

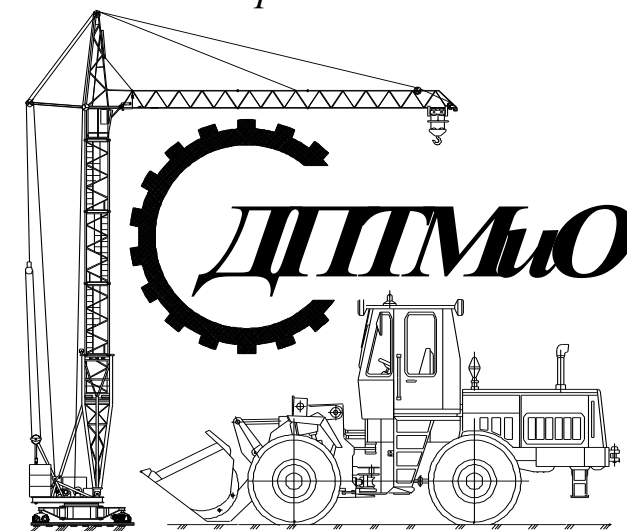
Министерство образования Республики Беларусь

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

**КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПОДЪЕМНО-
ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»:
ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
(1964–2014)**

Сборник статей



**К 50-летию
образования кафедры**
21 ноября 2014 г.

Могилев
«Белорусско-Российский университет»
2014

УДК 378
ББК 74.58
К 30

Авторы-составители :
И. В. Лесковец, Г. С. Лягушев, А. Н. Хустенко

Редакционная коллегия :
д-р техн. наук, проф. *И. С. Сазонов* (гл. редактор) ; канд. техн. наук, доц.
М. Е. Лустенков (зам. гл. редактора) ; д-р техн. наук, проф. *Е. И. Берестов* ;
канд. техн. наук, проф. *А. Н. Максименко*

Кафедра «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» : история становления и развития (1964–2014) : сб. статей / Авт.-сост. *И. В. Лесковец, Г. С. Лягушев, А. Н. Хустенко* ; редкол. : *И. С. Сазонов* (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 138 с. : ил.

ISBN 978-985-492-137-2.

В сборнике изложена история создания кафедры «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» Белорусско-Российского университета. Рассмотрены вопросы современных методов расчета, проектирования и эксплуатации строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования. Уделено внимание перспективным разработкам в области диагностирования машин, автоматизации проектирования, математическому и имитационному моделированию работы механизмов и систем, разработкам в области измельчения строительных материалов.

**УДК 378
ББК 74.58**

ISBN 978-985-492-137-2

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2014

Научно-популярное издание

**КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПОДЪЕМНО-
ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»:
ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
(1964–2014)**

Сборник статей

Авторы-составители :

Лесковец Игорь Вадимович,
Лягушев Геннадий Степанович,
Хустенко Александр Николаевич

Редакторы: И. В. Лесковец, А. Н. Хустенко, В. И. Кошелева

Технический редактор И. В. Брискина

Компьютерный дизайн И. В. Брискина

Подписано в печать 12.11.2014 г. Формат 60х84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. 8,07. Уч.-изд. л. 9,93. Тираж 100 экз. Заказ № 689.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.

Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

СОДЕРЖАНИЕ

ХУСТЕНКО А.Н. Кафедре «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» Белорусско-Российского университета – 50 лет.....	4
ЛЯГУШЕВ Г.С. Годы и люди.....	15
ЛЕСКОВЕЦ И.В., СИВАЧЕНКО Л.А., ХУСТЕНКО А.Н. Сотрудничество кафедры «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» Белорусско-Российского университета с кафедрами университетов стран СНГ.....	29
АНТИПЕНКО Г.Л., ЗАРОВЧАТСКИЙ Н.Г. Методика диагностирования шин колесных движителей для максимального использования их ресурса.....	33
БЕРЕСТОВ Е.И. Проблемы и перспективы развития машин для земляных работ.....	42
ВАЙЦЯХОВІЧ П.Я. Творчы падыход – гарантыя поспеху.....	48
ГУРКИНА А.В. «Иглотерапия» для поверхностей деревянных конструкций.....	51
ДАНЬКОВ А.М. К созданию механических передач нового поколения для мобильных машин.....	56
КУЗНЕЦОВ Е.В. Перспективная система подачи топлива дизеля.	65
ЛЕСКОВЕЦ И.В. Имитационное моделирование строительных и дорожных машин: преимущества, недостатки и перспективы.....	74
МАКСИМЕНКО А.Н., МАСЛОВСКАЯ С.В. Восстановление работоспособности строительных и дорожных машин в условиях Республики Беларусь.....	81
МАКСИМЕНКО А.Н., МАСЛОВСКАЯ С.В. Обоснование целесообразности проведения капитальных ремонтов строительных и дорожных машин.....	87
МАТВЕЕНКО В.И. Перспективные разработки кафедры «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» для предприятий строительных материалов.....	93
РЫНКЕВИЧ С.А. Автоматизация проектирования гидрофицированных строительно-дорожных машин.....	101
СИВАЧЕНКО Л.А., ГОЛУШКОВА О.В., КУРОЧКИН Н.В., ШАРОЙКИНА Е.А., ЯВЕНКОВ А.П. Новое технологическое оборудование для промышленности строительных материалов.....	115
СИВАЧЕНКО Л.А., ДОБРОВОЛЬСКИЙ Ю.К. Состояние дезинтеграторных технологий в промышленности строительных материалов и пути повышения их энергоэффективности.....	126
СИВАЧЕНКО Л.А., КУРОЧКИН Н.В., ХУСТЕНКО А.Н. Технологические комплексы на основе измельчительных агрегатов ударного действия.....	130

КАФЕДРЕ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ» БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА – 50 ЛЕТ

Введение

Кафедра «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» является одной из ведущих кафедр не только в университете, но и в Республике Беларусь и имеет достаточный авторитет на территории стран бывшего СССР.

Кафедра «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» входит в состав автомеханического факультета Белорусско-Российского университета и является центром подготовки специалистов по конструированию, производству и эксплуатации строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования для Республики Беларусь.

История создания кафедры

В 1961 г. Правительством было принято решение о создании Могилевского машиностроительного института (ММИ). Студенты, зачисленные на первый курс специальности «Строительные, дорожные машины и оборудование» (СДМ) в Белорусском политехническом институте, были переведены в ММИ.

В 1963 г. для студентов третьего курса необходимо было начать преподавание спецдисциплин: «Машины для земляных работ», «Дорожные машины», «Автомобили и тракторы», которые проводили два ассистента: Щемелев А. М. и Горбачев А. А.



Возникла необходимость создания выпускающей кафедры. Был объявлен конкурс на должность заведующего кафедрой СДМ и преподавателей этой кафедры в Союзной печати. С кафедры «Тяговых машин» Уральского лесотехнического института г. Свердловска прибыл первый заведующий кафедрой и ее создатель доцент Лопатин Антон Венедиктович. Кафедра была создана в сентябре 1964 г.

ции с размерами частиц 0–80 мкм, 80–200 мкм и сход > 200 микрометров. Сход с барабанного сита возвращается в бункер 1, а затем на домол.

Отработанные газы частично возвращаются на рециркуляцию по трубопроводу 14, а частично выбрасываются в атмосферу по трубопроводам 12, 13. Перед этим газы подвергаются санитарной очистке в фильтре 11 от мельчайших частиц полимера не уловленных циклоном 5.

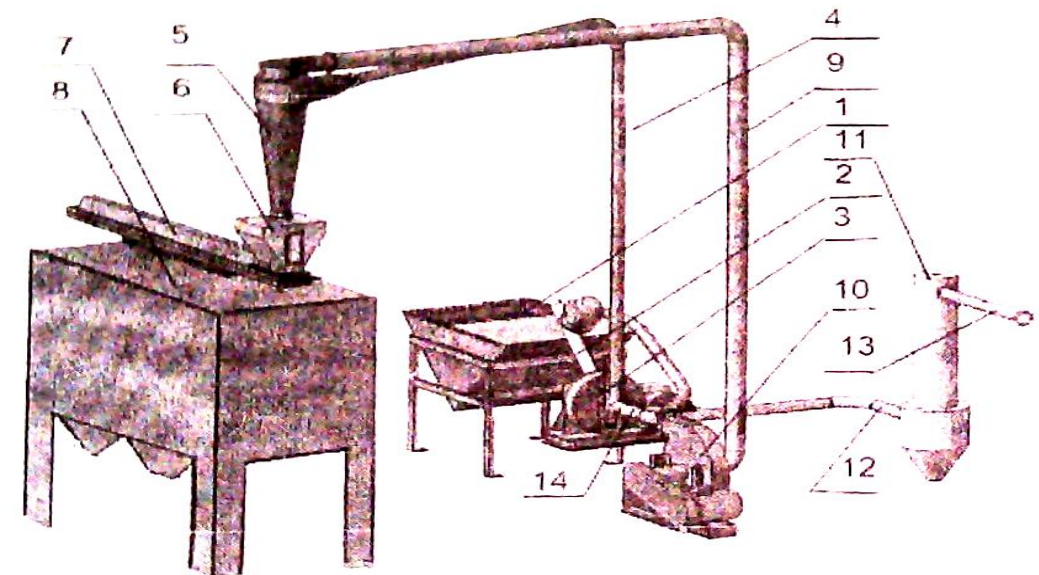


Рис. 8. Промышленная установка для криогенного измельчения гранулированных полимеров: 1, 6 – бункер; 2 – питатель; 3 – дробилка; 4, 9, 12, 13, 14 – трубопровод; 5 – циклон; 7 – транспортер; 8 – просеиватель; 10 – вентилятор; 11 – фильтр

Описанные примеры использования измельчительных агрегатов ударного действия в составе технологических комплексов по производству различных материалов и изделий показывают их высокую эффективность, большой технологический потенциал, надежность в работе и потенциал дальнейшего развития и совершенствования. По своим функциональным возможностям они значительно превосходят традиционные дробилки ударного действия и позволяют производить комплексную переработку сырья и материала, осуществляя при этом тонкое дробление и грубый помол, селективное измельчение, измельчение и сушку, измельчение и смешивание, механоактивацию и т. д.

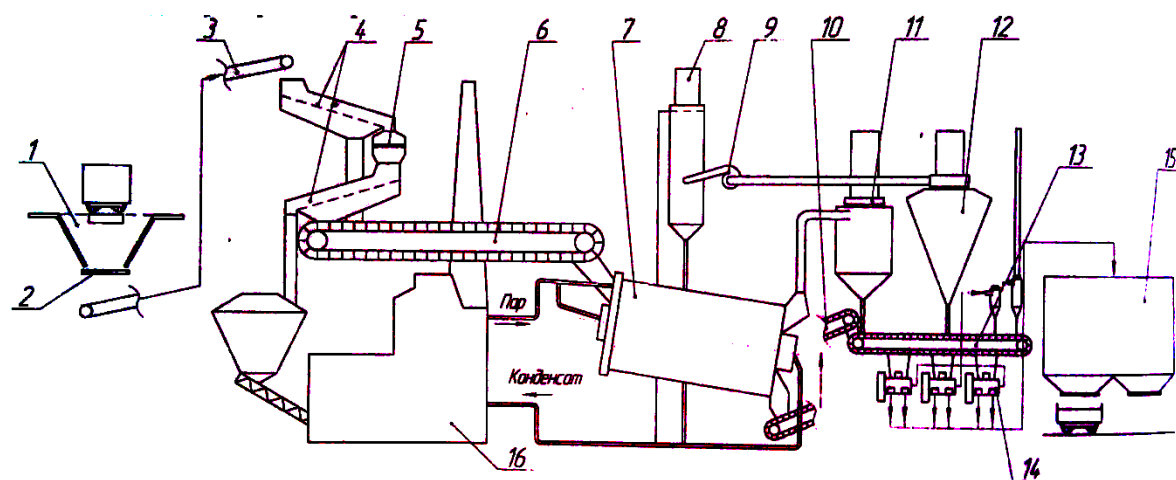


Рис. 7. Технологический комплекс для производства торфа: 1 – завальная яма; 2 – питатель; 3 – ленточный конвейер; 4 – грохот; 5 – дробилка; 6, 10, 13 – пластинчатый конвейер; 7 – печь; 8 – фильтр; 9 – вентилятор; 11, 12 – бункер; 14 – дозатор; 15 – бункер-накопитель

Установка для криогенного измельчения гранулированных полимеров работает в следующей последовательности: исходный гранулированный полимер загружается в бункер 1 через сито размером 1,5–2 раза превышающего размер гранул. При этом отделяются длиноволокнистые включения. Бункер имеет теплоизолированный герметичный корпус с полным контролем сварочных швов. Одновременно с загрузкой гранул в бункер 1 подается сжиженный азот или воздух (рис. 8).

