время отсутствуют нормативные документы, регламентирующие максимальный и минимальный шаг между сварными точками при замене контактной точечной сварки на клеевую технологию.

Целью данного исследования является сравнительная оценка прочностных характеристик сварных и клеесварных соединений с различным шагом между сварными точками, которая позволит сделать обоснованные выводы о возможности (или не возможности) увеличения шага между сварными точками при замене контактной точечной сварки на клеесварную технологию при ремонте машин.

В качестве критерия оптимальности принимаемого технологического решения при выборе шага между сварными точками, использованы два показателя: жесткость конструкции и энергозатраты [5]. При уменьшении количества сварных точек энергозатраты соответственно снижаются.

За характеристику жесткости в данной работе принята прочность при разрыве. С увеличением количества сварных точек жесткость и сварных и клеесварных образцов повышается. Но при этом, следует учитывать, что если расстояние между двумя соседними точками будет чрезмерно мало, то это приведет к снижению плотности тока и появлению непроваров [6].

Для определения шага между сварными точками были проведены механические испытания на растяжение. Для проведения испытаний были подготовлены плоские образцы с двумя, тремя и четырьмя сварными точками с различным расстоянием между точками из стали 08кп толщиной 0,8 мм и 1,5 мм (табл. 1).

Клеесварка осуществлялась на аппарате Spotgun 7000 по неотвержденному слою клея. В качестве клеевых материалов использовали клей марки ЦМК-5 (производство «Композит») и марки ВК-27 (производство ВИАМ), которые широко применяются при ремонте самых различных машин и механизмов, что связано с их очень хорошими технологическими свойствами (клей отверждается при комнатной температуре) и высокими прочностными характеристиками [7]. В состав клея ЦМК-5 дополнительно вводился в качестве наполнителя нитрид бора в количествах 20 масс.ч. Введение наполнителя с одной стороны приводило к увеличению вязкости клея (что повышало его технологические свойства, в частности зазорозаполняемость), а с другой стороны приводило к увеличению теплопроводности (это позволяло незначительно корректировать режимы сварки) [8-9].

Таблица 1. Характеристики образцов

№ образца	Количество сварных точек	Расстояние между соседними сварными точками, мм	Марка клея
1	2	190	ЦМК-3 + нитрид бора (20 масс.ч)
2	3	95	
3	4	63	
4	2	190	ВК-27
5	3	95	
6	4	63	

Механические испытания проводились на машине для испытания конструкционных материалов «УТС 110М-50», с использованием системы температурных испытаний «СТИ ТС 3». После закрепления образца в захваты, в электронном блоке управления машины для испытаний выбирался соответствующий стандарт на проведение испытаний (в данном случае ГОСТ 1497-84), тип и геометрические параметры образца. Испытания проводились на следующих режимах: $V_{\text{раб.}}=2$ мм/мин, $V_{\text{предв.}}=3$ мм/мин, $V_{\text{п.п.т.}}=2$ мм/мин, условия останова испытания спад усилия на 40% за 0,1с, температура испытаний $-60, +25$ и $+100^{\circ}\text{C}$ и время выдержки образцов 60 мин. Результаты механических испытаний образцов приведены в табл. 2.

На основании приведенных результатов можно отметить, что при стандартном расстоянии между сварными точками использование клеесварной технологии позволяет помимо обеспечения герметичности и коррозионной стойкости увеличить прочность соединения на 60-80% (в зависимости от марки используемого клея).

Следует отметить, что прочность соединений изготовленных с использованием клеесварной технологии практически не изменяется при изменении шага между сварными точками, в отличие от соединений изготовленных с использованием традиционной точечной сварки [9].

Таблица 2. Результаты прочностных испытаний сварных и клеесварных соединений с различными типами клеев и различным шагом между сварными точками

№ п/п	Значения максимального абсолютного разрывного усилия, Н			
	Вид соединения / количество сварных точек	Температура проведения испытаний, $^{\circ}\text{C}$		
		- 60	+25	+100
Образцы типа 1 из стали 08кп толщиной 0,8 мм				
1.	Сварное соединение / 2 точки	6092	6845	6467
2.	Сварное соединение / 3 точки	8324	9353	8578
3.	Сварное соединение / 4 точки	11107	12480	11021
4.	Клеесварное с клеем ЦМК-3 / 2 точки	10161	11417	10073
5.	Клеесварное с клеем ЦМК-3 / 3 точки	10520	11820	10120
6.	Клеесварное с клеем ЦМК-3 / 4 точки	10725	12050	10650
7.	Клеесварное с клеем ВК-27 / 2 точки	11122	12497	8903
8.	Клеесварное с клеем ВК-27 / 3 точки	11097	12468	10567
9.	Клеесварное с клеем ВК-27 / 4 точки	11127	12502	10636
Образцы типа 2 из стали 08кп толщиной 1,5 мм				
10.	Сварное соединение / 2 точки	6397	7187	6790
11.	Сварное соединение / 3 точки	8740	9821	9007
12.	Сварное соединение / 4 точки	11663	13104	11572
13.	Клеесварное с клеем ЦМК-3 / 2 точки	10669	11988	10577
14.	Клеесварное с клеем ЦМК-3 / 3 точки	11046	12411	10626
15.	Клеесварное с клеем ЦМК-3 / 4 точки	11261	12653	11183
16.	Клеесварное с клеем ВК-27 / 2 точки	11678	13122	9348
17.	Клеесварное с клеем ВК-27 / 3 точки	11651	13091	11095
18.	Клеесварное с клеем ВК-27 / 4 точки	11683	13127	11168

Увеличение (до +100°C) и понижение (до -60°C) температуры испытаний привело к незначительному уменьшению прочности сварных (падение прочности составило около 6-13%) и клеесварных соединений (падение прочности составило около 12-18%).

Таким образом, установлено, что при контактной сварке по слою неотвержденного клея, шаг между сварными точками может быть увеличен на 25-40% без ухудшения прочностных и жесткостных характеристик сварного шва.

Список литературы

1. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов. М.: Академия, 2009. 208 с.
2. Баурова Н.И. Диагностирование состояния металлоконструкций с помощью углеродных волокон на примере буксировочного устройства // Контроль. Диагностика. 2008. № 12. С.33-36.
3. Баурова Н.И., Коноплин А.Ю. Особенности замены контактной точечной сварки на клеесварную технологию при ремонте машин // Механизация строительства. 2015. №9(855). С. 45-47.
4. Малышева Г.В. Особенности сборки клееных конструкций // Технология металлов. 2007. №10. С. 22-26.
5. Баурова Н.И., Зорин В.А., Приходько В.М. Проявление синергетического эффекта в технологической наследственности // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015. №10. С.3-7.
6. Коноплин А.Ю., Баурова Н.И. Исследование твердости околошовной зоны при контактной точечной сварке сталей по клеесварной технологии // Технология металлов. 2016. №1. С. 33-36.
7. Баурова Н.И., Коноплин А.Ю. Оптимизация параметров качества при ремонте дорожно-строительных машин по клеесварной технологии // Ремонт, восстановление, модернизация. 2016. № 2. С.37-41.
8. Баурова Н.И. Имитационное моделирование напряженно-деформированного состояния клеевого соединения // Клеи. Герметики. Технологии. 2008. №8. С. 28-31.
9. Малышева Г.В., Романова И.К. Оптимизация выбора параметров, характеризующих состояния объекта, при решении задач надежности // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. №6. С.33-38.

**Анализ дефектов деталей дорожных машин,
изготовленных методами 3D-печати**

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ). Москва. Россия*

Достижения последних лет в области 3D-печати позволили расширить рынок сбыта продукции, получаемой на 3D-принтерах. Если рассматривать FDM технологию (Fused deposition modeling – технологию послойного наплавления нити), то детали изготовленные методами 3D-печати все шире используются при проведении ремонтных работ, в том числе и при ремонте дорожных машин.

Несмотря на широкое практическое распространение 3D-печати, доступ к теоретическим основам до сих пор составляет затруднение. Отсутствует нормативная документация, регламентирующая требования к контролю качества получаемых деталей [1-3]. Большинство информации опубликовано на интернет-сайтах и в основном представляет собой частный опыт энтузиастов 3D-печати.

При изготовлении деталей дорожных машин методами 3D-печати, следует контролировать отсутствие ряда технологических дефектов, которые приводят к снижению эксплуатационных свойств готовых изделий. В таблице 1 представлены сводные данные по наиболее распространенным дефектам деталей изготовленных методом 3D-печати, причины их возникновения и способы предотвращения. Рассмотрим подробно наиболее распространенные дефекты деталей, изготовленных методом 3D-печати.

Низкая адгезия первого слоя к поверхности стола. Данный дефект возникает при печати первого слоя, является наиболее распространенным и легко устранимым (в случае своевременного обнаружения). От качества прилипания пластика к столу зависит качество будущей детали. Основными причинами, вызывающими появление данного дефекта являются:

- некачественная подготовка поверхности стола. Перед печатью необходимо произвести предварительную обработку поверхности стола для улучшения адгезии первого слоя. Для этого на поверхность стола (обычно им является обычное стекло или толстый акрил) наносят специальное покрытие. В качестве данного покрытия может выступать пленка для 3D-печати, лак для фиксации, малярный скотч или тонкий слой размягченного ABS пластика.

- некорректно подобранные параметры печати. Изменение таких параметров как скорость экструзии, температура подогрева стола, температура плавления пластиковой нити способны оказать существенное влияние на качество адгезии первого слоя детали.

Коробление. Процесс печати связан с изменением агрегатного состояния сырья (твердое – жидкое – твердое). Изменение агрегатного состояния пластика достигается путем нагревания и последующего остывания. В силу физических особенностей процесс остывания происходит неравномерно – сначала остывают наружные поверхности детали и лишь затем внутренние. Из-за этого в материале детали возникают внутренние напряжения, которые вызывают изменение заданных геометрических форм и размеров детали.

Расслоение. Как и коробление, данный дефект также связан с неравномерностью процесса остывания детали при печати, в результате чего происходит расслоение (разрыв) слоев. Основными способами борьбы с появлением данного дефекта является стабилизация температуры материала детали. Первым делом необходимо обеспечить постоянную температуру в рабочей зоне 3D-принтера. Для этого боковые стенки закрывают (если принтер открытой рамной конструкции). Если это не помогает, то используют более радикальные меры: при обработке модели в программе-слайсере вокруг печатаемой детали возводят термобарьер – так называемый skirt. Назначение этого термобарьера – уменьшение рассеивания тепла и более равномерное остывание детали [3].

Царапины. Причина появления царапин заключается в совокупности механических и программных особенностей 3D-печати. При транспортировочном перемещении печатающей головки происходит вытекание некоторого количества расплавленного пластика, что приводит к появлению царапин на поверхности детали. Предотвращение появления царапин решается программным способом (в некоторых программах-слайсерах предусмотрено приподнимание сопла над деталью при транспортировочных перемещениях). В некоторых случаях помогает изменение геометрической формы детали или настройка температуры плавления пластика и скорости печати [4-5].

Неравномерность (слоистость) первого слоя. Основными причинами возникновения данного дефекта является неверная калибровка платформы перед печатью и большая толщина первого слоя, заданная в настройках программы. При большой высоте сопла над поверхностью стола возникают отдельные нити пластика с четко различимыми границами. Если высота задана неверно – происходит расплющивание нижних слоев. Для решения этого дефекта в большинстве случаев достаточно провести повторную калибровку стола 3D-принтера или изменить толщину первого слоя в настройках программы.

Недоэкструзия. Данный дефект проявляется в виде отсутствия материала в тех местах, где он должен быть по конструкции. На появление этого дефекта может оказать влияние огромное количество факторов, связанных с качеством используемого сырья, принтером и программными настройками. Печать на высокой скорости вполне может привести к тому, что механизм экструдера не будет справляться с заданным скоростным режимом продавливания нити через сопло и произойдет прерывание наплавленной нити. Наличие загрязнений на поверхности пластиковой нити, подаваемой в механизм экструдера оказывает также негативное влияние на качество печатаемого изделия. Пыль с поверхности нити попадает на сильно нагретые поверхности стенок сопла и обгорает на них, создавая препятствия для выдавливания пластика. Нельзя исключать и некачественное сырье – отсыревший пластик также может приводить к недоэкструзии [6].

Оплавление нити. Задание в настройках программы температуры плавления пластика, превышающей его реальную температуру плавления приводит к появлению оплавленных слоев детали

Волнистость. Высокие скорость печати и температура плавления пластика вызывают появление волнистости детали. Высоконагретый пластик, выдавленный из сопла на поверхность детали, не сразу застывает и схватывается с основным материалом детали, а при резком изменении курса печатающей головки это приводит к тому, что незастывший пластик тянется вслед за соплом.

Таблица 1. Дефекты деталей дорожных машин, изготовленных методом 3D-печати

Вид дефекта	Причина появления	Способ предупреждения
Низкая адгезия первого слоя к поверхности стола	Некачественная подготовка поверхности стола. Некорректно подобранные параметры печати.	Тщательная подготовка поверхности стола; Подбор скорости экструзии, температуры подогрева стола, температуры плавления пластиковой нити.
Коробление Расслоение	Неравномерность остывания детали.	Стабилизация температурного режима в зоне печати; Создание термобарьера.
Царапины	Особенности конструкции печатающей головки	Программная коррекция перемещений печатающей головки; Изменение геометрической формы детали, температуры плавления пластика, скорости печати.
Неравномерность (слоистость) первого слоя	Неверная калибровка платформы; Большая толщина первого слоя	Повторная калибровка платформы; Изменение величины первого слоя
Недоэкструзия	Некачественное сырье;	Сушка или замена пластика;

	Несоответствующие технические характеристики конкретного 3D-принтера; настройки программы.	Изменение параметров печати в соответствии с техническими характеристиками принтера.
Оплавление нити	Повышенная температура плавления нити	Программное снижение температуры плавления пластика
Волнистость	Высокая скорость печати; Высокая температура плавления пластика	Снижение скорости и/или температуры плавления пластика

В данной работе рассмотрены лишь наиболее распространенные дефекты деталей дорожных машин, изготовленных на 3D-принтерах. Дефекты, возникающие при печати нависающих слоев (перекрытий), не рассматривались из-за сложности проявления и большого количества факторов, определяющих причины их возникновения. Следует отметить, что полностью исключить дефекты деталей, изготовленных на 3D-принтерах, в настоящее время невозможно. Производство деталей при помощи аддитивных технологий 3D-печати с минимальным процентом устранимых дефектов требует проведения анализа и разработки многокритериальных алгоритмов подбора параметров печати.