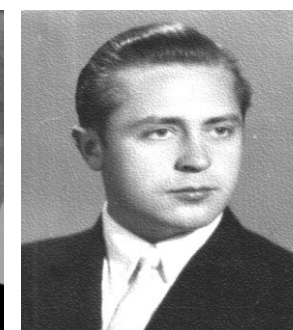
При пуске установки время выдержки гранул должно составлять не менее 10 мин. Уровень сжиженных газов в бункере 1 контролируется поплавковым уровнемером. В зависимости от доли кристалличности полимера уровень может уменьшаться или повышаться при рабочем режиме. При выходе на устойчивый режим работы расход сжиженных газов должен оставаться на одном уровне. После включения привода дробилки 3, включается вентилятор 10 и в рабочую полость начинают поступать пары азота для предварительного охлаждения корпуса дробилки. Выдержка может составлять 10–15 мин., после чего дробилка готова к работе. Включается привод питателя 2 и в рабочую полость дробилки 3 начинает поступать гранулированный полимер с частью сжиженных газов. За счет удара и истирания полимер измельчается до требуемой дисперсности и вместе с парами холодильного агента выносится по трубопроводу 4 в циклон 5 на разделение. Измельченный материал собирается в бункере готового продукта 6, а отработанные газы отсасываются вентилятором 10 по трубопроводу 9.

Порошкообразный полимер из бункера 6 транспортером 7 подается на просеивание в бурат-просеиватель 8, одновременно с поверхности частиц полимера снимается электростатический заряд с помощью газоразрядных трубок. В просеивателе полимерный порошок разделяется на три фрак-

На кафедре работали: Лопатин А. В., Горбачев А. А., Цыганков А. И., Суровегин Ю. В., Щемелев А. М. Позже в 1965–1967 гг. к ним присоединились Атманаки Э. Б. (директор авторемонтного завода, г.Свердловск) Лапин Н. А. (главный конструктор Специального конструкторского бюро Щигровского завода геологоразведочного оборудования), Чижик Е. И. (выпускник первого выпуска ММИ) и Красильников Л. В. (после окончания аспирантуры Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ)). Этими преподавателями и создавались первые лаборатории кафедры. Первоначально были созданы лаборатории автомобилей и тракторов, дорожных машин, машин для земляных работ.



Лапин Н.А.



Горбачев А.А.



Красильников А.В.



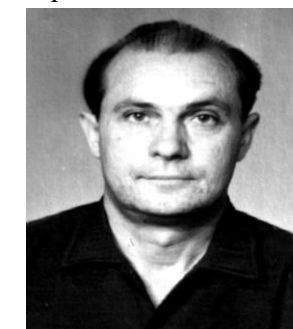
Цыганков А.И.



Суровегин Ю.В.



Щемелев А.М.



Атманаки Э.Б.



Чижик Е.И.

История становления кафедры «Строительные и дорожные машины»

За помощью в подготовке научных кадров кафедры обратились в МАДИ. На курсы повышения квалификации приняты ряд преподавателей. В аспирантуру МАДИ по целевому направлению были направлены Суровегин Ю. В. и Цыганков А. И. (1967 г.), Чижик Е. И. (1969 г.). В аспирантуру СибАДИ в 1968 г. был направлен Щемелев А.М. Все за исключением Цыганкова А. И. в срок аспирантской подготовки защитили кандидатские диссертации и возвратились на работу в ММИ.

Позже были установлены научные связи с Ленинградским политехническим институтом (ЛПИ) и Киевским инженерно-строительным институтом. В этих вузах, а также в СибАДИ, МАДИ, ЛПИ преподаватели кафедры проходили стажировку, принимали участие в конференциях, защищали диссертации.

Значительный вклад в становление и развитие кафедры внес канд. техн. наук, доц., лауреат Государственной премии Лапин Николай Александрович. Это опытный конструктор, который длительное время работал гл. инженером СКБ-2 «Мелиормаш» в г. Минске, а затем начальником СКБ в г. Курске. Как опытный конструктор он обеспечивал не только высокий уровень преподавания, но и повышал квалификацию преподавателей кафедры в области конструирования машин. К сожалению, он проработал на кафедре немного более 10 лет.

С приходом из аспирантуры молодых ученых на кафедре началось развитие научно-исследовательской работы. Получили разрешение руководства аспирантами Лапин Н. А., Суrowегин Ю. В., Щемелев А. М. По заказу предприятий, главным образом, Могилевского автозавода и дорожных организаций, было выполнено ряд научно-исследовательских тем. Первыми аспирантами кафедры были Партнов С. Б., Максименко А. Н., Берестов Е. И., Алексеева О. В., Хустенко А. Н., Сиваченко Л. А. Почти все они впоследствии защитили кандидатские диссертации.



В 1974 г. заведующим кафедрой становится Суrowегин Юрий Васильевич. Он уроженец г. Могилева. Окончил Ленинградскую военную академию тыла и транспорта, служил в армии, а в период ее сокращения уволился и некоторое время работал конструктором в г. Одесса на заводе прицепов. Позже он возвратился в г. Могилев, работал в ММИ начальником учебного отдела, а затем перешел работать на кафедру ст. преподавателем, а после защиты диссертации в 1972 г. доц. кафедры.

В этот период начала развиваться изобретательская работа. Наиболее активными изобретателями были: Суrowегин Ю. В., Сиваченко Л. А., Красильников Л. В., Берестов Е. И., Щемелев А. М.



С 1984 по 1996 гг. кафедрой заведовал Щемелев Анатолий Мефодьевич. В этот период были созданы: лаборатория гидропривода под руководством доц. Берестова Е. И., автоматики под руководством доц. Журавлева С.С., помольного оборудования под руководством доц. Сиваченко Л. А., вычислительной техники и машинной графики под руководством доц. Борисова Н. К., диагностики под руководством доц. Лягушева Г.С.

– прочность известняка на сжатие до 60 МПа. Отличается значительной неоднородностью структуры и прочности;

– влажность 4,0–8,7 %. Влажность значительно колеблется в зависимости от природно-климатических условий и особенностей добычи в карьере. В зимний период наблюдается значительное смерзание и образование крупных негабаритов.

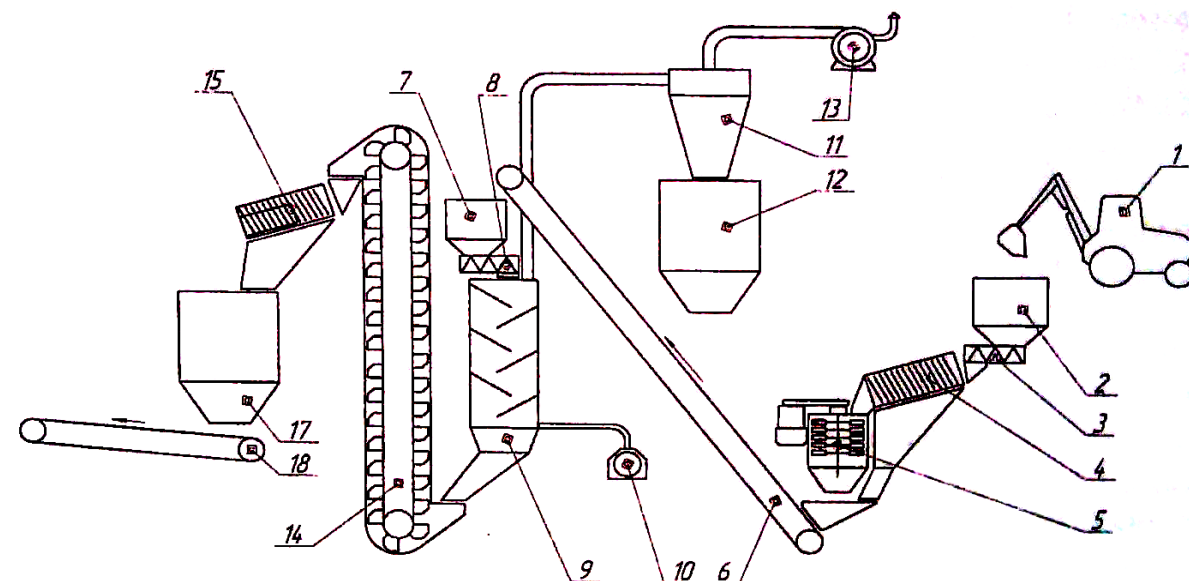


Рис. 6. Технологический комплекс для производства известняковой крупки: 1 – экскаватор; 2, 7 – бункер; 3, 8 – дозатор; 4, 15 – грохот; 5 – дробилка; 6 – конвейер; 9 – сушилка; 10, 13 – вентилятор; 11 – фильтр; 12, 17 – силос; 14 – скиповый подъемник; 18 – ленточный конвейер

Технологический комплекс для производства фрезерного торфа так же основан на применении дробилок ударного действия, которые позволяют снизить энергоемкость процесса измельчения и получать продукт однородного зернового состава, что улучшает процесс сушки. Вертикальная установка ротора с молотковой шарнирной бильной системой решает задачу управляемого движения обрабатываемой среды, которая содержит большое количество древесных включений и имеет влажность 48–55 %. При этом объемная плотность материала составляет 250–300 кг/м³, что значительно усложняет движение. Наилучшим образом эту проблему решает движение потока исходного фрезерного торфа под действием сил гравитации (рис. 7).

В целом использование дробилки с вертикальным ротором в сравнении с горизонтальной дробилкой МТ-900 позволяет уменьшить энергоемкость на 30–35 %.

минеральную кормовую добавку в корма сельскохозяйственным животным и птице.

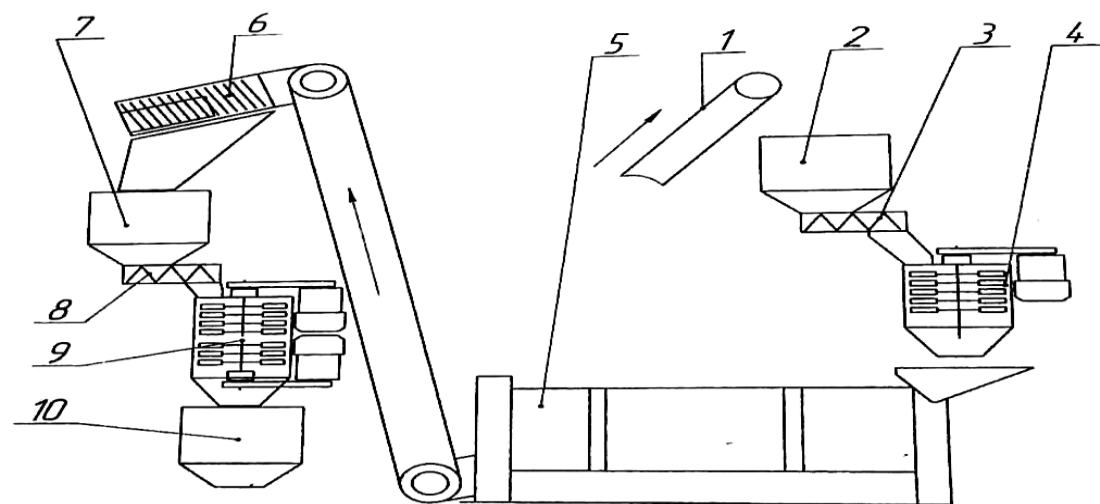


Рис. 4. Технологическая линия переработки трепела: 1 – конвейер; 2, 7, 10 – бункер; 3 – дозатор; 4, 9 – дробилка; 5 – печь; 6 – грохот; 8 – дозатор

Технологический комплекс для измельчения клинкера с целью снижения энергозатрат на измельчение предусматривает исключение из цепи оборудования шаровой мельницы и замены его новыми агрегатами. К ним относятся пружинный грохот, который отделяет мелкую фракцию, направляемую в рессорную мельницу, а крупную – в дробилку роторную с вертикальным валом. Измельченный таким образом продукт до крупности менее 2 мм поступает на домол в штифтовую мельницу, из которой выходит в виде готового продукта (рис. 5).

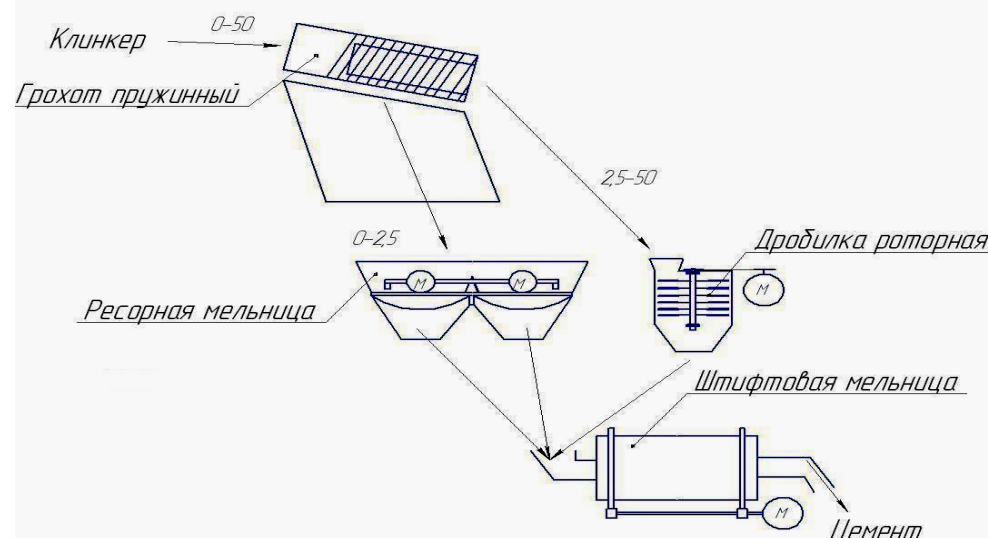


Рис. 5. Технологический комплекс для измельчения клинкера

Измельчение известняка (рис. 6). Сырьем для производства известняковой крупки является природный известняк, который характеризуется следующими показателями:

В 1995 г. доц. Сиваченко Л. А. защитил докторскую диссертацию и в 1996 г. избирается заведующим кафедрой. В 1999 г. защищает докторскую диссертацию доц. Берестов Е.И. и в этом же году становится заведующим кафедрой, а в 2000 г. назначается проректором по учебной работе. В 2000 г. заведующим кафедрой избирается Белоусов Л. И. С 2001 г. и по настоящее время заведующим кафедрой является канд. техн. наук, доц. Лесковец Игорь Вадимович.



Сиваченко Л.А. Берестов Е.И. Белоусов Л.И. Лесковец И.В.

История становления кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование»



Кафедра «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (ПТМиО) образована в сентябре 1964 г. Основателем и первым заведующим кафедрой был канд. техн. наук, доц. Вексин Игорь Никандрович. В сентябре 1964 г. в штате кафедры состояло 5 человек: Вексин И. Н. (зав. кафедрой), Волокитин В. Г. (ассистент), Николаев В. П. (зав. лабораторией), Рожков В. Н. и Наумов А. Ф. (лаборанты). Первый выпуск кафедры состоялся в 1965 году. Среди первых выпускников кафедры были будущие преподаватели института Алехнович Б. А. и Плакс М. Я.

Алехнович Б. А. распределился на кафедру «Подъемно-транспортные машины и оборудование», а Плакс М. Я. на кафедру «Детали машин». В 1965 г. после окончания аспирантуры БПИ по распределению на кафедру прибыл молодой преподаватель Савицкий В. П., который впоследствии с 1974 по 1985 гг. был заведующим кафедрой. В 1966 г. на кафедру прибыли два доц.: Малеванная С. В. и Аладьев А. Н. В это же время на кафедре выполняются первые хоздоговорные и госбюджетные научно-исследовательские работы, развивается студенческая научная работа, которая всячески стимулируется и поддерживается заведующим кафедрой. В начале 1967 г. по распределению после окончания кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» ММИ пришел ассистентом Пис-

кун И. А., весной 1968 г. Жариков В. С., а в 1969 г. Сипайло Г. В. Жариков В. С. первым из выпускников кафедры в 1974 г. в Московском горном институте защитил кандидатскую диссертацию. Тенденция пополнения коллектива преподавателей кафедры своими же выпускниками сохранялась и в дальнейшем: Божик Н. Н., Борисов Н. К. (1969 г.); Костюшко А. Н., Мышковский К. П. (1970 г.); Дедков А. К., Бажков Д. Ф. (1971 г.); Лягушев Г. С. (1972 г.); Береснев А.Ф. (1974 г.); Березнев Л. В. (1977 г.); Гурин В. Н. (1976 г.); Михальков В. С. (1976 г.); Кравец Н. Ф. (1985 г.).

В 1971 г. кафедру возглавил д-р техн. наук, проф. Борохович А. И. В этом же году на кафедру по конкурсу был избран доц., канд. техн. наук Иванов В.И. Начало 70-х г. с приходом Бороховича А. И., Иванова В. И. и Савицкого В. П. характеризуется всплеском и выходом на качественно новый уровень в целом работы кафедры и прежде всего научных исследований: при кафедре открывается аспирантура; существенно увеличиваются объемы хоздоговорных работ, при выполнении которых решаются важнейшие научно-технические проблемы на предприятиях г. Могилева, Могилевской области, России и Украины. В целевую аспирантуру направляются: Бажков Д. Ф. (Московский горный институт); Дедков А.К. (Московское высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана), которые в 1975 г. успешно защитили кандидатские диссертации. Выполняются научно-исследовательские работы по повышению эффективности компрессорного хозяйства ПО «Химволокно» (руководитель Наумов А. Ф., Борохович А. И.), совершенствованию лифтов (руководитель Иванов В. И.), конвейерного транспорта (руководитель Жариков В. С., Пискун И. А.), пневмоконтейнерного транспорта (руководитель Савицкий В. П.).

В 1978 году Иванов Е. Е. первым из аспирантов кафедры защитил кандидатскую диссертацию. Успешно закончили аспирантуру и защитили кандидатские диссертации аспиранты кафедры Сергомасов В. Д. (1979 г.), Пискун И. А. (1980 г.), Лягушев Г. С. (1987 г.), Михальков В. С. (1994 г.). В разные годы аспирантами кафедры были: Костюшко А. Н., Прокопов И. И., Коваль Н. С., Воынер А. Е., Березнев Л. В., Пурижинский Э. М., Гурин В. Н., Жолудева И. И., Таиров Е. Т. и др.

В начале 70-х г. кафедра занимала одно из первых мест в институте по объемам хоздоговорных работ. В составе НИСа кафедры работали: Наумов А. Ф., Шеремет И. И., Николаев В. П., Орловский В. А., Иванов Е. Е., Сергомасов В. Д., Новик С. А., Фролов А. Л., Ландик М. П., Гичевский С. В., Купреев В. З., Скребунов С. М. и др.

Кафедру ПТМиО возглавляли: Вексин И. Н. (1964–1971 гг.); Борохович А. И. (1971–1973 гг.); Савицкий В. П. (1974–1985 гг.); Кравец Н. Ф. (1985–1990 гг.); Лягушев Г. С. (1990–1994 гг.).

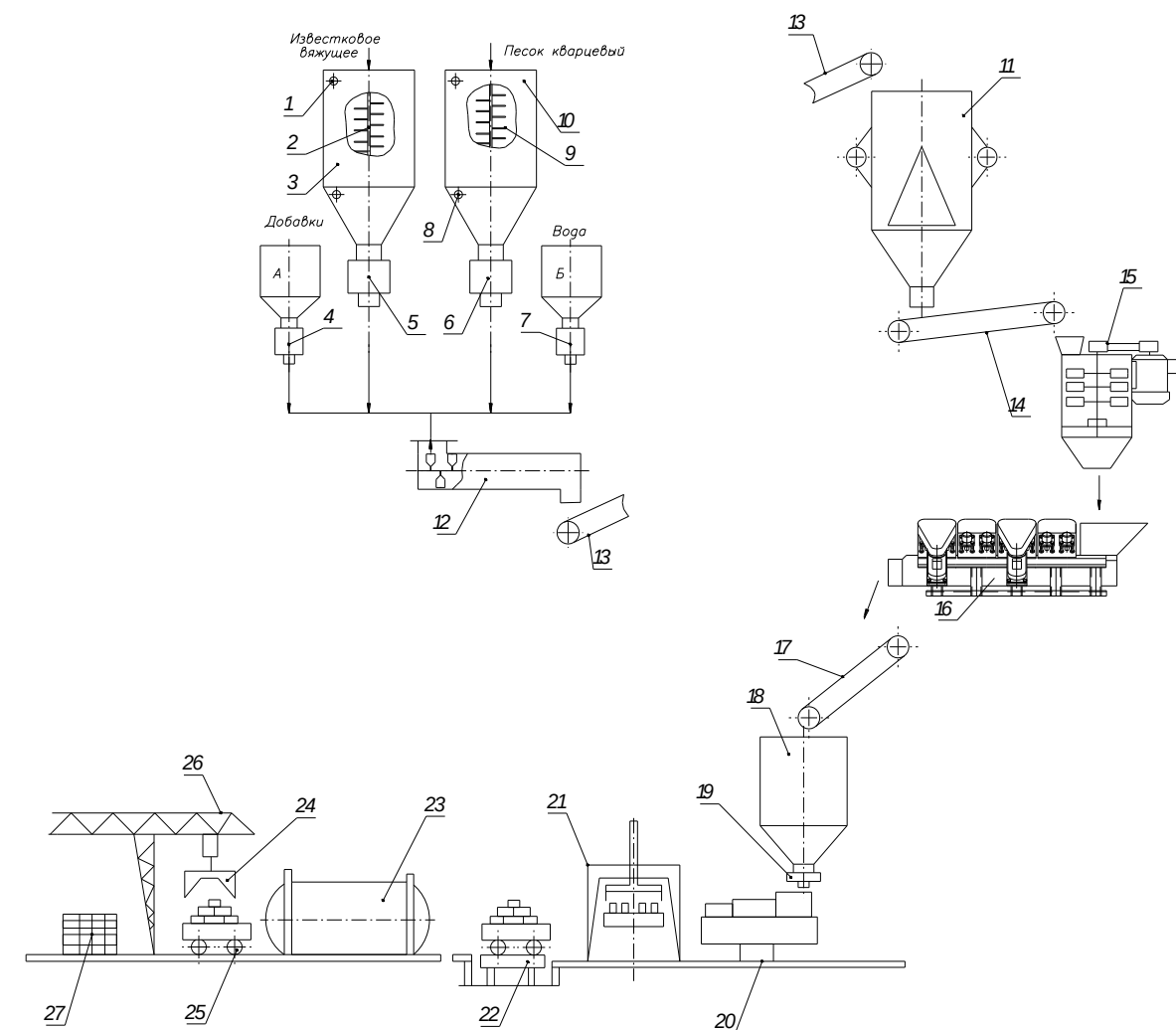


Рис. 3. Схема технологическая производства силикатного кирпича: 1, 8 – указатель уровня; 2, 9 – сводаобрушитель; 3, 10, 20 – бункер; 4, 5, 6, 7 – дозатор-питатель; 11 – силос-реактор; 12 – смеситель; 13, 14, 17 – конвейер; 15, 16 – смеситель-активатор; 19 – питатель тарельчатый; 20 – пресс; 21 – автомат-укладчик; 22 – тележка; 23 – автоклав; 24 – захват; 25 – тележка автоклавная; 26 – кран; 27 – склад

Технологическая линия переработки трепела

Трепела характеризуются сравнительно высокими силикатными и глиноземными модулями и вне зависимости от гидравлической активности являются полезными в качестве высокосиликатной корректирующей добавки для регулирования модулей и минералогического состава клинкера.

Повышенная влажность частиц трепела накладывает определенные трудности на его переработку. В связи с этим, была разработана конструкция дробилки ударного действия, которая способна измельчать трепел повышенной влажности при минимуме энергозатрат (рис. 4).