Список литературы

1. Number of commercial 3D-printing machines in use worldwide in 2008 and 2013 [Электронный ресурс] [2015] URL: <http://www.statista.com/statistics/261737/number-of-commercial-3d-printing-machines-worldwide/> (дата обращения: 1.05.2016)
2. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Особенности обработки деталей машин на технологичность при переходе на новые конструкционные материалы // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. №1. С. 11-15.
3. Evans Brian. Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing. - Apress. 2012. - 332 p.
4. Дефекты 3D печати - Попробуем ввести классификацию [Электронный ресурс] [2015] URL: <http://3dtoday.ru/blogs/leoluch/defects-3d-printing-will-try-to-introduce-a-classification/> (дата обращения: 1.05.2016).
5. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015, – 63с.
6. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. Учебное пособие. - Санкт-Петербург, СПбГУ, 2013. - 221 с.

**Изучение деформационных свойств клеев-расплавов,
используемых при ремонте дорожных машин.**

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ). Москва. Россия*

В последние годы при ремонте дорожных машин достаточно широко используются эпоксидные полимерные материалы [1]. Основными достоинствами применения эпоксидных материалов являются: высокие прочностные свойства, хорошая герметизация шва, простота и дешевизна способа, хорошая коррозионная стойкость, отсутствие чрезмерных напряжений в зоне шва и минимальная трудоемкость. К недостаткам относятся: высокие требования к качеству подготовки поверхности, длительное время отверждения, токсичность. Также при ремонте эпоксидными композициями необходимо следить за микроклиматическими параметрами рабочей среды. При понижении температуры и во влажной атмосфере процесс полимеризации смолы замедляется, а при высокой влажности полимеризация вообще может не произойти до конца [1].

Одним из перспективных методов ремонта различных элементов дорожных машин является использование клеев-расплавов [2-3]. Данные клеи представляют собой термопластичные материалы, которые в исходном состоянии являются твердыми, далее при нагревании они расплавляются и при дальнейшем охлаждении снова становятся твердыми. Этот процесс может повторяться множество раз, что позволяет клеевому соединению быть ремонтпригодным.

Основным фактором, ограничивающим применение клеев-расплавов при производстве и ремонте дорожных машин, являются неизвестные значения их деформационно-прочностных свойств [4].

Целью настоящей работы было исследование деформационных свойств клеев-расплавов, используемых при ремонте дорожных машин, на примере изучения их модуля упругости методом динамомеханического анализа (ДМА).

Динамо-механический анализ – это метод термического анализа, в котором свойства материала оцениваются в процессе его периодической деформации под действием динамической нагрузки и контролируемой температуры [5-6]. Метод ДМА применяется для исследования вязкоупругих свойств материалов (модуля упругости, модуля вязкости, тангенса угла механических потерь и др.) в зависимости от времени, температуры, частоты и значений приложенной циклической нагрузки.

В качестве объектов исследования в настоящей работе выбраны две марки отечественных клеев-расплавов, которые изготовлены на основе двух различных типов полимеров (сополимеров этилена с винилацетатом и низкомолекулярных полиамидов), которые между собой отличались по прочности и теплостойкости. Выбор данных марок связан с их низкой стоимостью, которая в несколько раз ниже, чем у аналогичных импортных клеев-расплавов.

Для проведения динамомеханического анализа из выбранных клеев-расплавов изготавливали стандартные образцы для испытаний полимеров (ГОСТ 1126). Все исследования проводили на приборе DMA 242 E Artemis.

Испытания проводили на точечный изгиб при расстоянии между опорами равным 50 мм на режимах [6-7]: частота колебаний 1 Гц; амплитуда 60 мкм; динамическая сила 7 Н; статическая сила 0,5 Н; коэффициент пропорциональности 1,1; скорость подъема температур 2 К/мин. Значения модулей упругости и потерь определяли методом ДМА для образцов клеев-расплавов, как в исходном состоянии, так и после выдержки образцов в воде в течение 100 суток [8].

Для удобства сравнения полученных результатов они представлены в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1. Свойства клеев-расплавов в исходном состоянии и после выдержки в воде в течение 100 суток

Свойства	Марки клеев-расплавов	
	Летек	Теплакс
Модуль упругости, МПа, при температуре, °С		
20	2830	4800
50	2540	4200
80	1860	2400
100	970	480
150	540	40
Модуль потерь, МПа, при температуре, °С		
20	980	2570
50	1250	2810
80	2460	4120
100	2970	2300
150	1080	40
Модуль упругости, МПа, при температуре, °С после выдержки в воде в течение 100 суток		
20	2460	4660
50	2350	3900
80	1650	2250
100	900	560
150	530	60
Модуль потерь, МПа, при температуре, °С после выдержки в воде в течение 100 суток		
20	1470	2980
50	1450	3620

80	3130	4440
100	2540	3100
150	970	270

Как видно из полученных данных, модуль упругости при увеличении температуры постепенно снижается, а модуль потерь в диапазоне температур от +20°C до +100°C увеличивается, а при дальнейшем повышении температуры резко снижается.

Воздействие влаги приводит к тому, что модуль упругости при комнатной температуре снижается на 13% и 3% для клеев-расплавов марок Летек и Теплак соответственно. Величина модуля потерь, наоборот, возрастает: наибольшее увеличение модуля потерь получено для клея марки Летек – 50%, для клея марки Теплак на 15%. Увеличение температуры испытаний оказывает аналогичное воздействие, поскольку в наибольшей степени воздействие воды оказало влияние на изменение упругих характеристик клея Летек, а в наименьшей степени для клея Теплак.

Таким образом, методом динамомеханического анализа (ДМА) исследованы свойства двух типов клеев-расплавов в исходном состоянии и после выдержки в воде в течение 100 суток и показано, что клей-расплав марки Теплак в наименьшей степени изменяет свои свойства (на 3% уменьшается модуль упругости при комнатной температуре и на 15% при этой же температуре увеличивается модуль потерь). В большей степени воздействие воды оказало влияние на свойства клея-расплава марки Летек, для которого модуль упругости уменьшился на 13%, а модуль потерь увеличился практически на 50%. Следовательно, данные клеи-расплавы могут быть рекомендованы в качестве конструкционных клеев при изготовлении и ремонте элементов дорожных машин, подвергающихся в процессе своей эксплуатации длительному деформационному воздействию.

Список литературы

1. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Перспективы применения термопластичных материалов при ремонте элементов системы охлаждения машин // Механизация строительства. 2015. №4(850). С. 44-47.
2. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Особенности применения клеев-расплавов при ремонте элементов системы охлаждения машин // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. №10. С. 33-36.
3. Малышева Г.В., Бодрых Н.В. Клеи-расплавы // Клеи. Герметики. Технологии. 2011. № 3. С. 26-29.
4. Баурова Н.И., Зорин В.А., Приходько В.М. Проявление синергетического эффекта в технологической наследственности // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015. №10. С.3-7.

5. Тараскин Н.Ю., Филина Е.К., Малышева Г.В. Особенности методики исследования свойств полимерных композиционных материалов методом динамомеханического анализа // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. № 7. С.9-13.

6. Воробьев Е.В., Лапина Н.В., Шимица Ю.Ю. Исследование упругих свойств клеев-расплавов после длительного воздействия воды // Энциклопедия инженера-химика. 2015. № 5. С. 41-44.

7. Зорин В.А., Баурова Н.И. Моделирование свойств ремонтных материалов при длительном воздействии эксплуатационных факторов // Механизация строительства. 2012. №1. С. 15-17.

8. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Особенности обработки деталей машин на технологичность при переходе на новые конструкционные материалы // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. №1. С. 11-15.

Ким Б.Г.

Опыт ликвидации последствий железнодорожной катастрофы

Владимирский государственный университет. Владимир. Россия

В шестидесятых годах прошлого века я служил в железнодорожных войсках, непосредственно занятых на строительстве железной дороги Абакан -Тайшет.

Утром 2 мая 1966 года поступил приказ о срочной отправке части нашего подразделения в район станции Филимоново, что близ города Канск Красноярского края для устранения последствий железнодорожной катастрофы с обрушением моста через реку Большая Уря. Через сутки наш поезд, в состав которого входил мощный железнодорожный консольный кран ГЭК-80 грузоподъемностью 110 т. был уже в районе катастрофы. Бурный водный поток, мчавший свои воды с Саянских гор, через день уже напоминал тихую речку плавно уходящую за близлежащие холмы. И только десятки вагонов и платформ, разбросанных на сотни метров вниз по течению напоминали о прошедшем приступе буйства стихии.

Обрушение моста на Транссибирской магистрали в те годы практически прерывало связь Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока с остальной частью нашей великой страны. К счастью, только что была построена, но не сдана в эксплуатацию железная дорога Абакан-Тайшет, в строительстве которой принимала участие и наша часть.

Правительством было принято решение пустить поезда с максимальной установленной скоростью в 25 км/час по этой семисоткилометровой магистрали. Такая скорость не давала возможности перевозить необходимые объемы грузов, поэтому была поставлена перед нами задача: через две недели соорудить временный мостовой переход и возобновить движение по Транссибу.

Работа была организована круглосуточно. Ночью фронт работ освещался специальными ракетами. Для обеспечения питания людей была организована пятиразовая (в сутки) работа специального пункта. Курящих обеспечили круглосуточным бесплатным доступом к папиросам и сигаретам. Разборка конструкций обрушившегося моста прослужившего около семидесяти лет осуществлялась с помощью артиллерийских тягачей. Срочно были изготовлены и установлены временные металлические опоры. На первый путь установка блоков пролетных строений осуществлялась с помощью самого современного поворотного крана ГЭПК-130 треста Мостострой-2, а на мост второго пути (дорога двухпутная) пролетные строения в кратчайшие сроки, побив все нормативы установили мы.

Крановый поезд массой более 700 тонн проехал по нему, обеспечив тем самым уверенность в надежности мостового перехода, и его способности выдерживать тяжеловесные составы. Крановая установка еще приводилась в транспортное положение, а по вновь сооруженному мостовому переходу помчались в обе стороны грузовые и пассажирские составы.

Для сведения читателей, масса крана в 700 тонн передавалась на две тележки по восемь осей каждая, стоящие друг от друга на расстоянии примерно 20 м и соединенных между собой составной стрелой в несколько десятков метров. После такого испытания мост мог выдержать любую допустимую нагрузку. Кстати, в 1968 году при проезде по недостроенному мосту на железной дороге Тюмень-Сургут с нашим составом произошла катастрофа с обрушением мостовых конструкций. По счастливой случайности жилой вагон с командой крана отцепился и остановился на уцелевшем пролете. Но это уже совсем другая история.

Лютов В.Н., Лютова Т.Е.

Моделирование процесса укрепления лессовых грунтов инъекционной струйной геотехнологией при устройстве ограждений котлованов в г. Барнауле

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова. Барнаул. Россия*

В связи с интенсивным развитием в настоящее время строительной отрасли расширение городов и мегаполисов происходит как «вверх» (увеличение этажности зданий) так и «вниз» (активное использование подземного пространства).

В последнее время актуальность такого рода задачи возросла в связи с появившимся и ежегодно растущим спросом на подземные многоуровневые автостоянки расположенные под строящимися жилыми домами.

Особенно ярко это проявляется в крупных городах, где практически каждый дом, строящийся в центральной части города, предусматривает подземную автостоянку, значительно повышающую финансовую привлекательность проекта для инвесторов.

Сложность и малая изученность основных физических явлений, происходящих в грунтах (особенно в лессовых и лессовидных), при действии на них громадных внешних нагрузок от зданий и сооружений, весьма затрудняют создание теории расчета, которая является актуальной задачей.

На практике обычно пользуются эмпирическими формулами, которые имеют существенных недостатка. Во-первых, они, как правило, пригодны лишь в тех пределах, в каких проводился эксперимент. Поэтому при появлении новых способов производства работ эмпирические формулы периодически приходится проверять в опытных условиях. Во-вторых, пользование этими формулами лишает возможности сознательно управлять физическими процессами [1,2, 5].

В этих условиях метод моделирования весьма эффективен не только потому, что применение моделей значительно удешевляет эксперимент. Главное заключается в том, что этот метод делает эксперимент более гибким, позволяет полнее расшифровать сложный комплекс физических явлений.

Разумное сочетание экспериментов с теорией позволяет устанавливать теоретическим путем новые расчетные зависимости.

При этом, по оценкам специалистов, до 45 % стоимости работ при строительстве гражданских и промышленных объектов на лёссовых грунтах тратится на комплекс мероприятий, предотвращающих деформацию сооружений из-за просадочности лёссовых и лессовидных грунтов.

Однако, в силу своей новизны и коммерческой ценности, результаты научных и практических исследований, посвященных установлению закономерностей при укреплении лессовых грунтов как оснований зданий и сооружений, с их особенными методов струйной геотехнологии, в открытой и доступной печати очень мало публикуются, что существенно затрудняет разработку и внедрение этих методов в строительство.

Одной из технологий, позволяющих выполнить устройство свай большого диаметра, является геотехнология струйной цементации грунтов.

Применение в этом случае геотехнологии струйной цементации грунтов имеет следующие преимущества: отсутствие негативного воздействия на фундаменты соседних зданий в процессе устройства ограждения из грунтоцементных свай; обеспечение водонепроницаемости ограждения из взаимосекущихся свай ; возможность устройства надежной горизонтальной противодиффузионной завесы в днище котлована (слоя искусственного водоупора)

В рамках проводимых авторами исследований был произведен расчет в программном комплексе GeoWalle - 1.0 двух типов ограждения: буронабивные сваи и струйная цементация Jet - Grouting. Для геотехнологии Jet-Grouting был выполнен расчет технологических параметров.

Программа GeoWalle – 1.0 предназначена для расчетов на прочность гибких подпорных стен и для оценки устойчивости грунта вокруг заглубленной части стены. Методика расчета на прочность ограждающей конструкции основана на численном решении задачи изгиба балки, защемленной одним концом в упругопластическом грунте и удерживаемой связями (анкеры, распорки). Для моделирования упругого изгиба стены используется метод конечных элементов [6, 7].

Авторами для моделирования был выбран геологический разрез в г.Барнауле по ул. Гушина. В этом районе преобладают лессовые просадочные грунты. Тип и физико-механические свойства грунтов соответствуют инженерно-геологическим изысканиям. Диаметр грунтоцементной сваи по струйной геотехнологии для каждого слоя был рассчитан. Минимальные значения диаметра грунтоцементной сваи равно 928 мм. Для буронабивных свай был подобран диаметр- 800 мм.