Рассматриваются направления использования трепела в строительстве, как активную минеральную добавку в строительные смеси и растворы для повышения их прочности и в сельском хозяйстве, как активную

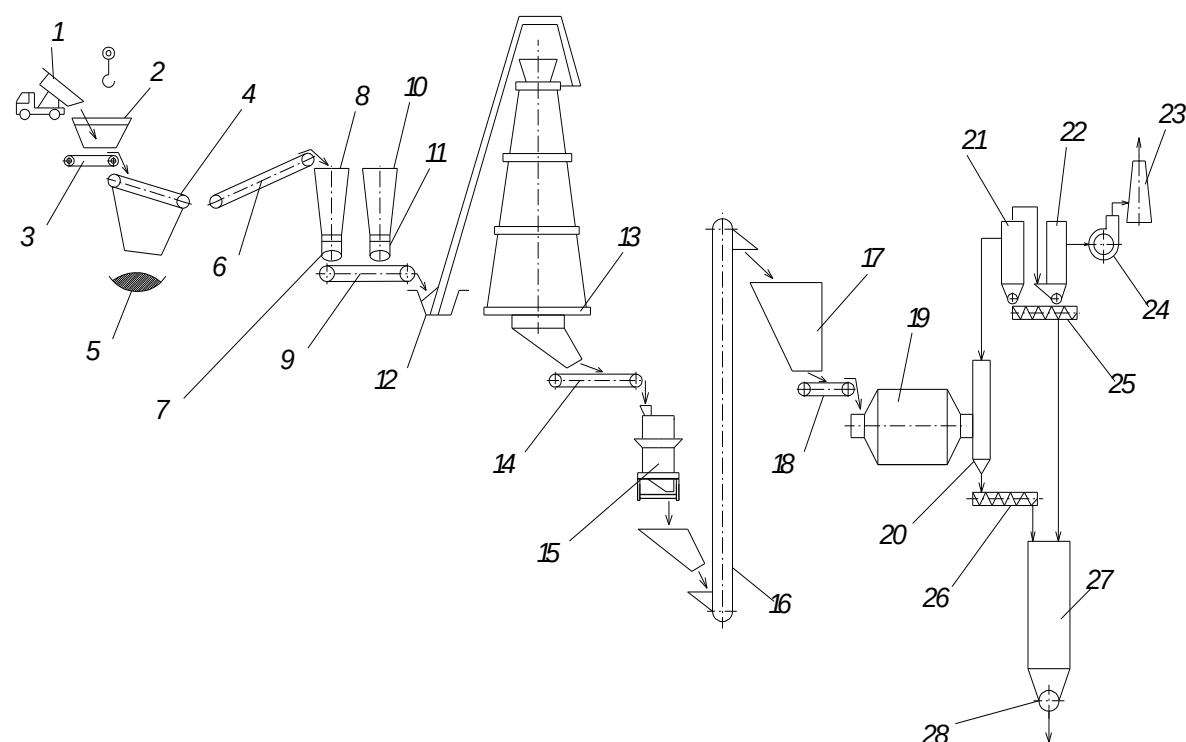


Рис. 2. Технологическая схема производства извести: 1 – автосамосвал; 2, 8, 10, 17 – бункер; 3, 14, 18 – питатель; 4 – виброгрохот; 5 – штабель; 6, 9 – ленточный конвейер; 7, 11, 28 – дозатор; 12 – скиповый подъемник; 13 – шахтная печь; 15 – молотковая дробилка; 16 – элеватор; 19 – шаровая мельница; 20 – аспирационная коробка; 21 – циклон; 22 – фильтр; 23 – дымовая труба; 24 – вентилятор; 25, 26 – винтовой конвейер; 27 – силос

Комплекс производства силикатного кирпича. Технологическая схема производства силикатного кирпича показана на рис. 3. Исходными материалами для её изготовления являются песок (92 %), известь (до 8 %) и вода. Песок доставляют из карьера или централизованных складов автомобильным или железнодорожным транспортом и через приемные устройства подают в бункера расходного склада. Известь готовится в специальном отделении, оснащенном установками для дробления известкового камня, обжигowymi печами и помольным оборудованием.

Известково-песчаное вяжущее изготавливается путем совместного помола извести и песка. Готовая смесь подается пневмотранспортом в расходные бункера заготовительного отделения, где после обработки в силосах-реакторах подвергается вторичному перемешиванию и до увлажнения.

При необходимости получения окрашенного кирпича цветную силикатную смесь получают методом объемного окрашивания с добавкой пигментов, которые подвергаются испытаниям на свето- и щелочестойкость, проходят сушку, помол, просеивание и подаются в раздаточные бункера. Для равномерного распределения цветной массы в известково-песчаной смеси предусматривается двухстадийное перемешивание смеси с пигментом.

Кафедра «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование»

С 1 сентября 1994 г. приказом ректора института в состав кафедры «Строительные и дорожные машины и оборудование» вошла кафедра «Подъемно-транспортные машины и оборудование».

В связи с объединением специальностей «Строительные и дорожные машины и оборудование» и «Подъемно-транспортные машины и оборудование» кафедра была переименована в кафедру «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование». Кафедра стала готовить специалистов по двум специализациям: дорожные машины и подъемно-транспортные машины.

Приказом министра образования Республики Беларусь № 198 от 17.05.2000, Могилевский машиностроительный институт преобразован в Могилевский государственный технический университет (МГТУ). В соответствии с Соглашением между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации, подписанным в г. Могилеве 19.01.2001, приказами Министерства образования Российской Федерации и Министерства образования Республики Беларусь и приказом Министерства образования Республики Беларусь университет преобразован в Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет» (Белорусско-Российский университет).

В настоящее время на кафедре работают: проф. Щемелев А. М., проф. Максименко А. Н., проф. Сиваченко Л. А., проф. Берестов Е. И., доц. Лесковец И. В., доц. Партнов С. Б., доц. Лягушев Г. С., доц. Белоусов Л. И., доц. Кургузиков А. М., доц. Антипенко Г. Л., доц. Кулабухов А. В., доц. Смоляр А. П., доц. Иванов В. И., доц. Кузнецов Е. В., доц. Береснев В. В., доц. Матвеев В. И., доц. Леоненко О. В., доц. Аладьев А. Н., ст. преп. Хустенко А. Н., ст. преп. Костюшко А. Н., ст. преп. Семчен В. И., ст. преп. Бужинский А. Д., ст. преп. Кутузов В. В., ассист. Бездников Д. В.



проф. Щемелев А.М.



проф. Максименко А.Н.



проф. Сиваченко Л.А.



проф. Берестов Е.И.



доц. Лесковец И.В.



доц. Партников С.Б.



доц. Лягушев Г.С.



доц. Белоусов Л.И.



доц. Кургузиков А.М.



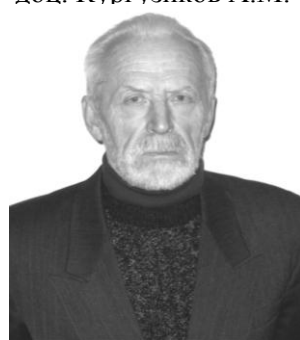
доц. Антипенко Г.Л.



доц. Кулабухов А.В.



доц. Смоляр А.П.



доц. Иванов В.И.



доц. Кузнецов Е.В.



доц. Береснев В.В.



доц. Матвеев В.И.



доц. Леоненко О.В.



доц. Аладьев А.Н.



ст. преп. Хустенко А.Н.



ст. преп. Костюшко А.Н.



ст. преп. Семчен В.И.



ст. преп. Кутузов В.В.



ст. преп. Бужинский А.Д.



ассист. Бездников Д.В.

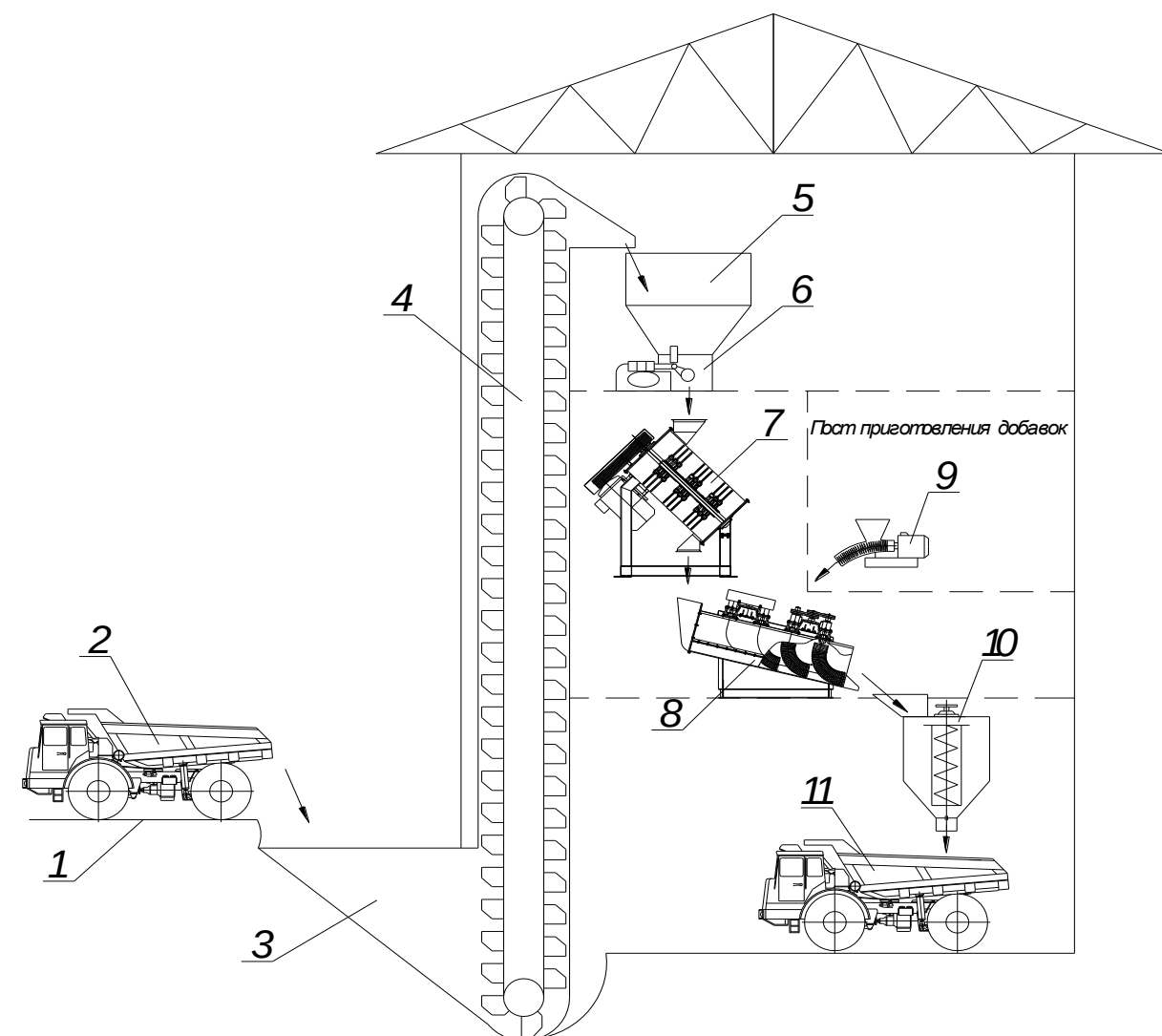


Рис. 1. Комплекс для производства комбикормов: 1 – пандус; 2, 11 – самосвал; 3 – завальная яма; 4 – элеватор; 5 – бункер; 6 – дозатор; 7 – дробилка; 8 – диспергатор; 9 – агрегат для ввода добавок; 10 – бункер-усреднитель

Комплекс производства извести основан на использовании шахтного способа обжига, в части помола являющейся его модернизации содержит многосекционную молотковую дробилку, рабочее оборудование которой выполнено в виде секций, между которыми имеются свободные зоны, являющиеся технологически важными, т. к. в них естественным образом происходит нужный по условиям процесса разрушения переход материала от верхней секции к нижней (рис. 2).

Наличие расширительной камеры, которая создает условия для затормаживания окружного движения частиц и придания им необходимых кинематических характеристик, обеспечивающих повышение эффективности действия ударных элементов на каждом из рядов бил, так же является существенным достоинством предлагаемой дробилки.

*Л. А. Сиваченко, д-р техн. наук, проф.; *Н. В. Курочкин; А. Н. Хустенко*
 ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*ЗАО «ЗАПАГРОМАШ», г. Минск

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

В статье рассматриваются не отдельно взятые измельчительные модули, а технологические комплексы, где эти модули используются.

Работы в области разработки и исследования дробильно-измельчительных машин ударного действия на кафедре СДПТМиО проводятся с 1991 г. За этот период создано несколько видов измельчителей различного технологического назначения с вертикальным и наклонным расположением ротора. Типоразмерный ряд этого оборудования охватывает диаметры рабочих камер от 400 до 1500 мм и производительность от 0,5 до 250 т в час. По этим разработкам изготовлено более 100 агрегатов различного назначения, защищены 3 кандидатские диссертации, получено 20 патентов на изобретение и опубликовано более 100 научных статей.