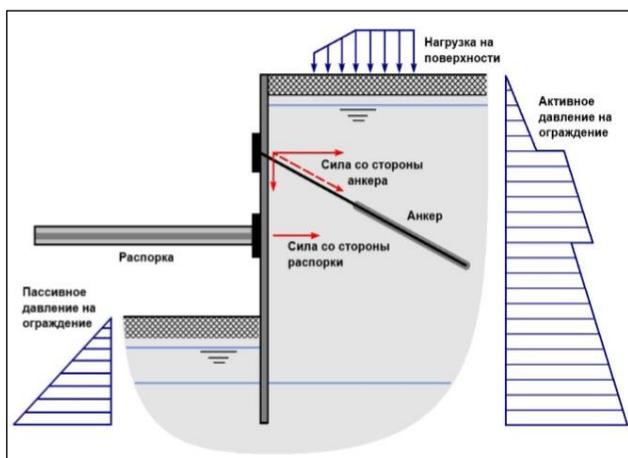


Рис. 1. Расчетная схема

Таблица 1. Ввод в программу исходных значений для «Jet-ограждения»

ИГЭ	Тип грунта	h, м	c_1 , кПа	Диаметр сваи, мм
1	Насыпной	0.6	6.0	1186
2	Суглинок лессовидный высокопористый	3.6	8.0	1103
3	Суглинок лессовидный низкопористый	2.9	13.0	977
4	Суглинок лессовидный твердый	12.0	16.0	928

(ИГЭ – инженерно-геологические этапы)

Расчет выполнен для 3-х этапов. На первом этапе котлован разработан до отметки -3,000 м (отметка +0,000 м – это верх площадки насыпного грунта) и установлен первый ряд анкеров ограждения. На втором этапе котлован разработан до отметки -7,000 м и установлен 2 ряд анкеров ограждения. Третий этап – разработка котлована до проектной отметки – 9,000 м.

Jet сваи

Характеристики свай и грунта бетона					Характеристики армирующего элемента	
Количество рядов	<input checked="" type="radio"/> 1 ряд <input type="radio"/> 2 ряда		Тип армирующего элемента			
Шаг свай в ряду	850		Высота балки		258,00	
Расстояние между рядами			Шагная полка		165,00	
			Координата центра масс арматуры		0,00	
№	Q, нн	E, МПа	R, МПа	Rt, МПа	Площадь сечения	92,19
1	1186	34500	19,5	1,3	Момент инерции	117000,00
2	1103	34500	19,5	1,3	Модуль упругости	210000,00
3	977	34500	19,5	1,3	Прочность на растяжение	280,00
4	928	34500	19,5	1,3	Армирование (ряд №1)	100,00
			Армирование (ряд №2)		%	

Рис. 2. Окно ввода параметров для струйной цементации

Величина горизонтального давления грунта на гибкие подпорные стены зависит от угла наклона поверхности грунта к горизонту, его физико-механических свойств, сил трения на контакте «подпорная стена – грунтовой массив», а также от величины горизонтальных перемещений конструкции. Давление на ограждение определяется суммой эффективного давления, вызванного напряженно-деформированным состоянием скелета грунта, и порового давления воды.

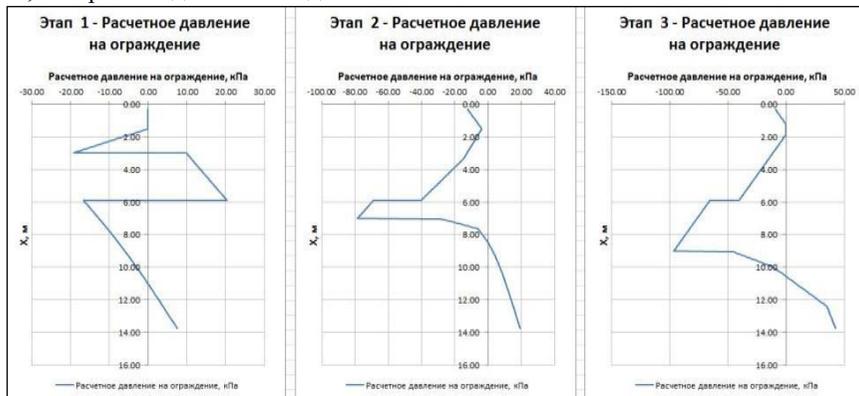


Рис. 3 – Расчетное давления грунта на «Jet-ограждения» для 3 этапов

При расчете давления грунта на гибкое ограждение приняты следующие допущения.

1) Допускается, что в предельном состоянии на ограждение действует давление, обусловленное сдвигом неустойчивых призм.

2) На абсолютно жесткие неподвижные подпорные стены действует давление грунта, равное давлению в ненарушенном массиве (давлению грунта в состоянии покоя).

3) Допускается, что грунт, залегающий вокруг заглубленной части стены, можно считать неподвижным при определении его горизонтальной реакции на смещения стены.

Предельное суммарное (с двух сторон) локальное давление грунта в некоторой точке заглубленной части стены по величине будет равно разности пассивного давления грунта с той стороны, куда направлено смещение стены, и активного давления грунта с противоположной стороны

Список литературы

1. СТО 064 НОСТРОЙ 2.3.18-2013. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве. – М., 2013.

2. Лютов В.Н Куликов С.К. Исследования и выбор оптимальных вариантов механизированных способов укрепления лессовых грунтов оснований зданий и сооружений в условиях Западной Сибири // «Ползуновский вестник». Вып. № 4-1, 2013. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013.– с. 135 -141.

3. Лютов В.Н., Швецов Г.И., Куликов С.К. Исследование и анализ возможности использования современных струйных геотехнологий для укрепления лессовых грунтов в условиях Западной Сибири. // Ползуновский вестник, Вып № 1, 2014. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. – С. 95-99.

4. Лютов В.Н., Лютова Т.Е., Исследование и анализ методов моделирования закрепления лессовых и лессовидных грунтов Алтайского края инъекционной струйной технологией. - Сборник материалов Международной научно - технической конференции : Интерстроймех - 2015. - Казань, Изд-во казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2015. - с. 241 - 244.

5. Малинин, А.Г. Струйная цементация грунтов: монография/ А.Г. Малинин. – Пермь: Прессайм, 2007. – 168 с.

6. Малинин А.Г., Гладков И.Л., Малинин П.А. Экспериментальные исследования параметров струйной технологии в различных грунтовых условиях. – М.: Стройиздат, 2010. – 66 с.

1. Малинин, А.Г., Малинин П.А. , Чернопазов С.А., Сельков П.Ю. GeoWall -1.0 – Программа для расчета ограждения котлованов на устойчивость и прочность // ПСВ, №8. – 2007.

Использование дорожных фрез при эксплуатации комплектов машин для ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия

*УО «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь», ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь*

В статье рассматривается процесс эксплуатации комплектов машин, используемых для восстановления работоспособности автомобильных дорог и реализующих технологию холодной регенерации асфальтобетонного дорожного покрытия. Изучается процесс использования дорожной фрезы, входящей в данный комплект, на протяжении периода ее эксплуатации дорожными организациями в условиях Республики Беларусь.

Автомобильные дороги занимают одно из важнейших мест в транспортной инфраструктуре Республики Беларусь. Они соединяют все населенные пункты нашей страны, обеспечивая удовлетворение организаций и граждан в доставке пассажиров и грузов автомобильным транспортом. Кроме этого, через территорию нашей страны проходят транспортные коридоры, соединяющие страны западной Европы и Российскую Федерацию. Поэтому в настоящее время предъявляются особые требования к поддержанию всей совокупности автомобильных дорог Республики Беларусь в работоспособном состоянии.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог в первую очередь износу подвержено дорожное покрытие. Оно воспринимает высокие нагрузки от движущегося грузового автотранспорта, на дорожное покрытие воздействует агрессивная окружающая среда, что приводит к износу и разрушениям конструкции дорожной одежды.

Кроме этого, в процессе ежедневной эксплуатации, под воздействием названных факторов, обнаруживаются скрытые дефекты, связанные с несовершенством используемых технологий и применяемых материалов, а также организацией работ на строительной площадке.

Организации дорожной отрасли в своих парках строительных и дорожных машин (СДМ) располагают широким перечнем техники различного типоразмера, функционального назначения, а также текущего состояния, связанного с возрастом машин. В парках СДМ находится как современные машины отечественного и иностранного производства, так и техника эксплуатирующаяся еще с советских времен.

Все это необходимо учитывать в процессе формирования эффективных комплектов СДМ, способных выполнять запланированные объемы работ в заданные сроки, а также при организации проведения работ на строительной площадке и выполнении регламента технологических операций.

В настоящее время для ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия широко используются комплекты СДМ, реализующие технологии холодной регенерации. В основе данной технологии лежит принцип снятия существующего асфальтобетонного дорожного покрытия с учетом возможностей его дальнейшего использования. При этом образуется достаточно ровное основание, пригодное для укладки новой дорожной одежды без устройства дополнительного выравнивающего слоя.

Это обеспечивается использованием в комплекте СДМ для холодной регенерации специальной машины – дорожной фрезы, которая благодаря фрезерному рабочему органу способна снять и измельчить существующий материал асфальтобетонного дорожного покрытия, а далее при помощи транспортера подать его в кузов автосамосвала для дальнейшей транспортировки к месту переработки или хранения.

В дорожных организациях широко используются дорожные фрезы немецкого производства марки Wirtgen 2000. За период эксплуатации на протяжении последних 8 лет они хорошо себя зарекомендовали и представляют современную надежную технику, способную выполнять свои технологические функции. Однако в процессе старения наблюдается снижение выходных параметров техники данного типа, что свидетельствует о необходимости проведения анализа изменения количественного значения основных эксплуатационных параметров машины.

Так, в процессе старения дорожной фрезы ее сезонная наработка изменялась практически в 2 раза. Это необходимо учитывать в процессе планирования эксплуатации машины на следующий год. Годовая наработка новой дорожной фрезы в условиях эксплуатации Республики Беларусь составляет порядка 1800 моточас, а в условиях равномерного использования, при достижении возраста в 8 лет годовая наработка составит не более 900 моточас. При этом сокращается годовая выработка машины, снижается ее годовая производительность. Для реализации больших объемов работ может понадобиться использование нескольких фрез в комплекте.

Для ремонта автомобильных дорог приобретается достаточно новая техника с возрастом до 3 лет. Исследования показали, что наиболее вероятная среднегодовая наработка такой фрезы будет находиться в диапазоне 1600...1800 моточас, что составляет не менее 88 % от возможной.

По данным отчетной информации эксплуатации дорожной фрезы за последние 8 лет среднее количество дней нахождения машины в работе составляет от 215 до 148 дней.

Это обусловлено многими факторами, основным из которых является возраст машины и связанное с ним увеличение продолжительности нахождения машины в технических обслуживаниях (ТО).

Так, с ростом наработки машины с начала эксплуатации периодичность проведения ТО уменьшается, а трудоемкость и продолжительность выполнения каждого ТО – увеличивается, что в итоге приводит к увеличению времени простоя в машины в ТО. Данные простои необходимо учитывать для повышения точности планирования эксплуатации СДМ на рабочей площадке.

Надежность СДМ определяется показателями: единичными – которые количественно характеризуют только одно свойство (безотказность, долговечность) и комплексными – характеризующими несколько свойств, составляющих надежность СДМ (коэффициент готовности, коэффициент технического использования). В настоящее время количественные значения показателей надежности дорожных фрез определяются усреднено, что дает хорошие результаты только при планировании эксплуатации парка машин одинакового среднего возраста.

Существующие парки СДМ организаций дорожной отрасли имеют машины различных годов выпуска. Продолжают эксплуатироваться СДМ, выпущенные еще в советское время, а также постепенно приобретаются новые СДМ. При оценке эксплуатации такого парка СДМ по усредненным значениям показателей надежности возникает ошибка до 50% в определении выходных параметров СДМ (производительности, количестве часов рабочего времени). В результате планирование использования СДМ осуществляется не рационально. У новой техники фактические значения параметров надежности являются выше расчетных (полученных по усредненным значениям) и она может выполнить объемы работ большие, чем ей запланировали. У старой техники фактические значения параметров надежности являются ниже расчетных, следовательно, она просто не способна выполнить запланированные ей объемы работ. При работе машин в комплекте, состоящем из новых и старых СДМ, общая производительность существенно снижается, сроки выполнения работ увеличиваются и превышают нормативные, а запланированные работы по строительству и ремонту автомобильных в полном объеме не выполняются, в результате возникает недоремонт автомобильных дорог.

Определение комплексного показателя надежности – коэффициента технического использования ($K_{ти}$) – для планирования наработки сезонной техники целесообразно проводить только на период выполнения работы по ее целевому назначению. Увеличение затрачиваемого времени на ремонты, проводимые в сезон, свидетельствуют о низком качестве планово-предупредительных мероприятий в зимний период. Для обеспечения необходимой точности при планировании наработки для сезонной техники определение $K_{ти}$ осуществляется по формуле:

$$K_{ти} = \frac{H_p^c}{H_p^c + t_{то}^c + t_p^c},$$

где: H_p^c – наработка машины, за рассматриваемый сезон;

$t_{то}^c$ и t_p^c – среднее время простоя машины в технических обслуживаниях (ТО) и ремонте за сезон.

В целях планирования организации работ, выполняемых дорожной фрезой на объекте необходимо знать динамику изменения $K_{ти}$ в процессе эксплуатации машины. Проведенные расчеты по определению $K_{ти}$ дорожной фрезы для каждого периода эксплуатации в течение 8 лет показали, что его значение будет находиться в диапазоне 0,87...0,98. При снижении величины $K_{ти}$ ниже значения 0,7 состояние машины признается ненадежным и целесообразно проводить капитальный ремонт.

Графическое изображение уменьшения значения $K_{ти}$ в зависимости от возраста дорожной фрезы (B) представлено на рис. 1.

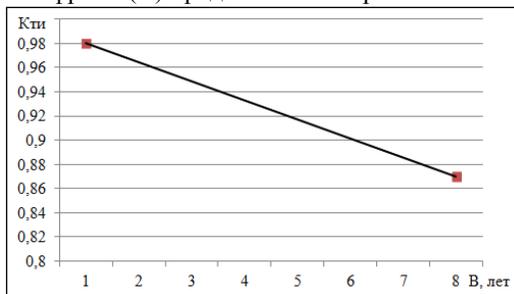


Рис. 1. Качественное изменение значения $K_{ти}$ в зависимости от возраста дорожной фрезы (B)

Расчеты подтвердили достаточно высокие значения параметров надежности дорожных фрез, сохраняющиеся в условиях эксплуатации Республики Беларусь. Данная техника способна на протяжении рассматриваемого периода эксплуатации находиться в работоспособном состоянии, обеспечивая высокую производительность выполняемых работ. Реализация технологий холодной регенерации с использованием данной техники позволит осуществлять своевременный ремонт автомобильных дорог.

Список литературы

1. Кудрявцев, Е.М. Комплексная механизация строительства / Е.М. Кудрявцев. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 424 с.
2. Максименко, А.Н. Производственная эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А.Н. Максименко, Д.Ю. Макацария. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 390 с.
3. Максименко, А.Н. Оценка эффективности этапа эксплуатации жизненного цикла машины с учетом динамики выходных параметров в процессе ее использования / А.Н. Максименко, В.В. Кутузов, Д.Ю. Макацария, Е.В. Заровчатская // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2015. – №1. – С. 52-59.

4. Макацария, Д.Ю. Транспортировка дорожно-строительных и ремонтных материалов при восстановлении работоспособности автомобильных дорог / Д.Ю. Макацария, Д.В. Мартинович // ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2014 : Материалы Международной научно-технической конференции, 9-11 сентября 2014 г., Россия, Самара. – Самара : Изд-во СГАСУ, 2014. – С.233-236.

5. Макацария, Д.Ю. Организация ремонта автомобильных дорог при использовании современных комплектов машин / Д.Ю. Макацария, Д.В. Мартинович // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы международной научно-технической конференции. – Тюмень : ТИУ, 2016. – С. 177-180.

Мухаметшина Р.М.

К вопросу о коррозионном разрушении деталей дорожно-строительных машин

*Казанский государственный архитектурно-строительный
университет. Г. Казань. Россия*

Коррозия является одним из наиболее опасных повреждающих процессов, снижающих потенциал работоспособности дорожно-строительных машин. В данной статье рассмотрены виды коррозионных воздействий, которым наиболее подвержены конструкционные материалы, используемые при изготовлении дорожно-строительных машин и оборудования. Закономерности, характеризующие процессы коррозионного разрушения деталей машин, позволяют прогнозировать ход повреждающего процесса и являются основой для разработки методов защиты от коррозии.

Дорожно-строительные машины, используемые в различных условиях окружающей среды, являются техническими системами, подверженными интенсивным коррозионным разрушениям. Коррозия является одним из основных повреждающих процессов, снижающих потенциал работоспособности дорожно-строительных машин. Исследования, выполненные в нашей стране и за рубежом показали, что даже при исключении особо агрессивных действующих факторов, незащищенные от атмосферных воздействий элементы и детали машин ежегодно теряют в результате коррозии 0,13 % массы, а в промышленной атмосфере по данным исследований скорость коррозии составляет в среднем 575 г/м^2 в год [1-4].

Коррозионный процесс представляет собой самопроизвольный процесс разрушения материала изделия в результате химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой. Для количественной оценки потери изделием работоспособности необходимо изучение механизма коррозионного процесса, определение закономерностей, характеризующих повреждающие процессы в материалах деталей машин.

По механизму протекания коррозионного процесса различают химическую и электрохимическую коррозии деталей машин. Химическая коррозия протекает в сухих газах и неэлектролитах, например, при взаимодействии металлического материала деталей с отработавшими газами в зоне высоких температур двигателя машины. Интенсивность химической коррозии определяется в основном температурой и составом коррозионной среды. Зависимость химической коррозии от температуры определяется уравнением Аррениуса [2]:

$$\ln v_k = a - \frac{b}{T}, \quad (1)$$

где: v_k – скорость реакции;

a и b – константы;

T – абсолютная температура, $^{\circ}K$.

Механизм коррозионного разрушения деталей дорожно-строительных машин и оборудования имеет в основном электрохимическую природу, так как в реальных условиях эксплуатации большинство деталей машин контактирует с растворами электролитов. Основными факторами, определяющими скорость электрохимической коррозии являются температура, влажность и загрязненность окружающей среды. Количественная оценка коррозионных повреждений в условиях электрохимической коррозии определяется зависимостью [2]:

$$l = l_0 \cdot (1 - e^{-v_k t}), \quad (2)$$

где: l – толщина слоя материала, подверженного коррозией;

l_0 – начальная толщина элемента машины;

v_k – скорость окислительной реакции, т.е. глубина коррозионного разрушения металла в единицу времени;

t – продолжительность воздействия внешней среды.

В процессе эксплуатации машин при изменении температуры поверхностей деталей на них из воздуха конденсируется вода в виде пленки. В результате сгорания топлива образуются различные газы (оксид углерода (IV), оксиды азота, серы, сероводород и др.), которые, растворяясь в воде, образуют растворы электролитов.

При повышении температуры воздуха происходит испарение влаги, сконденсировавшейся на элементах и деталях машины. При этом в образовавшемся электролите происходит увеличение концентрации коррозионно-активных соединений. Процесс коррозионного разрушения металлической детали с образованием ржавчины вследствие конденсации водяных паров можно представить следующим суммарным уравнением:



Для деталей дорожно-строительных машин коррозионно-активной являются также обрабатываемые среды. Грунты и дорожная грязь в местах эксплуатации дорожно-строительных машин содержат коррозионно-активные вещества в виде различных растворов солей (сульфат аммония, хлорид натрия, карбонат калия и др.), а также известковую воду. К действию щелочных растворов особенно неустойчивы органические покрытия деталей машин, которые при воздействии щелочных растворов размягчаются [5]. Разрушительное действие коррозии усиливается, если дорожно-строительная техника не подвергается систематической мойке и очистке, что является одной из основных причин, ускоряющих проникновение агрессивных электролитов через защитное покрытие к металлам.

На скорость коррозионного разрушения деталей машин влияют также различные примеси, содержащиеся в окружающей среде. За последние десятилетия значительно возросло производство различных химических соединений, таких как минеральные удобрения, искусственные волокна, синтетические каучуки, при производстве которых образуется большое количество коррозионно-активных частиц. Из промышленных загрязнений окружающей среды наиболее сильное воздействие на детали машин оказывает оксид серы (IV). Даже при содержании его в воздухе менее 0,0001 процентов происходит ускорение коррозионного разрушения металлов [6]. Значительное корродирующее действие оказывают хлор, аммиак и другие газообразные примеси в воздухе.

Одним из существенных факторов, способствующих коррозии машин в зимнее время, является использование химических реагентов (хлориды натрия, кальция) от обледенения дорог. Попадание растворов солей в трудно промываемые элементы дорожно-строительных машин ускоряет их коррозию.

Таким образом, интенсивность коррозионного разрушения деталей машин зависит от большого количества различных по своей природе и значимости факторов.

Любой коррозионный процесс является сложным физико-химическим процессом и не соответствует простому механизму окисления металла и восстановления окислительного компонента. Более точной, на наш взгляд, является такая модель коррозионного процесса, которая учитывает влияние внутренних и внешних факторов на скорость коррозии. К внутренним факторам относятся химический состав и структура металла, состояние его поверхности, наличие напряжений и др. К внешним факторам относятся вид и состав окружающей среды, условия, при которых протекают физико-химические процессы (температура, давление, влажность, скорость движения воздуха). Совокупность внутренних и внешних факторов включает конструктивные, технологические и эксплуатационные коррозионные факторы (рис. 1).



Рис. 1. Факторы, влияющие на коррозионное разрушение машин

В современных условиях возрастающего агрессивного воздействия окружающей среды особую актуальность приобретает проблема повышения коррозионной стойкости дорожно-строительных машин [7]. Обеспечение работоспособности машин требует проведения комплекса мероприятий, направленных на предотвращение и ингибирование коррозионных процессов.

При проектировании машин необходимо обеспечить их эффективную антикоррозионную защиту. В настоящее время для повышения коррозионной стойкости деталей машин наибольшее распространение получили такие методы, как нанесение защитных покрытий, введение в состав смазочных смесей антикоррозионных соединений, введение легирующих добавок в состав металлических материалов, а также герметизация сопряжений, устранение неплотностей и зазоров. Необходимо отметить, что способ защиты для конкретной дорожно-строительной техники должен выбираться исходя из анализа условий ее эксплуатации. Усложнение условий эксплуатации машины, появление специфических загрязнений окружающей среды требует постоянного совершенствования методов защиты от коррозии.

Список литературы

1. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
2. Щурин К.В. Надежность мобильных машин. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 585 с.
3. Долгополов Б.П., Доценко Г.Н., Зорин В.А. и др. Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. – М.: Академия, 2010. – 576 с.
4. Гуревич Ю.Е., Косов М.Г., Схиртладзе А.Г. Детали машин и основы конструирования. – М.: Академия, 2012. – 592 с.
5. Максименко А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
6. Яхьяев Н.Я., Кораблин А.В. Основы теории надежности и диагностики. – М.: Академия, 2009. – 256 с.
7. Сахапов Р.Л., Абсалямова С.Г. Инновационная пауза как шанс на технологическую модернизацию российской экономики. // Известия КГА-СУ, 2012, № 3 (21). – С. 203-208.

Рачков Е.В.

Повышение эффективности ленточного промежуточного привода конвейера

*Московская государственная академия водного транспорта,
Москва, Россия*

В настоящее время в качестве промежуточных приводов в многоприводных ленточных конвейерах применяют прямолинейные ленточные приводы, основным недостатком которых является низкие тяговые возможности, реализуемые за счет трения между приводной и тяговой лентами.

Это особенно остро проявляется в период заполнения грузом тяговой ленты, когда над промежуточным приводом груз еще отсутствует. Увеличение тяговых возможностей прямолинейного ленточного привода достигается увеличением его длины, которая может составлять сто и более метров, что приводит к существенному удорожанию конвейера и увеличению затрат на его обслуживание, снижению технико-экономических показателей установки.

Увеличение тяговых возможностей ленточного промежуточного привода предполагается обеспечить за счет перехода от прямолинейной формы контакта приводной и тяговой лент к криволинейной форме по дуге кругового сегмента ABC (рис. 1)

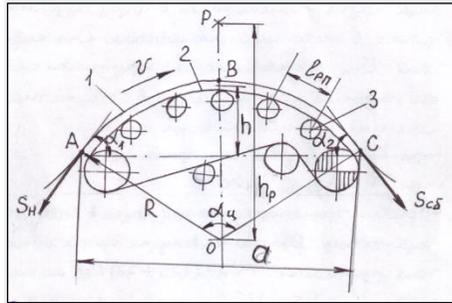


Рис. 1 Схема криволинейного ленточного промежуточного привода: 1- тяговая лента конвейера; 2 – приводная лента промежуточного привода; 3 –роликоопоры тяговой ветви промежуточного привода

Криволинейный участок промежуточного привода представляет собой роликовую батарею 3, по которой в пределах центрального угла α_{α} движется приводная лента 2 привода, увлекающая за собой за счет сил трения, находящуюся с ней в контакте, тяговую ленту 1 конвейера. В тяговой ленте от точки А до точки С натяжение изменяется по закону Эйлера, соответственно от S_H до $S_{C\delta}$.

Радиус кривизны R роликовой батареи промежуточного привода должен обеспечивать выполнение требований по сохранению лентой желобчатой формы, допускаемых натяжений в кромках ленты и долговечности подшипников роликоопор, для чего этот радиус следует принимать по условию [1]

$$R \geq |R_{min}| = \frac{0.3B_L \sin \alpha_{ж}}{E - E_S},$$

где: B_L - ширина ленты;

$\alpha_{ж}$ - угол наклона боковых роликов опоры;

E - паспортное относительное удлинение тяговой ленты;

E_S - относительное удлинение тяговой ленты от натяжения действующего в точке А

Углы наклона дуги к горизонту в точке А - α_1 и в точке С - α_2 принимаются из условия обеспечения устойчивого положения транспортируемого груза на тяговой ленте, которое будет иметь место, если эти углы не будут превышать угла трения φ груза по ленте, т.е. $\alpha_1 = \alpha_2 \leq \varphi$. Кроме того, углы α_1 и α_2 следует проверить по условию исключения возможного отрыва груза от массива и ленты в пределах дуги ABC.

Так как при реальных компоновочных параметрах криволинейного ленточного промежуточного привода выполняется условие

$$h_p = \frac{q}{\omega^2} \gg R + h_c,$$

где: h_p – расстояние от точки О до точки полюса Р, расположенной на вертикальной оси, в которой сходятся линии действия сил, приложенных к частицам массива груза, находящегося в пределах дуги ВС;

q – ускорение свободного падения;

ω – угловая скорость движения груза по дуге;

h_l – высота массива груза на ленте,

очевидно, что в пределах дуги АВ отрыв массива груза от ленты невозможен, а в пределах дуги ВС под преобладающим воздействием гравитационных сил такой отрыв возможен и для исключения этого явления угол α_2 должен находиться в пределах

$$\alpha_2 \leq \frac{\psi_a + \psi_b}{2},$$

где: ψ_a и ψ_b – центральные углы от вертикальной оси в пределах дуги ВС фиксирующие положения частиц груза соответственно на ленте (а) и на поверхности массива (в), характеризующие момент начала отрыва этих частиц.

Для определения углов ψ_a и ψ_b можно использовать рекомендуемые зависимости [3]

$$\psi_a = \varphi - \arcsin\left(\frac{R}{h_p} \sin\varphi\right);$$

$$\psi_b = \varphi_1 - \arcsin\left(\frac{R + h_z}{h_p} \sin\varphi_1\right);$$

где φ_1 – угол свободного расположения груза на движущейся ленте [1].

Геометрические параметры криволинейного ленточного промежуточного привода характеризуется высотой сегмента

$$h = R(1 - \cos\alpha_1) \quad (1)$$

и длиной его хорды АС

$$a = R(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2). \quad (2)$$

Тяговое усилие, которое может реализовать рассматриваемый криволинейный ленточный промежуточный привод ленточного конвейера, определяется по формуле

$$P_{nn} = \frac{1}{K_{3c}} S_H \frac{e^{\mu_n \alpha_y - 1}}{e^{\mu_n \alpha_y}},$$

$$\mu_n = \frac{\mu}{\cos\alpha_{oc}},$$

$$\alpha_y = \alpha_1 + \alpha_2,$$

где: $K_{зс} = 1,2$ - коэффициент запаса сцепления лент;

S_H - натяжение тяговой ленты конвейера в точке А;

$\mu_{л1}$ - приведенный коэффициент трения между приводной и тяговой лентами с учетом угла наклона $\alpha_{ж}$ боковых роликов роликоопор промежуточного привода;

μ - коэффициент трения резины по резине.

Требуемое число криволинейных ленточных промежуточных приводов и их расстановка по трассе конвейера определяется в той же последовательности, что и в известной методике для прямолинейных ленточных промежуточных приводов многоприводных ленточных конвейером [2]. При необходимости уменьшить числа криволинейных ленточных промежуточных приводов следует увеличить тяговые возможности P_m (3) одного привода за счет замены тяговой ленты конвейера на более прочную, позволяющую поднять натяжение S_H .

Численный анализ показывает, что переход от прямолинейных к криволинейным ленточным промежуточным приводам позволит получить существенный экономический эффект за счет уменьшения в несколько раз длины и материалоемкости промежуточных приводов, снижения затрат на их эксплуатацию.

Список литературы

1. Основные требования к проектированию ленточных конвейеров общего назначения. РТМ.-М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1980.
2. Конвейеры. Справочник [Ю.А. Пертен].-Л.:Машиностроение, 1984.
3. А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. Транспортирующие машины.- М.: Машиностроение, 1983.