В данной статье авторы предлагают остановиться на рассмотрении не отдельно взятых измельчительных модулей, а на технологических комплексах, где эти модули используются. Ниже приведены несколько примеров использования такого оборудования в составе технологических линий или производств.

Комплекс для производства комбикормов включает в себя набор оборудования, ориентированный на обеспечение нужд отдельных хозяйств или их объединений, а также крупных ферм и комплексов, включает в себя пандус 1, завальную яму 3 в которую автомобиль 2 выгружает зерновой продукт подаваемый элеватором 4 в бункер 5. Бункер 5 может иметь несколько отделений для различных культур, например, пшеницы и овса (рис. 1).

Из бункера 5 сырье дозатором 6 выдается в дробилку 7 ударного действия, измельчается и поступает в лотковый пружинный смеситель-диспергатор 8, где смешивается и до измельчается с другими компонентами, образующими необходимый состав комбикорма, подготавливаемыми в агрегате 9 ввода добавок и далее выгружается в бункер-усреднитель 10 в котором смесь "калибруется" по составу и по мере готовности выдается в автомобиль 11 для доставки к месту потребления. Всё технологическое оборудование смонтировано в производственном корпусе.

Комплекс спроектирован под реальные условия, в т. ч. может быть выполнен путем реконструкции старых зерносушильных установок, имеющих практически во всех хозяйствах. Состав оборудования и его компоновка выполнены таким образом, чтобы, во-первых, получить качественный продукт, во-вторых, упростить технологию производства, исключив из нее сложные операции дозирования, и, в-третьих, обеспечить стабильность работы и снизить производственные издержки.

Научная работа

Научная работа кафедры начала набирать силу с 1971 г., когда в университете была открыта аспирантура по ряду специальностям, в т. ч. «Строительные, путевые и дорожные машины и оборудование».

Руководство аспирантами на кафедре СДМ первоначально осуществлял лауреат Государственной премии СССР, канд. техн. наук, доц. Лапин Н. А. Кандидатская диссертация Лапина Н. А. посвящена исследованиям процесса шнекового бурения скважин и была защищена в Московском геологоразведочном институте.

Постепенно на кафедре сформировалось научное ядро, состоящее из канд. техн. наук Лапина Н. А., Щемелева А. М., Суровегина Ю. В., Чижика Е. И., Красильникова Л. В.

Кандидатские диссертации этих ученых посвящены исследованию рабочих процессов строительно-дорожных машин. Так, Щемелевым А. М. исследована работа, предложены конструктивные решения и методика расчета заслонок скреперов (защита в СибАДИ). В МАДИ защитили диссертации Суровегин Ю. В., Красильников А. В., Чижик Е. И. Работа Суровегина Ю. В. посвящена исследованию взаимодействия шин дорожных машин с грунтом. Красильников Л. В. занимался исследованием косо-го резания грунта и разработкой методики расчета возникающих при этом сопротивлений. Проблемами разрушения грунта за счет газоимпульсионного воздействия занимался Чижик Е. И.

По мере укрепления высококвалифицированными специалистами и появления собственных аспирантов, кафедра активно включилась в научную работу, как в госбюджетную, так и в хоздоговорную.

Темы госбюджетных работ, выполняемых на кафедре, входили в план важнейших НИР АН БССР на 1975–1980 гг., 1981–1985 гг., 1986–1990 гг., в республиканскую комплексную программу «Машиностроение 2» на 1991–1995 гг.

Кафедра регулярно вела хоздоговорные работы с Могилевским автомобильным заводом им. С.М. Кирова, Минским НПО «Дормаш» (ныне ОАО «Амкодор») и другими предприятиями СССР.

В это время росло количество преподавателей, защитивших ученую степень канд. техн. наук. С 1974 г. на кафедре работает канд. техн. наук Белоусов Л. И. В 1975–1995 гг. успешно закончили аспирантуру при ММИ и защитили кандидатские диссертации: Максименко А. Н., Берестов Е. И., Сиваченко Л. А., Партнов С. Б., Антипенко Г. Л., Алексеева О. В., Кургузиков А. М., а позже Лесковец И. В., Матвеев В. И., Береснев В. В., Смоляр А. П., Леоненко О. В., Кулабухов А. В., Бужинский А. Д., Кутузов В. В.

Одновременно успешно защитили диссертации и преподаватели кафедры СДМ, закончившие аспирантуру при МАДИ. Это Селедцов М. В., Макаров С. В., Похвалов С. В. (не являются работниками университета).

Рост научного потенциала кафедры привел к качественному скачку в уровне научных исследований, который воплотился в защите докторских диссертаций Сиваченко Л.А. (1995 г.) и Берестовым Е.И. (1999 г.).

В настоящее время на кафедре проводятся научные исследования по нескольким направлениям.

Одним из важнейших направлений является создание машин для переработки материалов (дробление, измельчение, перемешивание, активация и т.д.) для предприятий Республики Беларусь и стран СНГ. Руководителем этого направления является д-р техн. наук, проф. Сиваченко Л. А., автор 315 научных работ и трудов, в том числе 200 изобретений и патентов, из которых 20 патентов получены в США, Японии, Франции, Италии, ФРГ и др. Под его руководством разработано около 800 единиц оборудования 40 типоразмеров, успешно работающего на многих предприятиях. За экспонат «Устройство для помола» в 1988 г. награжден золотой медалью ВДНХ СССР. Под его руководством шесть аспирантов защитили кандидатские диссертации.

Проф. Щемелев А. М. занимается разработкой систем энергосбережения гидрофицированных мобильных машин. Он является автором 270 научных работ и трудов, в том числе 160 изобретений и патентов. Награжден серебряной медалью ВДНХ СССР за экспонат «Система энергосбережения гидравлических экскаваторов». Под его руководством семь аспирантов защитили кандидатские диссертации. Им написано 10 учебников и учебных пособий для студентов.

Д-р техн. наук, проф. Берестовым Е. И. разработаны основы теории взаимодействия рабочего оборудования с грунтом, расчет динамической нагруженности рабочего органа при копании грунта, позволяющие на стадии проектирования оптимизировать параметры рабочего оборудования землеройных машин. В настоящее время ведется работа по созданию прогностических моделей, обеспечивающих экспертную оценку новых типов рабочих органов на ЭВМ. Опубликовано 105 научных работ и трудов, в том числе 50 изобретений и патентов. Под его руководством два аспиранта защитили кандидатские диссертации. Написано учебное пособие для студентов и монография.

Проф. Максименко А.Н. занимается вопросами повышения эффективности эксплуатации строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования. Написано 5 учебников и 2 учебных пособия, в соавторстве 1 учебник и 3 учебных пособия для студентов.

За время существования кафедрой защищено авторскими свидетельствами и патентами свыше 500 изобретений, что составляет 30 % от общего количества изобретений университета.

Для проведения научных исследований привлекаются студенты всех курсов. Они являются соавторами около 120 изобретений и 60 научных

Постановка проблемы холодной сушки не является новой и по сути лежит на поверхности. Известно множество подходов, понимания влажности сырья начиная с карьеры и заканчивая подачей в тепловые агрегаты, однако интенсивность и, следовательно, эффективность их невысока.

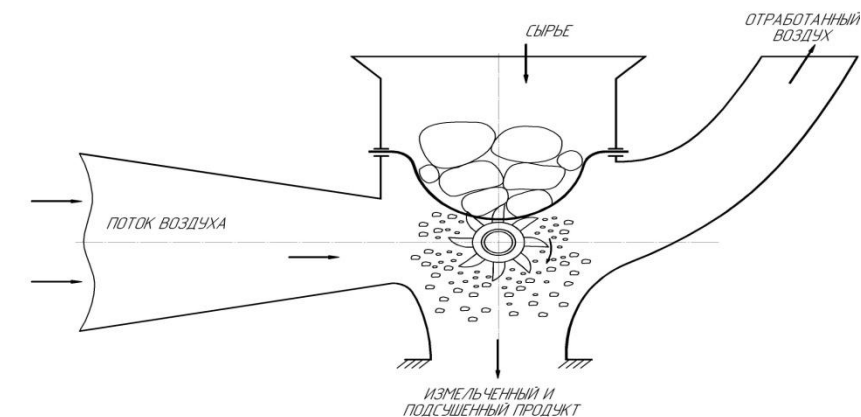


Рис. 2. Схема проведения холодной сушки

Использование кинетической энергии воздушного потока является не только источником возобновляемой энергии, но и активизатором влажосъема обновляемой поверхности сырья и ее удаления. Предполагается, что таким образом можно уменьшить влагу карбонатного сырья на 4–6 %, улучшить условия его дальнейшей обработки, и экономить до 10–12 кг усл. топлива на 1 т клинкера.

Перевооружение отделений дезинтеграции строительных материалов касается создание энергоэффективных агрегатов для крупнотоннажного производства. Если конкретизировать задачу, то можно выделить две группы машин, которые определяют уровень этой техники. Это прежде всего шаровые мельницы, отличающиеся очень высокой энергоемкостью к большим эксплуатационными издержками. Например, расход электроэнергии на тонкий помол цемента составляет порядка 30кВт*ч/т, а другие затраты на проведение процесса (износ мелющей гарнитуры, ремонты, и др.) эквивалентны по стоимости. Во вторую важнейшую группу машин выходят дробилка ударного действия, которые начинают доминировать в стадиях подготовки сырья особенно при сухом способе производства цемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подлuzский, Е. Я. Проблемы энергосбережения в производстве строительных материалов / Е. Я. Подлuzский // Строительный рынок. – 2009. – № 11. – С. 6–9.
2. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. «Беларусь проектирует и строит». Минск, 2012. – Вып. III. – 70 с.
3. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.]. – Изд. Центр БГУ, Минск, 2008. – 375 с.
4. Сиваченко, Л. А. Новые возможности использования ветроэнергетических установок / Л. А. Сиваченко, В. Т. Парахневич, В. А. Кемова / Ударно – вибрационные системы, машины и технологии : материалы Междунар. симп. – Орел : ОГТУ, 2006. – С. 466–471.

влияния не оказывают. К ним можно отнести различного рода добавки, лакокрасочные материалы, порошки, пасты, шликеры и т. д.

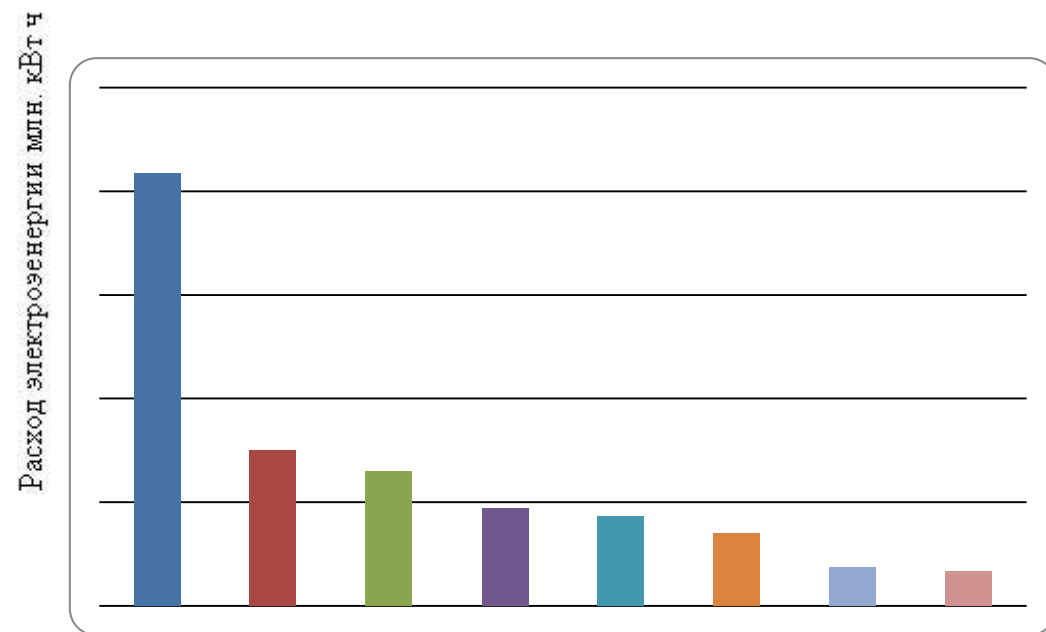


Рис. 1. Суммарные годовые энергозатраты в Республики Беларусь на помол при производстве основных строительных материалов

Представляет определенный интерес анализ конструкций технологического оборудования для переработки этих материалов.