**Применение метода магнитной памяти металла
для оценки остаточного ресурса несущих металлоконструкций
машин в условиях многоциклового нагружения**

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Расчет остаточного ресурса с целью обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации требуется для большинства технических устройств, отработавших нормативный срок и применяемых на опасных производственных объектах. При этом технические устройства в процессе эксплуатации воспринимают различные по длительности, интенсивности и частоте повторений нагрузки, и работают в области статического нагружения, малоцикловой и многоцикловой усталости.

Определенный интерес представляют технические устройства, несущие металлоконструкции которых воспринимают в процессе эксплуатации значительно число циклов нагружения, характеризующихся различным уровнем возникающих напряжений, амплитудой, асимметрией цикла и т.п.

К таким техническим устройствам относятся грузоподъемные машины, в том числе и мостовые краны тяжелого и весьма тяжелого режимов нагружения, работающих, как правило, с грузами, масса которых близка к номинальной грузоподъемности кранов в условиях их многократного повторения.

В настоящее время существует несколько методов неразрушающего контроля, позволяющих выполнять расчет остаточного ресурса несущих металлоконструкций машин (на основе контроля и сравнения с предельным значением различных физических параметров), из которых наименее трудоемким является метод магнитной памяти металла.

Метод магнитной памяти металла представляет собой метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния на поверхности изделий с целью определения дефектов, неоднородности структуры металла и сварных соединений [1].

Магнитная память металла представляет собой последствие, которое проявляется в виде остаточной намагниченности металла изделий и сварных соединений, сформировавшейся в процессе накопления поврежденности от рабочих нагрузок.

Так как расчет остаточного ресурса на основе метода магнитной памяти металла разрабатывался для объектов, работающих в области малоцикловой усталости (сосуды под давлением и т.п.), было проведено экспериментальное исследование применимости данного метода для несущих металлоконструкций машин, работающих в области многоцикловой усталости [2, 3].

Экспериментальные графики изменения магнитных показателей, характеризующих изменение градиента магнитного поля при сканировании металла датчиком, в зависимости от числа циклов нагружения для плоских и цилиндрических образцов из сталей Ст3 и Ст20 соответственно представлены на магнитограммах (рисунок 1, 2).

Для оценки остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин предлагается использовать интервал изменения магнитного показателя. При этом строится график изменения данного показателя от процентного ресурса металлоконструкции (так же данную зависимость можно представить в виде значения магнитного показателя от числа циклов нагружений металлоконструкции).

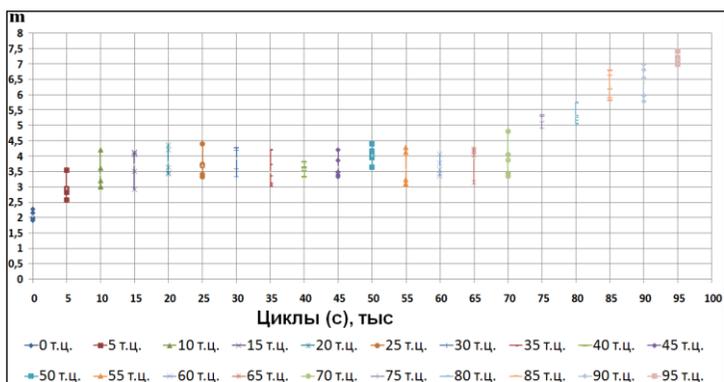


Рис. 1. Распределение значения магнитного показателя на плоском образце

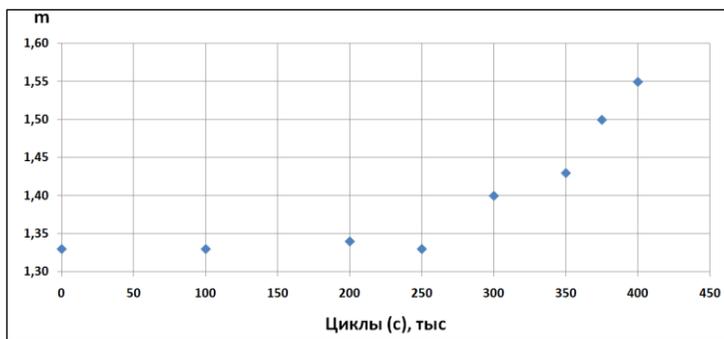


Рис. 2. Распределение значения магнитного показателя на цилиндрическом образце

Анализ изменения значений магнитного показателя, полученных в ходе экспериментального исследования, позволяет сделать вывод о наличии следующих характерных участков на магнитограммах, соответствующих этапу приработки металла и нормальной эксплуатации, и этапу усиленного накопления поврежденности, заканчивающемуся зарождением магистральной трещины [4].

Из диаграмм (см. рисунок 3, 4), полученных в ходе аппроксимации экспериментальных данных рисунков 1 и 2 заметно повторение изменения (роста) значения магнитного показателя на последних ~20% ресурса образца (T). Учитывая, что формы образцов и материалы из которых они изготовлены отличаются, а аппроксимирующая кривая на конечном этапе имеет схожую форму, можно утверждать, что данный интервал T можно использовать при расчете остаточного ресурса грузоподъемных машин.

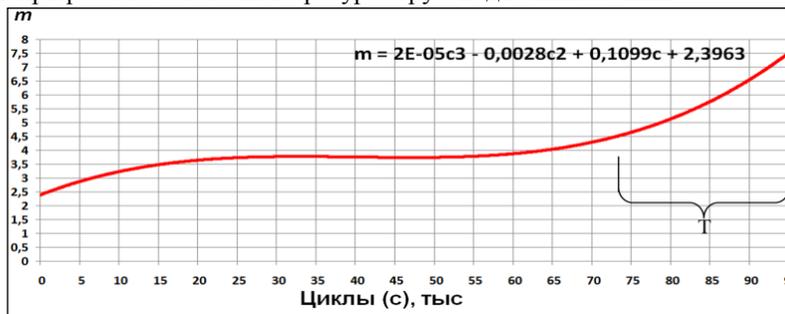


Рис. 3. Распределение средних значений магнитного показателя на плоском образце

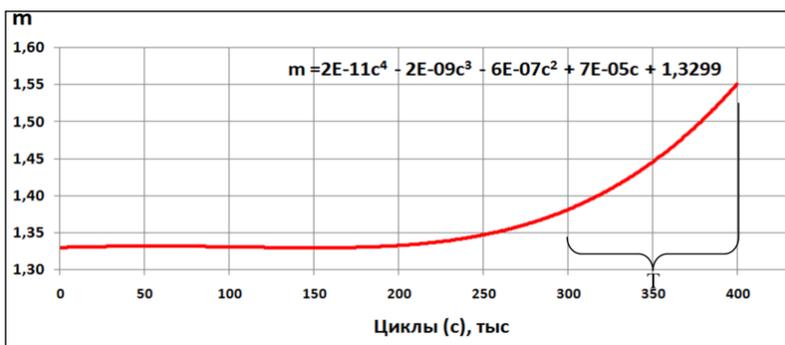


Рис. 4. Распределение средних значений магнитного показателя на цилиндрическом образце

Так как значительное изменение значения магнитного показателя происходит при достижении 80% ресурса, можно сделать вывод, что при сканировании металлоконструкций грузоподъемных машин и получении при анализе магнитограмм значения магнитного показателя в пределах прямолинейного участка диаграммы, есть возможность продлить срок эксплуатации объекта (S) на величину меньшую оставшегося ресурса T (т.е. менее 20%). Однако, если при сканировании получены значения из интервала T , тогда есть возможность продлить срок эксплуатации объекта S (1,2) диагностирования на срок

$$S \leq S_{\text{ред}} - S_i, \quad (1)$$

где: S - возможный к продлению срок эксплуатации металлоконструкции в циклах;

$S_{пред}$ - предельное значение циклов нагружения металлоконструкции;

S_0 - отработанный нормативный срок в циклах.

Так же данное выражение можно представить в процентном виде от срока эксплуатации:

$$S \leq 100\% - S_i, \quad (2)$$

где: S - возможный к продлению срок эксплуатации металлоконструкции в процентах;

S_0 - отработанный нормативный срок в процентах.

Если же значения S , $S_{пред}$, S_0 представить в виде циклов нагружения, тогда остаточный ресурс металлоконструкции объекта можно пересчитать в годах. Эти данные могут быть регламентированы согласно справке о характере работы крана.

Экспериментальные значения магнитных показателей для разных типов сталей и форм образцов значительно отличаются друг от друга в числовом выражении (но не меняется форма кривой, описывающей изменение магнитного показателя).

Следовательно, при диагностировании несущих металлоконструкций грузоподъемных машин необходимо проводить дополнительное начальное сканирование с целью нахождения бездефектного участка для экспериментального исследования на многоцикловую усталость с целью уточнения значений магнитного показателя для диаграммы изменения среднего значения магнитного показателя. Дальнейший расчет остаточного ресурса металлоконструкции грузоподъемных машин производить согласно представленной методике.

Список литературы

1. Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля: учеб. пособие. М.: Спектр, 2012. 395 с.
2. Романов Д.А., Анцев В.Ю., Толоконников А.С. Адаптация метода магнитной памяти металла к применению в диагностике и расчете остаточного ресурса металлоконструкций ГПМ // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: Сб. научных трудов. В 3-х томах. Горохов А.А. (отв.редактор). Курск, 2014. С. 122-124.
3. Романов Д.А., Анцев В.Ю., Толоконников А.С. Разработка методики диагностики и расчета остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин методом магнитной памяти металла // Интерстроймех 2014. Материалы Международной научно-технической конференции. Самара, 2014. С. 246-249.

4. Анцев В.Ю., Толоконников А.С., Романов Д.А. Исследование закономерности распределения значений магнитного показателя при статическом растяжении образцов из стали Ст3 // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. 2014. № 7. С. 113-117.

Тюрин Я.И., Мандровский К.П.

Прогнозирование ёмкости отечественного рынка фронтальных погрузчиков с шарнирно-сочлененной рамой

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Москва. Россия

Рынок спроса погрузчиков на территории каждой страны в мире имеет свои особенности и различия и, в данном случае, Российская Федерация не является исключением. На рынке спроса на погрузчики различных типов на территории нашей страны сложилась своя особенность потребительского спроса, которая продиктована, как и в любой другой стране, различными критериями конкурентоспособности.

Согласно результатам исследования, полученным при проведении анализа государственных закупок по фронтальным погрузчикам по данным интернет - портала [2], наибольшая доля государственных закупок на территории Российской Федерации приходится на закупку экскаваторов-погрузчиков (37%) и фронтальных погрузчиков с шарнирно-сочлененной рамой (26%) (см. рис.1).

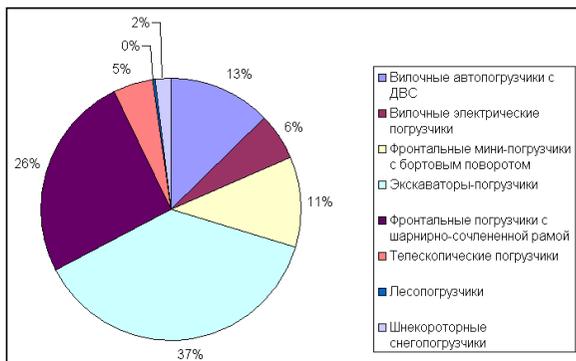


Рис. 1. Объемы закупок различных типов погрузчиков в процентном соотношении.

Определим универсальность погрузчиков по возможности использования различного типа навесного и сменного рабочего оборудования.

Рассмотрев возможности использования различного навесного оборудования различными типами погрузчиков (см. таблицу 1), можно определить следующие наиболее универсальные типы погрузчиков:

- Экскаваторы-погрузчики (включая Грейферные погрузчики).
- Мини-погрузчики с бортовым поворотом.
- Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой.

Далее, определим универсальность погрузчиков по применяемому оборудованию.

По каждому типу погрузчиков определим в процентном соотношении то количество оборудования из перечня, которое может использовать тот или иной вид погрузчика:

$$[A_i = (K_i * 100\%) / 28],$$

где: A_i – процент применяемого оборудования из перечня i -ым погрузчиком;
 K_i – количество применяемого оборудования из перечня;
 28 – общее количество оборудования.

Таблица 1.

Тип погрузчика	Ковш для легких и сыпучих материалов	Ковш для грунта с зубьями	Ковш 4 в 1	Ковш просеивающий	Отвал планировочный	Снегоуборочный ковш	Снегоуборочный отвал	Челюстной захват	Грейферный ковш	Вилы	Подвешиваемая буксирная щетка	Щетка подвешиваемая поперечная	Щетка с системой полена	Дисковые пыля
Вилочные автопогрузчики с ДВС								+		+				
Вилочные электрические погрузчики								+		+				
Экскаваторы-погрузчики (вкл. Грейферные)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мини-погрузчики	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тележочные погрузчики	+			+						+				
Шнекороторные снегопогрузчики														
Лесополупогрузчики				+	+			+						+
	Гидромолот	Виброкаток	Культиватор	Кусторез	Мульчер	Фреза асфальтовая	Трапезекопатель	Гидробур со шнеками	Снегоочиститель	Манипулятор	Крюк	Экскаваторное оборудование	Лебедка	Грейдер
Вилочные автопогрузчики с ДВС										+				
Вилочные электрические погрузчики														
Экскаваторы-погрузчики (вкл. Грейферные)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мини-погрузчики	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тележочные погрузчики												+		
Шнекороторные снегопогрузчики									+					
Лесополупогрузчики				+	+					+			+	

Произведем расчет:

1. Вилочные автопогрузчики с ДВС

$$A_1 = (3 * 100\%) / 28 = 10,71 \%;$$

2. Вилочные электрические погрузчики

$$A_2 = (2 * 100\%) / 28 = 7,14 \%;$$

3. Экскаваторы-погрузчики (вкл. грейферные)

$$A_3 = (28 * 100\%) / 28 = 100 \%;$$

4. Мини-погрузчики с бортовым поворотом

$$A_4 = (21 * 100\%) / 28 = 75 \%;$$

5. Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой

$$A_5 = (12 * 100\%) / 28 = 42,86 \%;$$

6. Телескопические погрузчики

$$A_6 = (4 * 100\%) / 28 = 14,29 \%;$$

7. Шнекороторные снегопогрузчики

$$A_7 = (1 * 100\%) / 28 = 3,6 \%;$$

8. Лесопогрузчики

$$A_8 = (8 * 100\%) / 28 = 28,57 \%.$$

Далее, соотнесем в процентном соотношении универсальность фронтальных шарнирно-сочлененных погрузчиков с погрузчиками остальных типов:

$$[B_i = (D_i / E_i) * 100\%],$$

где: B_i – процент замещения фронтальным погрузчиком i -ого погрузчика другого типа;

D_i – общее количество навесного оборудования, используемого как фронтальным погрузчиком, так и i -ым погрузчиком другого типа (вилочные, вилочные электрические и т.д.);

E_i – общее количество используемого навесного оборудования i -ым погрузчиком.

Произведем расчет:

1. Вилочные автопогрузчики с ДВС

$$B_1 = (2 / 2) * 100\% = 100 \%;$$

2. Вилочные электрические погрузчики

$$B_2 = (3 / 3) * 100\% = 100\% ;$$

3. Экскаваторы-погрузчики (вкл. грейферные)

$$B_3 = (12 / 28) * 100\% = 42,86\%$$

4. Мини-погрузчики с бортовым поворотом

$$B_4 = (8 / 21) * 100\% = 38,10\% ;$$

5. Телескопические погрузчики

$$B_5 = (3 / 4) * 100\% = 75\% ;$$

6. Шнекороторные снегопогрузчики

$$B_6 = (1 / 1) * 100\% = 100\% ;$$

7. Лесопогрузчики

$$B_7 = (3 / 8) * 100\% = 37,5\% .$$

Сведем полученные результаты в табл. 2:

Таблица 2

№	Тип	Процент применяемого оборудования из перечня Аi, %	Процент заменяемости фронтальными погрузчиками других типов Вi, %
1	Вилочные автопогрузчики с ДВС	10,71	100
2	Вилочные электрические погрузчики	7,14	100
3	Экскаваторы-погрузчики (вкл. Грейферные)	100	42,86
4	Мини-погрузчики с бортовым поворотом	75	38,10
5	Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой	42,86	-
6	Телескопические погрузчики	14,29	75
7	Шнекороторные снегопогрузчики	3,6	100
8	Лесопогрузчики	28,57	37,5

Таким образом, предполагается, что проценты замещения, за счет определения универсальности применяемого рабочего оборудования из установленного в таблице 1 перечня, фронтальными погрузчиками с шарнирно-сочлененной рамой других типов погрузчиков могут составлять процент замещения;

- вилочных автопогрузчиков с ДВС 100%;
- вилочных электропогрузчиков 100%;
- экскаваторов-погрузчиков (вкл. грейферные) 42,86%;
- мини-погрузчиков с бортовым поворотом 38,10%;
- телескопических погрузчиков 75%;
- шнекороторных снегопогрузчиков 100%;
- лесопогрузчиков 37,5%.

Или в денежном эквиваленте (см. табл. 3):

Таблица 3

№	Тип погрузчика	Объем закупок (С1...8), руб.	Процент замещения %
1	Вилочные автопогрузчики с ДВС	1497267770,00	100
2	Вилочные электрические погрузчики	694220685,60	100
3	Мини-погрузчики с бортовым поворотом	1295877430,00	38,10
4	Экскаваторы погрузчики (вкл. грейферные)	4419540387,70	42,86
5	Телескопические погрузчики	581915009,00	75
6	Шнекороторные снегопогрузчики	225523703,00	100
7	Лесопогрузчики	50090817,00	37,5
8	Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой	3009619442,20	-

Исходя из полученных процентов замещения фронтальными шарнирно-сочлененными погрузчиками других типов погрузчиков, получим суммарный объем рынка фронтальных погрузчиков с шарнирно-сочлененной рамой

$$\text{Собщ} = C1 + C2 + (C3*38,10)/100 + (C4*42,86)/100 + (C5*75)/100 + C6 + (C7*37,5)/100 + C8 = 8269796225 \text{ руб.}$$

Выводы

1. Рассмотрев возможности использования различного навесного оборудования различными типами погрузчиков, можно определить следующие наиболее универсальные типы погрузчиков:

- Экскаваторы-погрузчики (включая Грейферные погрузчики).
- Мини-погрузчики с бортовым поворотом.
- Фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой.

2. Предполагается, что проценты замещения, за счет определения универсальности применяемого рабочего оборудования из установленного в таблице 1 перечня, фронтальными погрузчиками с шарнирно-сочлененной рамой других типов погрузчиков могут составлять процент замещения:

- вилочных автопогрузчиков с ДВС 100%;
- вилочных электропогрузчиков 100%;
- экскаваторов-погрузчиков (вкл. грейферные) 42,86%;
- мини-погрузчиков с бортовым поворотом 38,10%;
- телескопических погрузчиков 75%;
- шнекороторных снегопогрузчиков 100%;
- лесопогрузчиков 37,5%.

3. Суммарный объем рынка фронтальных погрузчиков с шарнирно-сочлененной рамой может достигать реализаций на 8269796225 руб.

Список литературы

1. Грифф М.И., Каганович Е.М., Казимиров Л.П. Погрузчики мира. Выпуск 11. Справочник. - 11 изд. - М.: Издательство Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2005. - 245 с.

2. Сайт Государственных закупок URL: www.zakupki.gov.ru (дата обращения: 26.06.2016).

3. Строй-Техника.ру // Строительные машины и оборудование, справочник URL: <http://stroy-technics.ru/> (дата обращения: 26.06.2016).

Раздел IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ

Мещерин В.Н.

Проблемы подготовки механиков для строительного комплекса

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет. Москва. Россия*

Подготовка специалистов и бакалавров для строительного комплекса и лифтового хозяйства московского и прилегающих регионов количественно значительно сокращается. Это может привести при сохранении объемов строительства, к снижению качества, увеличению сроков возведения объектов, а также к снижению уровня подготовки студентов.

До настоящего времени наш университет готовил и выпускал: специалистов по подъемно-транспортным, строительным, дорожным средствам и оборудованию, бакалавров по машинам и оборудованию перечисленного назначения; специалистов (инженеров) и бакалавров по механизации и автоматизации строительства, а также по механическому оборудованию и технологическим комплексам предприятий для производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Но с 2014 г. прекратился прием на бакалавриат по обоим профилям направления "Строительство", а с 2015 г. - по профилю "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" направления "Наземные транспортно-технологические комплексы".

Если в предыдущие годы набор механиков в университете на бюджетные места был свыше 100 человек только на очную форму обучения, то в 2016 г. план бюджетного приема на обучение по программе специалитета (специализация "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование") менее 50 чел. Прием на очно-заочную и заочную формы обучения вообще не запланирован.

Основная причина резкого сокращения набора - существенное уменьшение бюджетного финансирования наших направлений подготовки. Дополнить эти средства за счет внебюджетных поступлений в размере, сопоставимом с поступлениями в докризисные времена, сейчас не удастся. Плата за обучение по программе специалиста не может быть менее 184 тысяч рублей в год, т.е. бюджетного норматива. Это существенно сказывается на нашей конкурентоспособности, так как норматив для профилей направления "Строительство" значительно ниже.

В тоже время по данным стройкомплекса Москвы количество работников, занятых в строительстве, составляет около 1 млн., т.е. за последние 25 лет практически удвоилось. По статистике 90-х годов потребность инженеров-механиков в строительстве была в среднем 3%. При 1 млн. работников она может составить до 30 тыс. человек плюс потребности лифтовых служб и лифтостроения. То есть потребность в механиках со специальной подготовкой растет, а потенциальное количество выпускников будет уменьшаться. Если учесть, что около 70 % наших студентов иногородние, а часть выпускников трудоустраивается не в стройкомплексе, то положение становится тревожным. Без эффективного использования машин и механизмов темпы и качество объектов строительства могут значительно снизиться. Число вузов, выпускающих специалистов и бакалавров по нашей специализации и профилям, сокращается (пример - МГАКХиС в составе НИУ МГСУ, и план бюджетного приема около 50 чел. общий). Кадровое пополнение за счет других регионов в существующих экономических условиях пока единичное.

При сокращении набора студентов неизбежно сокращается и численность профессорско-преподавательского состава, особенно его наиболее квалифицированной части. В прежние годы эти преподаватели успевали подготовить себе смену из числа работников отраслевых лабораторий - исполнителей прикладных научно-исследовательских договоров, включая аспирантов и студентов старших курсов. За счет средств отраслей обновлялась и материальная база учебного процесса. В современных экономических условиях взаимовыгодные связи вуза и производства носят пока локальный характер, не позволяющий возродить престиж преподавательской работы по подготовке инженеров-механиков.

Сахапов Р.Л., Абсалямова С.Г.

Новые образовательные тренды в эпоху четвертой промышленной революции

*Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, Казань, Россия*

На 46-м экономическом форуме в швейцарском городе Давос, состоявшемся в январе нынешнего года главной темой повестки дня стала Четвёртая Промышленная революция.

«В первой промышленной революции сила воды и пара позволила механизировать производство. Во второй электроэнергия использовалась для организации массового производства. В третьей электроника и информационные технологии автоматизировали производство.

Теперь она перерастает в четвертую промышленную революцию, характеризующуюся сочетанием технологий, которые размывают границы между физической, цифровой и биологической сферами», — заявил на открытии форума его председатель профессор Клаус Шваб [8].

Все промышленные революции резко изменяли содержание труда и трудовых отношений [1], вызывали спрос на отдельные специальности и профессии, предъявляла новые требования к системе образования и подготовки кадров. Первая обеспечила переход от ручного труда к машинному и привела к появлению новых рабочих специальностей.

Вторая промышленная революция вызвала бурное развитие высокотехнологичных отраслей промышленности – машиностроения, авиастроения, приборостроения, химической промышленности. Это увеличило спрос на естественнонаучные и инженерные специальности, повысило их престиж. Во всех странах стали создаваться многоуровневые системы подготовки кадров для промышленности. В России это были профессиональные училища, техникумы, вузы. Заводы (работодатели) активно участвовали в образовательном процессе, создавая при себе центры подготовки рабочих кадров и направляя на учебу (через рабфак) наиболее талантливую рабочую молодежь. В этот период естественнонаучные и инженерные специальности существенно преобладали над гуманитарными и социально-экономическими. Массовое индустриальное производство нуждалось в большом числе стандартных специалистов стандартной квалификации и национальные системы образования активно разрабатывали образовательные стандарты и строго придерживались их в процессе подготовки высококвалифицированных кадров.

Третья Промышленная революция базировалась на переходе к телекоммуникационным технологиям, внедрением их в производственный и образовательный процесс [4].

Она еще больше повысила производительность труда, снизила спрос на синих воротничков, рабочих, непосредственно занятых в производстве. Практически развалила сложившуюся систему среднего и средне-специального образования, подготовку рабочих специальностей. Инженерное образование стало постепенно сворачиваться, изменился характер мотивации и реальные цели обучающихся (для получения диплома, без намерения работать по специальности). Резко вырос спрос на экономические, управленческие, специальности для развития городской экономики. Несмотря на то, что Третья Промышленная революция распространились еще не по всему миру, по мнению экспертов, сегодня назрела новая «революционная ситуация», которая получила отражение в концепции «Индустрия 4.0».

В основе «Индустрии 4.0» лежит концепция интернета вещей. Она предполагает, что каждый физический объект («вещь») оснащен встроенной технологией, позволяющей ему взаимодействовать с другими объектами. Ключевой двигатель Четвертой Промышленной революции – интеграция «киберфизических систем», или CPS, в производственные процессы. Это может стать катастрофой для массы специальностей и профессий и вызовет кардинальные изменения в характере образования и организации образовательного процесса. Промышленность не просто вытесняется сферой услуг, происходит изменение устройства самого промышленного производства. Отличительными особенностями этой «другой индустрии» являются рост интеллектуальной составляющей и превращение инноваций в ключевой фактор конкурентоспособности предприятий [3]. Для «другой индустрии» требуется другое инженерное образование – более компактное (по масштабам выпуска инженеров), четко ориентированное на потребности формирующихся индустриальных кластеров, обновленное по содержанию. Стандартные образовательные программы уступают место индивидуальной образовательной траектории, для реализации которой человек использует различные институционализированные и неинституционализированные формы образования. Происходит смена парадигмы со знаниевой и предметоцентристской на компетентностную, практико-ориентированную и субъектоцентристскую [9].

«Вот наиболее радикальные прогнозы ближайшего будущего образования. Учебник и преподаватель постепенно потеряют позиции главных источников знаний. Информация, количество которой все быстрее растет, а содержание обновляется, представляется в мультимедийных интерактивных формах; на смену классическим библиотекам приходят базы знаний в медиа-форматах [7]. Роль преподавателей уже в ближайшем будущем отводится виртуальным тьюторам. Резко возрастет роль игровых сред и дополненной реальности в образовательной деятельности. По прогнозам к 2035 году игра и командная работа станут доминирующими формами образования и социальной жизни. Искусственный интеллект станет наставником («Алмазный букварь») и партнером в познании, а обучения будет происходить в нейронет- группах. К отмирающим форматам *относят* диплом окончании учебного заведения, систему научных журналов и стандарты цитирования, авторский учебник, существующую систему управления интеллектуальной собственностью [2].

Все большая роль в образовании отводится студенческим сообществам, флеш-группам как создателям новых образовательных трендов. Среди революционных технологических инноваций называют развитие интерфейсов мозг-компьютер и создание соответствующих сетевых протоколов, создание нового поколения Интернета – нейронета, или Интернета 4.0., который будет вовлекать в единую коммуникацию тела и сознания людей.

Еще один прогноз развития образования – усиление его проектного характера, стирание различия между традиционным техническим и гуманитарным образованием. Под влиянием новой промышленной революции ожидается смещение инженерной деятельности с ее базовыми элементами – изобретательством, конструированием и проектированием из области технической инженерии в область экономического, финансового, социального, культурного, антропологического конструирования [9]. Это требует создания новых междисциплинарных курсов, пересмотр классических подходов к инженерному и гуманитарному образованию.

В ситуации глубоких социально-экономических изменений университетам все больше отводится роль не поставщиков высококвалифицированных специалистов для работы в отдельных секторах экономики, а «институтов развития» – площадок, на которых будут создаваться новые виды деятельности, новые возможности для предпринимательства, новые форматы общественной активности [6].

Как следствие, будет носить «премиальный» характер — и в большинстве случаев будет организовано не как длинное совместное обучение, а проходить в виде коротких интенсивных сессий. Содержание этого обучения будет сосредоточено на выработке сложных над предметных компетенций, связанных с творческим мышлением и поддерживающим его психологическим «настроением».

Одним из ключевых изменений стало появление на образовательном рынке, наряду с крупными университетами, новых глобальных игроков, ориентированных на информационно-коммуникационные технологии, которые активно продвигают идею «быстрого технологического обучения». Высшее образование уже сейчас сталкивается с новыми конкурентами – международными онлайн университетами, массовыми онлайн курсами, способными дистанционно обучать недоступное классическим учебным заведениям количество студентов [5]. Первый онлайн курс по Machine Learning (Машинное Обучение) от Стэнфорда в 2011 году собрал 100 тыс. студентов, его автор Dr. Andrew Ng в 2012 году основал крупнейшую компанию по массивным открытым онлайн курсам — Coursera, на котором его курс можно прослушать. Вне системы образования возникает новый транснациональный рынок, который может достаточно быстро заместить собой традиционные образовательные системы и внести новые стандарты. Ключевые игроки понимают, что образование это отрасль, где вращаются миллиарды долларов, и первые, кто в нее вовремя войдет с дистанционными обучающими программами, получат шанс захватить этот огромный рынок.