В первой группе основу парка машин составляют щековые, конусные и в некоторой части агрегаты ударного действия. Энергоемкость процесса измельчения при этом сравнительно низкая, а конструкции машин, отличающиеся большими габаритными размерами и массой, достаточно отработаны и весьма консервативны в своем развитии, что не предполагает их существенной модернизации. Кроме того, рынок этого оборудования заполнен, а резерв модернизации минимален. Здесь, прежде всего, для осуществления ресурсосбережения возможно решение ряда технологических задач, например, уменьшения переизмельчения продукта. В ОАО «Гранит» скопилось 16 млн т гранитного отсева и его можно использовать во многих производствах.

Принципиально по иному обстоит ситуация с переработкой материалов второй и третьей групп. Здесь широко применяется шаровые, барабанные мельницы, валково-тарельчатые агрегаты и молотковые измельчители.

Возможно получение экономии энергоресурсов, например, от использования холодной сушки в стадии первичной обработки сырья при сухом способе производства цемента. В этом случае сырье карьерной влажности подвергается интенсивному измельчению (дроблению) с одновременной продувкой атмосферным воздухом, концентрируемым посредством конфузора и подаваемым в зону измельчения со скоростью 15–40 м/сек [4]. Принципиальная схема проведения такого процесса приведена на рис. 2.

публикаций. Многие студенты становились лауреатами республиканских и Всесоюзных студенческих НТК.

Необходимо отметить, что выпускниками кафедры защищено 4 докторских и 40 кандидатских диссертаций.

Первыми из выпускников, защитившими докторские диссертации, стали Малиновский Г. Н. (директор НИИСМ, г. Минск) и Ковалев В. И. (бывший ректор Негосударственного финансово-экономического института).

Наши выпускники

За 50 лет около 8000 студентов получили диплом по специальности, из них 185 выпускников получили диплом с отличием. По местам работы выпускников кафедры можно изучать географию бывшего Советского Союза и зарубежных стран. Выпускники работают от Кушки до Северодвинска, от Бреста до Якутска.

Подавляющее большинство дорожно-строительных управлений и трестов Республики Беларусь возглавляют выпускники кафедры. Можно с уверенностью сказать, что политику в области механизации дорожного, транспортного и промышленного строительства определяют выпускники кафедры. Выпускники кафедры получают фундаментальную подготовку, которая позволяет им определяться в дальнейшей жизни в различных областях деятельности.

Выпускники кафедры в разное время занимали должности руководителей отраслей и предприятий: Гринев Н. Ф. (чрезвычайный и полномочный посол Республики Беларусь); Сохар Г. А. (начальник аптекоуправления); Цумарев В. М. (глава администрации Ленинского р-на г. Могилева, в настоящее время председатель горисполкома г. Могилева); Шорилов В. И. (генеральный директор ПО «Техноприбор», председатель горисполкома г. Могилева); Иванов Е. Е. (генеральный директор ЗАО «Технопарк-Могилев»); Борисов Н. Ф. (гл. инженер автозавода им. Кирова); Дедков А. К. (гл. инженер ПО «Криогенмаш», г. Москва); Шароко В. Е. (гл. инженер ПО «ЖЗТМ», г. Мариуполь); Якубович Н. К. (генеральный директор ПО «Могилевгрузавто»); Поружинский Э. М. (гл. инженер фирмы по конструированию контейнеров для «Шатл», США), Малиновский Г. Н. (директор «НИИСМ» г. Минск), Лавренков Г. М. (пом. Президента Республики Беларусь по Могилевской области), Черный А. Б. (министр строительства и архитектуры Республики Беларусь), Кисилев В. А. (генеральный директор БЦЗ, первый заместитель председателя Могилевского Обл. исполкома), Свистунов В. Т. (пред. Могилевского горсовета), Матиевич В. А. (генеральный директор ОАО «Сопотекс»), Монастыренко С. В. (директор МГКУП «Горэлектротранспорт»).

Многие выпускники кафедры защитили кандидатские и докторские диссертации и посвятили свою жизнь обучению студентов, среди них:

Сазонов И. С. (ректор Белорусско-Российского университета); Чижик Е. И. (проф. кафедры); Максименко А. Н. (проф. кафедры); Сиваченко Л. А. (проф. кафедры); Берестов Е. И. (проф. кафедры); Щемелев А. М. (проф. кафедры); Кулабухов А. В. (декан инженерно-экономического факультета); Кутузов В. В. (зам. декана инженерно-экономического факультета); Лесковец И. В. (зав. кафедрой «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование»); Рынкевич С. А. (зав. кафедрой «Автомобили»); Смоляр А. П. (зав. кафедрой «Начертательная геометрия и черчение»); Макаревич Д. М. (зав. кафедрой «Соппротивление материалов»); Даньков А. М. (зав. кафедрой «Основы проектирования машин»); Белоусов Л. И., Партнов С. Б., Лягушев Г. С., Кургузиков А. М., Алексеева О. В., Кузнецов Е. В., Леоненко О. В., Антипенко Г. Л., Береснев В. В., Иванов В. И., Матвеев В. И., Кравец Н. Ф., Михальков В. С., Леванович Н. А., Гобралев Н. Н. (доц. Белорусско-Российского университета).

За 50 лет существования кафедры «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» ее преподаватели и сотрудники внесли весомый вклад в теорию и практику конструирования рабочего оборудования строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин.

Табл. 1. Объемы переработки основных видов строительных материалов

Продукты	Текущий объем производства	Удельные энергозатраты	Суммарные затраты, на всю продукцию млн. кВт	Другие эквивалентные издержки, млн кВт × ч	Директивные резервы снижения энергопотребления	Годовая экономия электроэнергии, долларов США
Цемент, т	4 млн 740 тыс.	45	213,30	213,30	213,30	17810340
Керамическая плитка, м ²	23234 тыс.	-	9,847	9,847	9,847	822230
Керамический кирпич, шт.	90	30	20,70	20,70	20,70	1728500
Щебень, т	21,6 млн	3,0	64,800	64,800	64,800	5410740
Силикатный кирпич, шт.	656 млн	3,8	249,3	249,3	249,3	20816300
Известь, т	1,4 млн	25	35,0	35,0	35,0	2922465
Изделия из ячеистого бетона, м ³	3850 млн	25	96,250	96,250	96,250	8036779
Доломитовая мука, т	4,3 млн	11	47,3	47,3	47,3	3949510
ИТОГО						60756864

С целью оценки возможностей перевооружения отделений измельчения материалов для нужд стройиндустрии разделим их на основные группы по физико-механическим и технологическим признакам.

Группа 1. Прочные скальные породы. К ним относятся: гранитный щебень ОАО «Гранит» г. Микашевичи, объем его переработки составляет около 1,6 млн т/год и доломит ОАО «Доломит» п. Руба, Витебский р-н, объемы переработки до 5 млн т/год, и также переработка валунных материалов предприятий дорожной отрасли – до 3,0–3,5 млн т/год.

Группа 2. Измельчение, причем, как правило, с сушкой влажных, рыхлых, малопрочных пород, к которым относятся: мел, мергель, глина, уголь, трепел. Это примерно 5,5–6,0 млн т/год, преимущественно карбонатного сырья для производства цемента по сухому способу.

Группа 3. Высокопрочные обожженные материалы – цементный клинкер, комовая известь, а также сырьевые материалы – кварцевый песок и др. Объемы их переработки можно оценить примерно в 6 млн т/год.

Группа 4. Большое число других продуктов, объемы их переработки сравнительно невелики и на общую картину энергопотребления значимого

Л. А. Сиваченко, д-р техн. наук, проф.; Ю. К. Добровольский
 ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 ЗАО «ЗАПАГРОМАШ», г. Минск

СОСТОЯНИЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

В статье проанализирована энергоемкость машин и технологий для переработки строительных материалов. Представлена классификация материалов по физико-механическим признакам. Отмечена необходимость серьезного внимания к вопросам перевооружения данной отрасли со стороны государства.

Производство строительных материалов характеризуется большими объемами и хорошей динамикой развития. Однако, эта отрасль является энерго- и ресурсоемкой с большим потреблением материальных ресурсов и значительными капитальными затратами. В структуре энергопотребления Беларуси на нее приходится 6–7 %. Наибольший расход энергии приходится на 5 основных строительных материалов – цемент, щебень, керамика, силикатные изделия, известь [1, 2].

Известно, что чрезвычайно неэффективными технологическими машинами являются машины для дробления и помола [3]. С целью оценки суммарных затрат на переработку указанных материалов проведен анализ объемов их переработки и затрат, связанных с процессами измельчения [1]. Полученные данные по основным строительным материалам приведены в табл. 1.

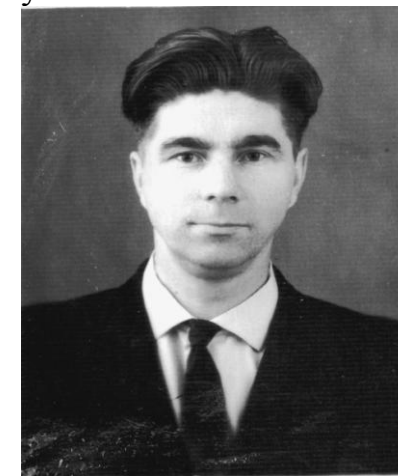
В расчетных данных под удельными показателями следует понимать затраты на переработку соответствующей единицы продукции, например, для цемента это затраты на помол при получении 1 т цемента. В графу другие эквивалентные издержки входят затраты на мелющие тела и ремонтные работы. Можно принимать равными затратам на потребление электроэнергии. Директивные резервы снижения энергопотребления приняты на основании соответствующих экспертных оценок или постановлений правительственных органов, в частности, это обоснование показателей на выполнение заданий межотраслевого научно-технического комплекса «Механобр».

Г. С. Лягушев, канд. техн. наук, доц.
 ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГОДЫ И ЛЮДИ

Кафедра «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (ПТМиО) образована в сентябре 1964 г. С 1 сентября 1994 г. приказом ректора института кафедра вошла в состав кафедры «Строительные и дорожные машины и оборудование». За 30 лет с 1964 по 1994 гг. кафедра прошла путь от одной совершенно пустой лаборатории на первом этаже главного учебного корпуса, отсутствия методической и лабораторной базы, лаборантского состава, преподавателей, не имеющих не только ученых степеней и званий, но и опыта работы в вузе, до ведущей специальной кафедры, оснащенной современным лабораторным оборудованием и высококвалифицированными преподавательскими кадрами.

Спустя 50 лет следует вспомнить, с чего все начиналось, и низко поклониться тем, кто стоял у истоков создания кафедры, кто посвятил работе на кафедре лучшие годы и всю сознательную жизнь, в память о тех, кого уже нет с нами.



Основателем и первым заведующим кафедрой был Вексин Игорь Никандрович. Родился 9 мая 1922 г. в г. Кинешма Ивановской области. Окончил Кинешманскую среднюю школу (1939 г.), Уральский политехнический институт по специальности «Подъемно-транспортные машины» (1947 г.), аспирантуру кафедры ПТМ Уральского политехнического института (1951 г.). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Подъемно-транспортные машины» в Уральском политехническом институте (1961 г.).

В 1940 г. со второго курса Уральского политехнического института был призван в ряды Советской Армии, участник боевых действий, в 1943 году после ранения на фронте был демобилизован по состоянию здоровья и возвратился на учебу в Уральский политехнический институт.

После окончания аспирантуры (1951 г.) был направлен на работу в Сибирский металлургический институт, г. Новокузнецк Кемеровской области на должность ассистента кафедры «Механическое оборудование металлургических заводов». Пришел на работу в ММИ с должности доцента кафедры «Механическое оборудование металлургических заводов» Сибирского металлургического института. Избран по конкурсу на должность заведующего кафедрой в сентябре 1964 г. и работал в этой должности по

1971 г. Автор научных работ и изобретений. Награжден медалью «За победу над Германией».



Борохович Александр Исаакович родился 28 апреля 1918 г. в г. Халтурин, Кировской области. Окончил 10 классов Ростовской на Дону средней школы (1936 г.), Новочеркасский горный институт им. С. Орджоникидзе по специальности «Горный инженер-электромеханик» (1941 г. с отличием). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Горная электромеханика» в Свердловском горном институте (1953 г.); защитил докторскую диссертацию по специальности «Горная электромеханика» (1965 г.).