Таким образом, происходящие под влиянием Четвертой промышленной революции социальные и индустриальные трансформации, определяют новые тренды развития современного образования. Появление новых форм организации производства выдвигают новые требования к компетенциям выпускников образовательных учреждений, изменению смысла и содержания самого образования.

Список литературы

1. Абсалямова, С.Г., Абсалямов, Т.Б. Четвертая промышленная революция: трансформация содержания труда и трудовых отношений /С.Г.Абсалямова, Т.Б.Абсалямов//Наука и Мир. 2016. Т. 2. № 2 (30). С. 23-24.
2. Будущее образования: глобальная повестка.[Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.edu2035.org/pdf/GEF.Agenda_ru.pdf(дата обращения 20.03.2016).
3. Форсайт высшей школы России – 2030: базовый сценарий – «Конверсия» высшей школы./ В.С. Ефимов, А. В.Лаптева // Университетское управление: практика и анализ. – 2013. – №3(85). – С. 6 – 21.
4. Рифкин, Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. Пер. с англ. - М.:Альпина нон-фикшн, 2014 г.
5. Сахапов, Р.Л., Абсалямов, Т.Б. Сетевое образование как фактор успешной реализации российской промышленной политики/ Р.Л.Сахапов, Т.Б. Абсалямов //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 2-4. С. 891-895.
6. Тумашев, А.Р., Тумашева М.В. Социально-экономическое развитие России и задачи инвестиционной политики/А.Р. Тумашев, М.В. Тумашева //Экономический вестник Республики Татарстан. - 2014. - № 4. - С. 12-22.
7. Форсайт «Образование 2030» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.slideshare.net/ASI-12/2030-14471230> (дата обращения 21.05.2016).
8. <https://www.weforum.org>. (дата обращения 10.05.2016).
9. Ястреб Н.А. Факторы развития образования в контексте четвертой промышленной революции // Психология, социология и педагогика. 2014. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <http://psychology.snauka.ru/2014/11/3911> (дата обращения: 13.06.2016).

Шарапов Р.Р., Капырин П.Д., Севрюгина Н.С.

**Решение проблемы подготовки квалифицированных кадров
отрасли путем сопряжения требований
ТР ТС «Безопасность лифтов», профессиональных стандартов
и образовательных программ**

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

Современный мегаполис насыщен разнообразными по архитектуре зданиями, в конструкцию которых лаконично вписались технические средства, обеспечивающие комфортное перемещение – лифтовое оборудование и подъемники.

В настоящее время для жилых и административных зданий производители предлагают пассажирские лифты с различной конструкцией, скоростью движения и грузоподъемностью от 225 до 1500 кг; доступные для инвалидов и для лечебно-профилактических учреждений, грузовые лифты; котеджные и пр.

До недавнего времени вопрос контроля технического состояния эксплуатируемого лифтового оборудования и подъемников не носил системного характера, что привело к возникновению опасных ситуаций, травмам и смертельным случаям.

Технический регламент Таможенного Союза (ТР ТС 011/2011) «Безопасность лифтов» устанавливает единые, обязательные для применения и исполнения требования к лифтам и устройства обеспечения их безопасности с целью защиты жизни и здоровья людей. Основные производители лифтов ориентируются на обеспечение их срока службы на период 25 лет.

Обеспечение безопасности регламентировано на всем периоде жизненного цикла лифтов, в частности: при проектировании, монтаже и в течение назначенного срока службы.

С технической точки зрения безопасность конструкции в период проектирования лифтов реализуется изготовителем, а монтаж осуществляется квалифицированным персоналом по монтажу лифтов. Дальнейшие меры обеспечения безопасности при его использовании в период назначенного срока службы предусматривают соблюдение требований использования по назначению, проведение технического обслуживания, ремонта, осмотров в соответствии с руководством по эксплуатации с привлечением персонала имеющего соответствующую квалификацию.

Перед вводом в эксплуатацию смонтированного лифта предусматривается проведение процедуры оценки соответствия аккредитованной испытательной лабораторией/центром.

Для реализации процедуры сертификации (оценки соответствия) заявителю требуется иметь полную идентификационную информацию о вводимом в обращение лифте и устройствах безопасности лифта и пакет документов включающий:

а) для сертификации лифтам требуется:

- техническое описание;
- руководство (инструкция) по эксплуатации;
- принципиальная электрическая схема с перечнем элементов; гидравлическая схема с перечнем элементов для лифта с гидравлическим приводом;

протоколы испытаний и измерений, анализ риска, выполненные изготовителем или по его поручению (при наличии);

- копии сертификатов соответствия техническому регламенту на устройства безопасности или, в случае, установленном техническим регламентом, протоколы испытаний и измерений;

- копия сертификата системы менеджмента качества (при наличии), выданного органом, аккредитованным на территории государства-члена Таможенного союза;

- б) для сертификации устройств безопасности лифта требуется:

- техническая документация (описания, чертежи, рисунки);
- копия сертификата системы менеджмента качества (при наличии), выданного органом, аккредитованным на территории государства-члена Таможенного союза.

В течении назначенного срока службы оценка соответствия проводится в форме технического освидетельствования лифта не реже одного раза в 12 месяцев специально аккредитованной организацией. При истечении же срока службы регламентом предусмотрена замена лифтов после проведения процедуры оценки соответствия, но, учитывая массовость применения лифтов, затратность их замены, регламент допускает проведение процедуры оценки соответствия с целью определения возможности и условий продления срока использования лифта по назначению, выполнения модернизации. Созданная при Общественном Совете Минстроя России Комиссия по лифтовому хозяйству, провела обследование фондов лифтов и подъемников в регионах страны.

Результаты представлены в докладе Чернова С.А. (руководителя комиссии) «О состоянии лифтового хозяйства жилищного фонда Российской Федерации по информации, полученной от Субъектов» и содержат данные по состоянию на 1.09.2015г., где указывается, что 27,65% или 119 716 лифтов отработали нормативный срок службы (25 лет), 50% и более изношено и порядка 10000 дополнительно вырабатывают свой ресурс [http://www.rlolift.ru/data/home/news/2016/01/prezentatsiya_liftov_subekty_.pdf].

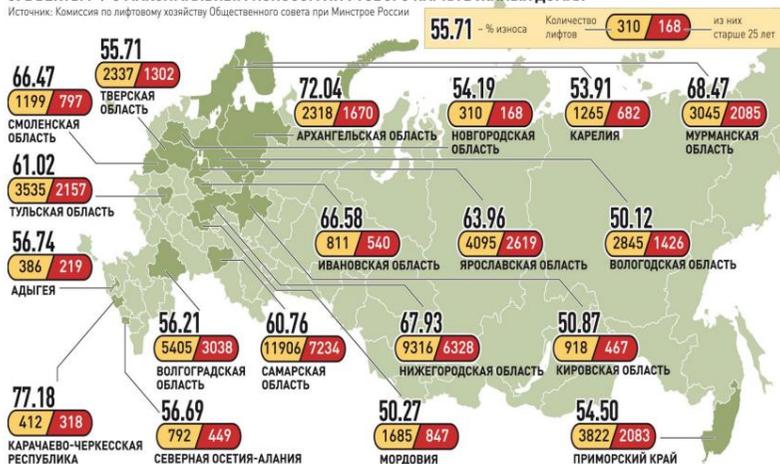
Разработана Программа реализации требований ТР ТС 011/2011, в части приведения в соответствие уровня безопасности уже эксплуатируемых лифтов требованиям ТР в течение 7 лет со дня вступления его в силу, дополнительно Программа предусматривает механизм замены и капитального ремонта лифтового оборудования и подъемников для регионов, согласно которому объем замены и капитального ремонта на 2015 и 2016гг составляет 9518 и 8439 лифтов соответственно.

С целью ускорения процесса реализации Программы Комиссией по лифтовому хозяйству Общественного Совета при Минстрое России по полученным данным сформулированы следующие предложения:

- Организовать дополнительную разъяснительную работу с Субъектами Российской Федерации по обеспечению ежегодного снижения износа лифтового парка жилого фонда.

СУБЪЕКТЫ РФ С МАКСИМАЛЬНЫМ ИЗНОСОМ ЛИФТОВОГО ПАРКА В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Источник: Комиссия по лифтовому хозяйству Общественного совета при Минстрое России



Инфографика "Российская Газета" / Мария Пахмутова / Ольга Бухарова

Рис. 1. Инфограмма состояния лифтового хозяйства в субъектах РФ

- Разработать и направить в Субъекты рекомендации по ежегодному минимальному проценту отчислений от суммы сбора средств собственников на капитальный ремонт, который необходимо направлять на финансирование замены лифтов, с учетом динамики износа лифтового парка жилого фонда каждого региона.

- При поддержке крупнейших банков в 2016 году запустить механизм кредитования для ускоренной замены лифтов с целью снижения уровня износа и обеспечения безопасности проживания в МКД.

Данные предложения затрагивают скорее социально-экономические аспекты выявленной проблемы, а вопрос технической организации и кадрового обеспечения, предусмотренных ТР ТС требований, остался не затронутым.

Все вышеизложенное позволяет перейти к теории вопроса, введя понятие инновационного жизненного цикла лифтов и алгоритм системного субъектно-объектного взаимодействия.



Рис. 2. Инфограмма влияния жизненного цикла и безопасности лифтов

Как видно из инфограммы (рис.2), организационные мероприятия имеют признаки маргинальности по отношению к акцентированию влияния квалификации специалиста, обеспечивающего функциональность лифтов и мониторинг за изменением риска снижения безопасности при проведении процедур оценки соответствия в плановые периоды срока службы лифтов.

Логично заключить, что формируется система взаимовлияния:

- «лифт», как социально-значимый, технически регулируемый объект с признаками вариативности вероятностного риска для человека в период его эксплуатации;

- «человек», как субъект использования лифтов, формирующий потребность наличия данного технического объекта как социальную и жизненную необходимость;

- «конструктор-техник-специалист», субъект формирования и реализации жизненного цикла лифта с гарантией его безопасности на всех стадиях.

Детальный анализ ТР ТС 011/2011 «Безопасность лифтов» позволил установить, что в нем косвенно определяются требования к квалификационному уровню исполнителя при проведении процедуры сертификации. В свою очередь Минтруда России утверждено ряд профессиональных стандартов, содержательно детализирующих каждый квалификационный уровень в части формулировки обобщенных трудовых функций и трудовых действий с перечнем требований к необходимым знаниям и умениям данной категории специалистов.

В частности, для профессиональной деятельности «Оценка соответствия лифтов и устройств безопасности лифтов требованиям безопасности» Минтруда России утвержден профессиональный стандарт ПС 16.001 «Специалист по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности» (20.12.2013 №756н).

Основной целью этого стандарта является оценка соответствия лифтов и устройств безопасности лифтов требованиям технического регламента Таможенного союза «Безопасность лифтов» (ТР ТС 011/2011) в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, а также предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей и пользователей относительно их назначения и безопасности, отнесенного к видам экономической деятельности по ОКВЭД 74.30.5 – Испытания и анализ механических и электрических характеристик готовой продукции; 74.30.8 – Сертификация продукции и услуг; 74.30.9 Прочая деятельность по техническому контролю и прошедших обучение по ОКСО направления 200500 – Метрология, стандартизация и сертификация.

Данный ПК включает следующие обобщенные трудовые функции:

- А/00.5 Техническое освидетельствование лифтов в течение назначенного срока службы (5-ый квалификационный уровень (к.у.): Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы в организациях, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт лифтов, не менее 1 года);

- В/00.6 Техническое освидетельствование вновь смонтированных или модернизированных лифтов (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы в должности специалиста по оценке соответствия лифтов не менее 1 года);

- С/00.6 Обследование лифтов, отработавших назначенный срок службы (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы в должности специалиста по оценке соответствия лифтов не менее 1 года);

- D/006 Испытания лифтов и устройств безопасности лифтов при сертификации (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы в должности специалиста II категории по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности не менее 3 лет).

Для профессиональной деятельности «Оценка соответствия лифтов и устройств безопасности лифтов требованиям безопасности» Минтруда России утвержден профессиональный стандарт ПК 16.002 «Эксперт по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности» (20.12.2013 №753н), основной целью которого является оценка соответствия лифтов и устройств безопасности лифтов требованиям технического регламента Таможенного союза «Безопасность лифтов» (ТР ТС 011/2011).

Это было сделано в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, а также предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей и пользователей относительно их назначения и безопасности, отнесенного к видам экономической деятельности по ОКВЭД 74.30.5 – Испытания и анализ механических и электрических характеристик готовой продукции; 74.30.8 – Сертификация продукции и услуг; 74.30.9 Прочая деятельность по техническому контролю и прошедших обучение по ОКСО направления 200500 – Метрология, стандартизация и сертификация.

Данный ПС включает следующие обобщенные трудовые функции:

- А/00.6 Оценка соответствия лифтов, отработавших назначенный срок службы, требованиям технического регламента «Безопасность лифтов» (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы в должности специалиста по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности не менее 3 лет);

- В/00.6 Регистрация декларации соответствия лифтов требованиям технического регламента «Безопасность лифтов» (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы в должности специалиста по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности не менее 3 лет);

- С/00.6 Оценка соответствия лифтов и устройств безопасности лифтов при сертификации (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура) и опыт практической работы эксперта по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности не менее 1 года).

Для профессиональной деятельности «Техническое обслуживание и ремонт лифтов» Минтруда России утвержден профессиональный стандарт ПС 16.003 «Электромеханик по лифтам» (25.02.2014 №31417), основной целью которого является обеспечение безопасной эксплуатации лифтов в соответствии с требованиями технического регламента, отнесенного к виду экономической деятельности по ОКВЭД 29.22.9 – Предоставление услуг по монтажу, ремонту и техническому обслуживанию подъемно-транспортного оборудования и прошедших обучение по ОКНПО направления 011901 – Электромеханик по лифтам.

Данный ПС включает следующие обобщенные трудовые функции:

- А/00.2 Осмотр и обслуживание лифтового оборудования (2-ой к. у.: профильная профессиональная подготовка при наличии образования не ниже основного общего или среднее профессиональное образование по программам подготовки квалифицированных рабочих и опыт практической работы не менее 1 месяца под руководством опытного электромеханика по лифтам);

- В/00.4 Техническое обслуживание лифтового оборудования (4-ый к. у.: Электромеханик по лифтам должен обладать профильной профессиональной подготовкой при наличии образования не ниже среднего общего или иметь среднее профессиональное образование по программам подготовки квалифицированных рабочих.

Техник-электромеханик по лифтам должен иметь среднее профессиональное образование по программам подготовки специалистов среднего звена или по программам подготовки квалифицированных рабочих; Техник-наладчик по лифтам должен иметь высшее (бакалавриат) или среднее профессиональное образование по программам подготовки специалистов среднего звена);

- С/00.5 Ремонт лифтового оборудования (5-ый к. у.: Электромеханик по лифтам должен обладать профильной профессиональной подготовкой при наличии образования не ниже среднего общего или иметь среднее профессиональное образование по программам подготовки квалифицированных рабочих; Техник-электромеханик по лифтам должен иметь среднее профессиональное образование по программам подготовки специалистов среднего звена или по программам подготовки квалифицированных рабочих; Техник-наладчик по лифтам должен иметь высшее (бакалавриат) или среднее профессиональное образование по программам подготовки специалистов среднего звена);

- D/006 Регулировка и ремонт электронного оборудования лифтов (6-ой к. у.: Высшее образование (бакалавриат) или среднее профессиональное образование по программам подготовки специалистов среднего звена).

Для профессиональной деятельности «Монтаж и наладка подъемных сооружений» Минтруда России утвержден профессиональный стандарт ПС 40.112 «Работник по монтажу и наладке подъемных сооружений» (21.12.2015 №1056н), основной целью которого является обеспечение монтажа, наладки и безопасного функционирования механического, гидравлического, электрического и электронного оборудования подъемных сооружений.

Данный ПС включает следующие обобщенные трудовые функции:

- А/00.4 Монтаж и наладка механического оборудования подъемных сооружений (4-ый к. у.);

- В/00.5 Монтаж и наладка гидравлического оборудования подъемных сооружений (5-ый к. у.);

- С/00.4 Монтаж и наладка электрического оборудования подъемных сооружений (4-ый к. у.);

- D/00.5 Монтаж и наладка электронного оборудования подъемных сооружений (5-ый к. у.).

Для профессиональной деятельности «Техническое обслуживание и ремонт подъемных сооружений» Минтруда России утвержден профессиональный стандарт ПС 40.113 «Работник по эксплуатации, ремонту и обслуживанию подъемных сооружений» (21.12.2015 №1062н), основной целью которого является обеспечение безопасной эксплуатации и функционирования подъемных сооружений.

Данный ПС включает следующие обобщенные трудовые функции:

- А/00.4 Техническое обслуживание и ремонт подъемного сооружения (4-ый к. у.).

Для профессиональной деятельности «Обеспечение требований промышленной безопасности в организации» Минтруда России утвержден профессиональный стандарт ПС 40.116 «Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением и/или подъемных сооружений» (24.12.2015 №1142н).

Основной целью этого стандарта является организация и обеспечение промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений и оборудования, работающего под избыточным давлением.

Данный ПС включает следующие обобщенные трудовые функции:

- А/00.7 Обеспечение промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию, эксплуатации, реконструкции, капитальном ремонте, техническом перевооружении, консервации и ликвидации опасного производственного объекта (7-ой к. у.: профильная профессиональная подготовка при наличии высшего (технического) образования – специалист, магистр (14.04.01; 14.05.02; 23.04.02; 23.05.02) и опыт практической работы не менее 3 лет в данной сфере).

Как видно из анализа профессиональных стандартов вопрос подготовки кадров и их квалификационных уровней достаточно определен. Каждая обобщенная трудовая функция предусматривает набор трудовых действий и только для них свойственных навыков знаний и умений.

Принятая в РФ практико-ориентированная система подготовки квалифицированных кадров регламентирована федеральными стандартами различного образовательного уровня и предусматривает тесное сотрудничество с работодателями в вопросе согласования образовательных программ с современными требованиями сферы профессиональной деятельности.

Данная схема подготовки специалистов реализуема для вновь вводимых в эксплуатацию лифтов или не достигших предельного срока службы. В реальности требуется ежегодная модернизация или же утилизация порядка 10 000 лифтов по России, а также приведение в соответствие с требованиями безопасности уже эксплуатируемых лифтов в течение 7 лет со дня вступления в силу ТР ТС 011/2011, для чего появилась острая необходимость в разработке программ дополнительной профессиональной подготовки, обеспечивающих повышение базовой квалификации специалистов путем освоения инноваций в лифтовом хозяйстве.

В НИУ МГСУ данная стратегия реализуется центром дополнительного профессионального образования совместно с выпускающей кафедрой «Механизация строительства» и работодателями путем разработки и внедрения дополнительных профессиональных образовательных программ и направлений подготовки для повышения квалификации или профессиональной переподготовки лиц, имеющих высшее образование, в частности программы профессиональной переподготовки «Проектирование, монтаж, эксплуатация и сертификация лифтов».

Эта программа направлена на формирование у слушателя профессиональных компетенций, необходимых для деятельности в области проектирования, монтажа, эксплуатации и сертификации лифтов и лифтового оборудования. Для реализации данной программы на базе НИУ МГСУ создана и функционирует уникальная в Москве лаборатория, оборудованная широким спектром лифтового оборудования и механизмами.

Стратегическое развитие НИУ МГСУ предусматривает внедрение в образовательные программы инноваций, объективно востребованных развивающейся экономикой РФ, на основе принципа «бенчмаркинга», посредством выявления лучших российских и зарубежных аналогов; внедрение интегрированных программ обучения (программы двойных дипломов), программно-целевых методов подготовки, расширение использования в образовательном процессе проблемно-ориентированные методы и проектно-организованные технологии обучения, интегрированные в образовательно - производственных программах опережающего обучения, реализуемых вузом совместно с ведущими производственными объединениями и предприятиями отрасли.

Список литературы

1. Веригин Ю.А., Севрюгина Н.С. Синергетические основы процессов и технологий - новый курс в подготовке магистров по направлению 270800 "Строительство" // «Гарантии качества профессионального образования» Тезисы докладов МНПК. Редакционная коллегия: Семкин Б. В., Веригин Ю. А., Щербаков Н. П., Свит Т. Ф., Фурсов И. Д., Киркинский А. С., Белосов Н. А., Фёдоровых С. А. - Барнаул: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), 2012. - С. 212-214.
2. Гареев И.Ф. Обновление материально-технической базы учреждений среднего профессионального образования при подготовке специалистов для инвестиционно-строительного комплекса // Механизация строительства. — 2014. — № 6. — с. 51-54. — <http://ms.enjournal.net/article/10143/>
3. Глаголев С.Н., Дуюн Т.А., Севрюгина Н.С. Проблемы инженерного образования в области техники и технологий: учебное пособие. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2013. - 109 с.
4. Казакова Н.Е. Квалификационная аттестация специалистов строительного комплекса // Век качества. 2014. № 1. С. 22–24.
5. Казакова Н.Е. Реализация модели квалификационной аттестации специалистов – строителей в условиях отраслевой саморегулируемой организации // Механизация строительства. — 2014. — № 10. — с. 35-38. — <http://ms.enjournal.net/article/10330/>
6. Корсаков С.В. Система непрерывного профессионального образования в контексте единого образовательного пространства // Среднее профессиональное образование. 2014. № 2. С. 7–11.
7. Никулин А.И., Севрюгина Н.С. Логистическая модель образовательного учреждения как строительной системы // Известия Орловского государственного технического университета. СЕРИЯ: Строительство и транспорт. - 2006. - №1-2. - С. 47-49.

8. Сафин Р.С., Вильданов И.Э., Корчагин Е.А. К разработке структуры модели кластерного управления образовательной системой в вузе // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 1 (23). С. 276–281.

9. Ступаков А.А., Капырин П.Д., Леликов Г.Д., Семенов П.А., Василенко В.В. Стенды для исследования средств индивидуальной защиты от падения человека с высоты // Вестник МГСУ. 2015. № 8. С. 130-139.

10. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 011/2011 «Безопасность лифтов» от 18.10.2011 № 824 С.22

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I. ТЕОРИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....	4
Зорин В.А. Управление рисками при проектировании, производстве и эксплуатации СДМ	4
Веригин Ю.А., Веригина Я.Ю. Развитие теоретических представлений о законах измельчения вещества механическим способом	9
Доценко А.И., Зотов В.А, Озеров В.В., Орлова С.А. Рабочий орган машины для разрушения снежно-ледяных образований .	16
Закиров М.Ф. Определение затрат мощности на привод фрезерного питателя малогабаритного снегоочистителя	19
Кудрявцев Е.М. Динамический анализ механизма передвижения башенного крана.....	25
Наумов А.И., Манжула К.П. Численное исследование устойчивости криволинейных пластин в составе конструкции	31
Пенчук В.А., Голубов И.В. Эффективность использования грейферов на крано-манипуляторных установках.....	36
Пенчук В.А., Константиненко В.В. Особенности процессов погружения винтовых свай в поверхностные слои грунта	41
Белюсов Л.И., Партнов С.Б. Влияние дорожных материалов на динамические свойства поддресоренных машин	45
Севрюгина Н.С. Обоснование мультидисциплинарного подхода в теории обеспечения технической безопасности строительных и дорожных машин	48
Степанов М.А., Филатова Т.С. Гравитационный смеситель принудительного действия.....	55
Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Прокопенко В.С. Исследование удара частицы о лопатку в инерционном концентраторе	57
Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Прокопенко В.С. Исследование эффективности пылеулавливания в инерционном концентраторе с регулируемыми параметрами.....	62
Ципурский И.Л. Влияние формы зубьев на выносную способность фрезерного ротора.....	69
Раздел II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	73
А.А. Асанов, Т. Абдыкадыров, Д.Ч. Чалыбеков Новые технические решения конструкций установок для переработки угля в продукцию повышенного качества.....	73
Богданов В.С., Фадин Ю.М. Конструкции среднеходных барабанно-валковых мельниц	78
Гольдштейн Б. Г., Дроздов А. Н. Разработка основ создания ручных машин для выполнения монтажных минитехнологий в строительстве...85	

Густов Д.Ю., Густов Ю.И., Воронина И.В. Исследование свойств металлических материалов для трюительной техники по системе золотой пропорции	91
Доценко А.И. Система комплексного контроля и управления качеством асфальтобетонной смеси при строительстве автомобильных дорог	98
Емельянова И.А., Чайка Д.О. Современные строительные материалы	105
Кайтуков Б.А., Григорьева М.Н., Гутарин А.А. Автоматизация процессов производства железобетонных изделий кассетным способом	114
Мандровский К.П. Возможные перспективы развития систем мониторинга дорожных машин при управлении эффективностью и техническом аудите.....	119
Рыбалко Р.И., Гушин О.В. Исследования процессов аэродинамической классификации сыпучих материалов в двухстадийном сепараторе	129
Ушаков Л.С., Трубин А.С., Климов В.Е. Импульсные технологии в строительстве	137
Раздел III. ПРОИЗВОДСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....	
Ананин В.Г. , Эмилов А.Б. Реакция рынка экскаваторов в России на изменение экономической ситуации	141
Анаприенко А.К., Баурова Н.И. Выбор клеевых материалов при ремонте дорожных машин по клееклепанной технологии	145
Густов Ю. И. , Кенарейкин В. Е. Диагностика технического состояния лифтов методом магнитной памяти металлов	148
Густов Ю.И. , Кенарейкин В.Е. Обследование направляющих кабины и противовеса пассажирского лифта методом магнитной памяти металлов	152
Габдуллин Т.Р., Хаматов А.А. Разработка виброприцепа на асфальтоукладчик	155
Габдуллин Т.Р., Батыршин Б.Т. Оборудование для новой технологии разметки	161
Габдуллин Т.Р., Залалдинов И.Ф. Разработка крана с нулевым прогибом.....	166
Габдуллин Т.Р., Фазлыев А.Г. Нанесение дорожной разметки методом геопозиционирования	172
Гненный А.А. Экспериментальное определение эмпирических параметров математической модели для пневматического гвоздезабивателя.....	176
Доценко А.И., Буяновский И.А., Лашхи В.Л., Самусенко В.Д. Оценка триботехнических и моющих свойств масел двухтактных бензиновых двигателей в строительных машинах и инструменте	179
Дроздов А.Н., Степанов В.В., Федоров Д.В. Сравнительная экспресс-оценка качества ручных электрических машин	183

Евдокимов С.В., Леонова О.В. Диагностика сварных швов при проведении экспертизы промышленной безопасности порталных кранов из стали St38 b-2	186
Зорин В. А. , Косенко Е.А. Повышение эффективности применения комплектов дорожно-строительных машин путем определения предельной дальности транспортировки горячих асфальтобетонных смесей.....	190
Немков С.А., Дроздов А.Н., Степанов В.В. Модель работы компрессионно-вакуумного ударного механизма электрического перфоратора SDS plus	194
Коноплин А.Ю., Баурова Н.И. Сравнительный анализ прочностных характеристик сварных и клеесварных соединений с различным шагом между сварными точками.....	199
Нефедов И.С., Баурова Н.И. Анализ дефектов деталей дорожных машин, изготовленных методами 3D-печати	204
Лапина Н.В., Баурова Н.И. Изучение деформационных свойств клеев-расплавов, используемых при ремонте дорожных машин.	208
Ким Б.Г. Опыт ликвидации последствий железнодорожной катастрофы	211
Лютюв В.Н., Лютюва Т.Е. Моделирование процесса укрепления лессовых грунтов инъекционной струйной геотехнологией при устройстве ограждений котлованов в г. Барнауле	212
Макацера Д.Ю., Мартинович Д.В. Использование дорожных фрез при эксплуатации комплектов машин для ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия.....	217
Мухаметшина Р.М. К вопросу о коррозионном разрушении деталей дорожно-строительных машин	221
Рачков Е. В. Повышение эффективности ленточного промежуточного привода конвейера	225
Романов Д.А., Анцев В.Ю., Толоконников А.С. Применение метода магнитной памяти металла для оценки остаточного ресурса несущих металлоконструкций машин в условиях многоциклового нагружения	229
Тюрин Я.И., Мандровский К.П. Прогнозирование ёмкости отечественного рынка фронтальных погрузчиков с шарнирно-сочлененной рамой	233
Раздел IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ	239
Мещерин В.Н. Проблемы подготовки механиков для строительного комплекса.....	239
Сахапов Р.Л., Абсалямова С.Г. Новые образовательные тренды в эпоху четвертой промышленной революции.....	240
Шарапов Р.Р. Капырин П.Д. Севрюгина Н.С. Решение проблемы подготовки квалифицированных кадров отрасли путем сопряжения требований ТР ТС «Безопасность лифтов», профессиональных стандартов и образовательных программ	244