Во время Великой Отечественной войны работал на руководящих должностях в горной промышленности СССР. Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.». Пришел на работу в ММИ с должности заведующего кафедрой «Горные машины и комплексы» Магнитогорского горнометаллургического института им. Г.И. Носова. Избран по конкурсу зав. кафедрой ПТМиО (1971 г.) В 1973 г. уволен по собственному желанию в связи с переходом на другую работу. Борохович А. И. является основоположником научного направления по использованию в качестве тяговых органов ГПМ металлических лент вместо канатов. Автор более 200 научных работ, включая учебники, статьи, монографии и изобретения. Бороховичем А.И. подготовлено 24 канд. техн. наук и три д-ра техн. наук.

Кроме Вексина И. Н. в сентябре 1964 г. в штате кафедры было еще четыре сотрудника: Волокитин Владимир Георгиевич (ассистент); Николаев Владимир Павлович (зав. лабораторией); Рожков Владимир Никитич и Наумов Анатолий Федорович (лаборанты). В этом же году на кафедру пришел Сорин Феликс Натанович.



Волокитин Валериан Георгиевич родился 9 сентября 1941 г. в селе Стеклянная Радица Брянского района, Брянской области. Окончил среднюю школу г. Сегежи Карельской АССР (1958 г.) Ленинградский политехнический институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1963 г.). Направлен по распределению после окончания института ассистентом кафедры (1964 г.). Уволен по собственному желанию в 1967 г. в связи с переходом на другую работу. Имеет научные публикации.

сетки, помещаемой в выгрузочный патрубок 8, так и на отдельном посту после выгрузки из аппарата всей находящейся в нем загрузки. Мельница предназначена для работы преимущественно по мокрому способу.

Описанные виды оборудования защищены 250 авторскими свидетельствами и патентами, к настоящему времени изготовлено около 900 единиц дробилок, мельниц, смесителей, грохотов, диспергаторов и других агрегатов, которые используются в различных отраслях промышленности, в НИИ и лабораториях. Кроме представленных аппаратов нами разработаны также питатели, грануляторы, распылительные сушилки, струйные мельницы, механизированный инструмент, системы энергосбережения, установки для упрочнения древесины, комплексы для производства шифера с полимерным покрытием и др.

Использование разработанных дробилок, грохотов и мельниц наиболее эффективно в составе технологических комплексов. Такие комплексы разработаны для помола цемента, приготовления сырьевых смесей, производства ряда порошков, суспензий, композиций, криогенного получения полимерных порошков, обогащения полезных минералов, регенерации формовочных смесей, измельчения минерального сырья по мокрому способу, активации вяжущих и заполнителей, диспергирования лакокрасочных материалов и др.

Разработанное оборудование и технологии на их основе могут найти широкое практическое применение, для этого необходима организация централизованных производств, что позволит создать высокопроизводительные, эффективные и надежные машины для различных отраслей народного хозяйства и способных вытеснить на рынке изделия западных фирм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.] // Изд. центр БГУ, Минск, 2008. – 375 с.
2. **Сиваченко, Л. А.** Дробилки ударного действия /Л. А. Сиваченко, Д. В. Михальков, Д. В. Михальков // Строительные и дорожные машины. – 2003. – № 11. – С. 27–31.
3. **Сиваченко, Л. А.** Вибрационные пружинные мельницы / Л. А. Сиваченко, Д. М. Хононов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2006. – 89 с.
4. **Сиваченко, Л. А.** Основные положения совершенствования дезинтеграторных технологий / Л. А. Сиваченко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – №4. – С. 95–106.



Рис. 15. Виброуплотнитель на базе электрического перфоратора

Пружинная мельница для сверхтонкого помола. Основным фактором, определяющим предельную тони́ну помола большинства материалов являются максимальные удельные контактные напряжения в зоне разрушения и минимальные размеры мелющих тел, что выражается обобщенным параметром – энергонапряженностью процесса.

Осуществить подобную задачу можно на примере пружинной мельницы с мелющей загрузкой в виде мелких шариков диаметром 0,05–0,5 мм. В отличие от традиционных механизмов измельчения между витками на мелющих телах реализуются повышенные контактные напряжения, чем обеспечивается сверхтонкий помол.

Пружинная мельница, схема и общий вид которой изображены на рис. 16 и 17, содержит электродвигатель 1, муфту 2, рабочую камеру 3 в которой на опорных валах 4 посредством узлов крепления 5 смонтирован дугообразно изогнутый пружинный рабочий орган 6, а для загрузки и выгрузки материала предусмотрены патрубки 7, 8.

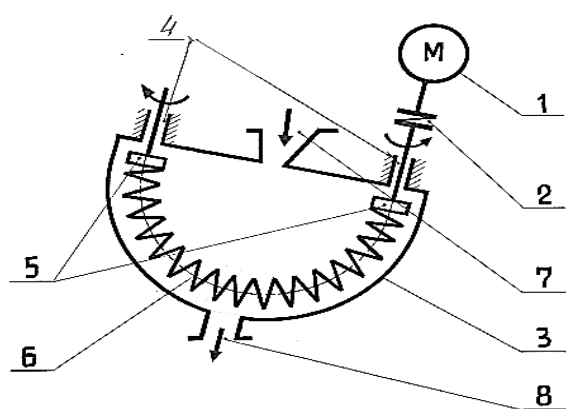


Рис. 16. Схема пружинной мельницы для сверхтонкого помола



Рис. 17. Общий вид пружинной мельницы для сверхтонкого помола

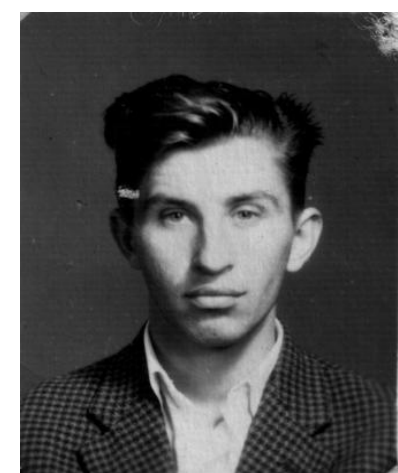
Работа мельницы производится при заполненной камере 3 исходным материалом, который также содержит от 10 до 50 % по загрузке мелющих тел. При включенном двигателе 1 рабочий орган 6 приводится во вращение и производит разрушение материала как между собственно витками пружины, так и с заклиниванием между ними мелющих шариков. Мелющие тела могут отделяться от обработанного продукта как посредством



Николаев Владимир Павлович родился 27 февраля 1931 г. в с. Лисняки, Яготинского района, Полтавской области. Окончил Сумский агростроительный техникум (1953 г.), Бобруйский автотранспортный техникум (1965 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Строительные, дорожные машины и оборудование» (1971 г.). Пришел на работу в ММИ с должности старшего инженера отдела техники безопасности предприятия 308-26 на должность зав. лабораторией кафедры (1964 г.). Работал на кафедре инженером, ст. инженером НИСа по 1973 г.



Рожков Владимир Никитич родился 24 июня 1920 г. в селе Нежково Бельничского района Могилевской области. Окончил Нежковскую начальную школу (1936 г.), Могилевский водный РАБФАК (1940 г.), военное училище (1943 г.). Военную академию бронетанковых войск (1954 г.). Принят на работу на должность лаборанта кафедры в 1964 г., уволен по собственному желанию в 1972 г. в связи с переходом на другую работу. Участник Великой Отечественной войны.



Наумов Анатолий Федорович родился 7 февраля 1938 г. в г. Могилеве. Окончил Могилевскую среднюю школу (1956 г.), Могилевский машиностроительный техникум по специальности «Строительные и дорожные машины» (1959 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1971 г.). Пришел на работу в ММИ с должности мастера Могилевского завода «Строммашина» на должность лаборанта кафедры (1964 г.).

Работал на кафедре на должностях: зав. лабораторией, ст. научным сотрудником НИСа по 1978 год. Автор научных статей и изобретений.



Сорин Феликс Нотанович родился 13 апреля 1932 г. в г. Могилеве. 24 июня 1941 г. во время эвакуации потерял родителей и оказался на территории, временно оккупированной фашистами. Во время оккупации находился в детдомах, беспризорничал. После освобождения Белоруссии (3 июля 1944 г.) направлен в детдом № 4 г. Минска. Окончил Згурицкую среднюю школу Молдавской ССР (1951 г.), Одесский институт инженеров морского флота (1956 г.) по специальности «Оборудование и механизация портов».

Пришел на работу в ММИ с должности главного механика Чаусского овощесушильного завода (1964 г.). Избран по конкурсу на должность ассистента кафедры в 1964 г. С 1966 г. старший преподаватель кафедры. Уволен в 1989 г. по собственному желанию в связи с переходом на другую работу. Автор научных публикаций и изобретений.

Первый выпуск кафедры состоялся в 1965 г. Среди первых выпускников кафедры были будущие преподаватели института Алехнович Б. А. и Плакс М. Я. Алехнович Б. А. распределился на работу ассистентом кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование», а Плакс М. Я. ассистентом кафедры «Детали машин». В 1966 г. после окончания аспирантуры БПИ по распределению на кафедру прибыл молодой преподаватель Савицкий В. П., который впоследствии с 1974 по 1985 гг. был заведующим кафедрой. В 1966 г. на кафедру прибыли два доц.: Малеванная С. В. и Аладьев А. Н.



Савицкий Вячеслав Петрович родился 12 апреля 1939 г. в г. Минске. Окончил среднюю школу г. Минска (1956 г.), Белорусский политехнический институт по специальности «Разработка торфяных месторождений» (1961 г.), аспирантуру Белорусского политехнического института по специальности «Разработка торфяных месторождений» (1966 г.). Направлен на работу после окончания аспирантуры по распределению ассистентом кафедры (1966 г.). Защитил кандидатскую диссертацию в Белорусском политехническом институте (1972 г.). С 1974 по 1985 гг. заведующий кафедрой. Автор 112 научных и методических работ, в том числе, одного учебного пособия и 19 изобретений. Награжден грамотой Министерства образования Республики Беларусь. В настоящее время работает доц. БНТУ, г. Минск.

Игольчатый измельчитель включает в себя основание 1, камеру для обработки материала 2 с устройствами для загрузки 3 и выгрузки 4 материала и установленным в ней с возможностью вращения ротором 5 с рабочим органом 6, оснащенным игольчатыми элементами 7. Ротор 5 установлен в опорах и через муфту связан с приводным электродвигателем. Зоны входа 10 и выхода 11 материала из рабочего пространства, где происходит процесс измельчения разделены перегородкой 12.

Агрегат для сушки минеральных материалов. Улучшение условий теплопередачи обеспечивается за счет выполнения рабочих поверхностей в виде пакетов пружин, образующих зигзагообразные трассы движения материала. Вся конструкция представленная на рис. 14 монтируется в коробе, установленном на упругих опорах с возможностью виброколебаний. Система работает по принципу кипящего слоя в режиме противотока с подачей газового агента в нижнюю часть короба. Наиболее целесообразно данный агрегат использовать для сушки и разделения минеральных материалов на асфальтобетонных заводах.

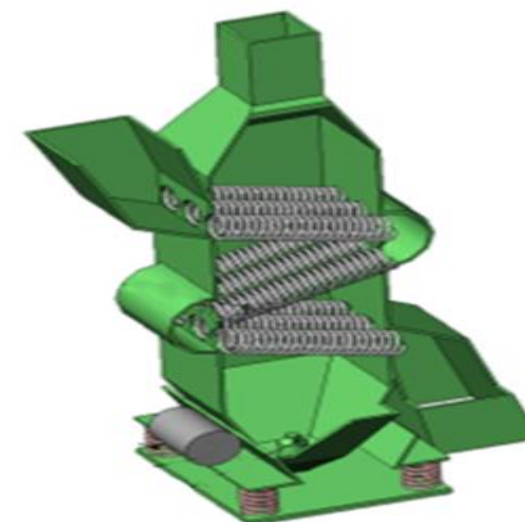


Рис. 14. Агрегат для сушки минеральных материалов

Агрегат способен работать с высокими удельными показателями сушки. Для ряда продуктов, например глины, можно организовать режим обогащения или классификации.

Виброуплотнитель строительных смесей. С его помощью повышение эффективности уплотнения достигается путем выполнения виброизлучателя в виде упругого элемента, например, пружины. На рис. 15 изображен виброуплотнитель, где в качестве привода используется перфоратор, боек которого приводит в колебательное движение свободный конец пружины. Второй конец пружины жестко связан через штанги с корпусом перфоратора. Может работать как в режиме штыкования, так и в режиме протяжки, в т. ч. и при наборе излучательных элементов в кассеты. Возможен целый ряд конструктивных исполнений, в т. ч. на базе электроперфоратора, вибратора с гибким валом или на крановом подвесе.

ны для тонкого помола и деспергирования материалов твердостью до 5–6 по шкале Мооса, механоактивации строительных смесей, приготовления композиций различных веществ. Одна из таких установок – смеситель-активатор и пример монтажа в ней рабочего оборудования изображены на рис. 10 и 11.

Смеситель-активатор содержит наклонный желобчатый корпус, в котором последовательно друг за другом установлены дугообразно изогнутые вращающиеся пружины, концы которых смонтированы в подшипниковых опорах.



Рис. 10. Общий вид смесителя-активатора



Рис. 11. Монтаж рабочего оборудования

Аппарат обеспечивает домол, смешивание и механоактивацию исходных компонентов. Производительность по проходу составляет 25–50 т/час.

Игольчатый измельчитель. Для измельчения волокнистых материалов органического происхождения можно использовать игольчатый измельчитель. Схема рабочего органа такого аппарата и его исполнение даны на рис. 13 и 14. Идеологией его создания является выполнение рабочих элементов в виде стержней (иголок), закрепленных на роторе, торцы которых обладают повышенной виброактивностью и имеют рельефные рабочие поверхности.

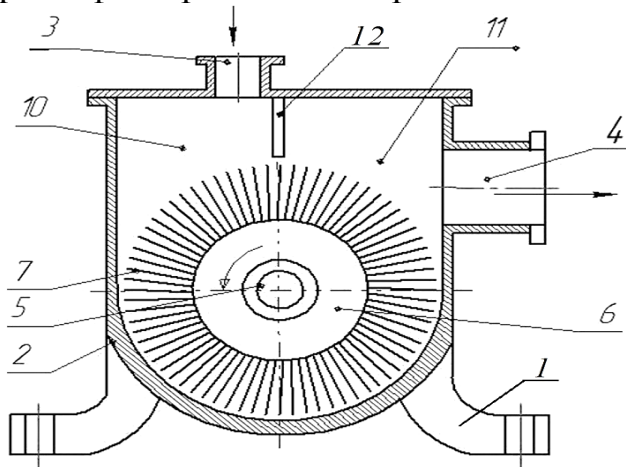


Рис. 12. Схема игольчатого измельчителя



Рис. 13. Общий вид игольчатого измельчителя



Алехнович Борис Апполинарьевич родился 3 сентября 1941 г. в г. Кричеве, Могилевской области. Окончил 7 классов Могилевской средней школы № 8 (1956 г.), Могилевский машиностроительный техникум по специальности «Технология машиностроения», Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1965 г.). Избран по конкурсу ассистентом кафедры в 1967 г., уволен из ММИ по собственному желанию в 1970 г. в связи с переходом на другую работу. Имеет научные публикации.



Малеванная Софья Васильевна родилась 17 октября 1917 г. в г. Боготол Красноярского края. Окончила Прокопьевский горный техникум (1938 г.), Томский индустриальный институт им. С.М. Кирова по специальности «Горная электромеханика» (1944 г. с отличием). Защитила кандидатскую диссертацию в Харьковском институте горного машиностроения, автоматики и вычислительной техники (1963 г.). Пришла на работу в ММИ с должности начальника лаборатории механизации подземного транспорта, старшего

научного сотрудника Кузнецкого научно-исследовательского угольного института. Избрана по конкурсу на должность доцента кафедры в 1967 г., где работала по 1990 г. до ухода на пенсию. Малеванная С. В. автор многих научных работ, включая статьи, монографии и изобретения. Награждена медалью «За трудовое отличие» (1950 г.); юбилейной медалью «Сорок лет победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (1985 г.); медалью «За восстановление шахт Донбасса» (1947 г.).



Аладьев Анатолий Николаевич родился 25 июля 1935 г. в д. Слободка Шкловского района, Могилевской области. Окончил среднюю школу в г.п. Копысь Оршанского района Витебской области (1953 г.), Московский горный институт по специальности «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» (1958 г., с отличием), аспирантуру Московского горного института (1967 г.). Направлен после окончания Московского горного института на работу в г. Экибастуз Павлодарской области Казахской ССР на разрез «Иртышуголь».

Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Горные машины для механизации открытых горных работ» в Московском горном институте (1967 г.). Пришел на работу в ММИ с должности ст. научного сотрудника, начальника лаборатории механизации открытых горных работ Карагандинского института «Гипроуглегормаш». Избран по конкурсу на должность доцента кафедры с 01.09.1967 г. Работал деканом машиностроительного и транспортного факультетов ММИ (с 1968 по 1975 гг.), проректором по учебной работе Могилевского технологического института (с 1975 по 1979 гг.). С 1988 г. доц. кафедры ПТМиО. Автор научных статей и публикаций.

В это же время на кафедре выполняются первые хоздоговорные и госбюджетные научно-исследовательские работы, развивается студенческая научная работа, которая всячески стимулируется и поддерживается заведующим кафедрой. По распределению после окончания кафедры ПТМиО пришли ассистентами Пискун И. А. (1967 г.) и Жариков В. С. (1968 г.). Жариков В. С. первым из выпускников кафедры в Московском горном институте защитил кандидатскую диссертацию (1974 г.). В 1970 г. по конкурсу на кафедру избран Сипайло Г. В.



Пискун Иван Александрович родился 8 мая 1937 г. в д. Я-Каменка Бобруйского района Могилевской области. Окончил 7 классов Я-Каменской средней школы (1952 г.), Бобруйский автотракторный техникум (1956 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1967 г. с отличием). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры (1968 г.). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Транспортные машины и комплексы в Свердловском



горном институте (1981 г.). Работал на кафедре доц. до ухода на пенсию (1998 г.). Автор более 50 научных работ, включая статьи и изобретения. Жариков Виктор Сергеевич родился 29 апреля 1946 г. в г. Могилеве. Окончил среднюю школу в г. Могилеве, Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1968 г.), аспирантуру Московского горного института (1973 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры (1968 г.). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Горные машины и оборудование» в Московском горном институте (1974 г.).

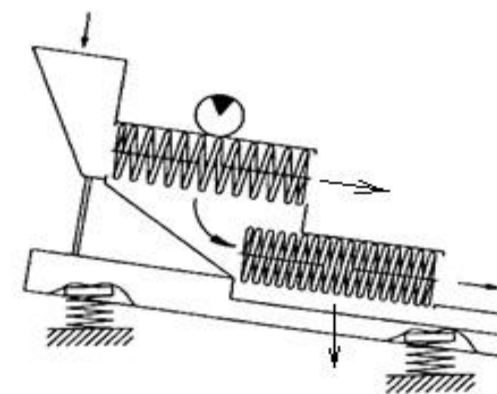


Рис. 6. Принципиальная схема пружинного грохота



Рис. 7. Пружинный грохот промышленного назначения

Просеивающей поверхностью грохота является пружина, связанная с механизмом колебаний. Подлежащий разделению материал загружается в полость пружины, где под действием вибрации мелкая (подрешетная) фракция просыпается через зазоры между витками, а крупная (надрешетная) выводится через нижнее отверстие полости пружины. Граница разделения регулируется изменением зазора между витками и находится в диапазоне 0,5–5,0 мм. Агрегат способен работать на материале влажностью 3–8 % с эффективностью разделения 85–96 %. Изменением зазора между витками пружины обеспечивается получение требуемой границы разделения и компенсируется их износ.

Пружинная мельница. Принципиальная схема пружинной мельницы и механизм разрушения рабочим органом представлены на рис. 8 и 9.

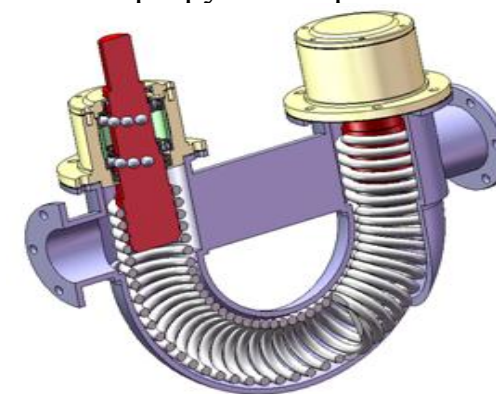


Рис. 8. Принципиальная схема пружинной мельницы

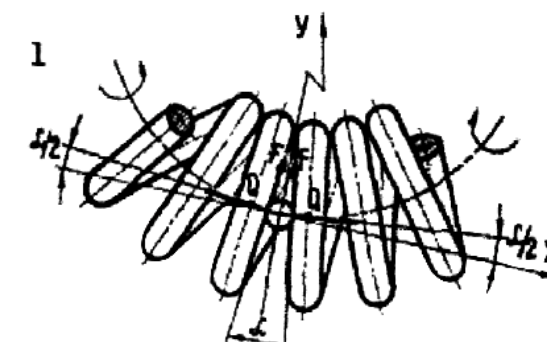


Рис. 9. Механизм разрушения материала

В самом общем виде такой аппарат представляет собой установленную в опорах вращения изогнутую пружину, связанную с приводом и помещенную в рабочую камеру с обрабатываемым материалом. Разрушение материала происходит в сходящихся клиновых пространствах между витками. Пружинные мельницы отличаются чрезвычайным конструктивным многообразием, защищены 150 изобретениями. Таких аппаратов насчитывается около 800 единиц с более 60 различных технических решений и производительностью от 1 кг до 50 тонн в час. Такие машины перспектив-

обеспечивает целенаправленное управление закономерностями процесса разрушения обрабатываемого материала. Это, в свою очередь, способствует стабилизации зернового состава продуктов измельчения, снижению энергопотребления за счет минимизации трения между торцами бил и внутренней поверхности корпуса, а также проведению селективного измельчения, что чрезвычайно важно для обогащительных процессов.

Дробилки с вертикальным корпусом разработаны более 20 лет назад и к настоящему времени насчитывают более 7 типоразмеров с диаметрами рабочей камеры от 0,4 до 1,5 м и производительностью от 0,1 до 100 т/час. Всего изготовлено около 100 таких дробилок, которые используются при переработке силикатных масс, фрезерного торфа, известняков, угля, фуражного зерна, глины, гранитного отсева, золотоносной руды и др. материалов. Их технические характеристики на 30–50 % превышают показатели аналогичного оборудования.

Стержневая вибрационная мельница. В рабочей камере мельницы (рис. 5) на качающейся под действием виброинерционного привода платформе встроена кассета дугообразно изогнутых стержней или рессор. Разрушение материала исходной крупностью до 50 мм происходит в серповидных пространствах между основанием лотка и стержнями. Агрегат может измельчать материалы любой прочности. Он не имеет мировых аналогов. В настоящее время ведутся работы по созданию на базе такой установки промышленного аппарата для измельчения цементного клинкера производительностью 50–75 т/час.

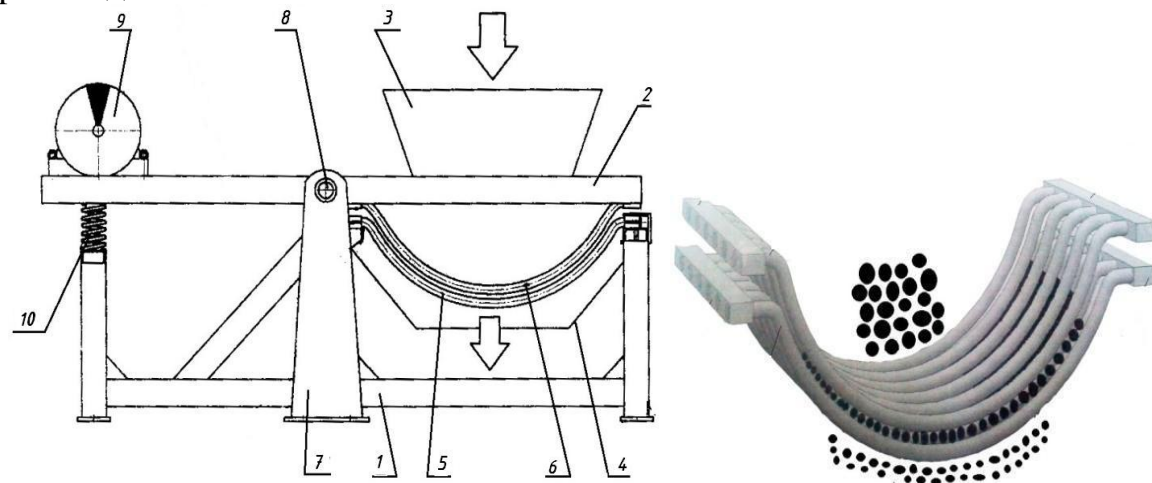
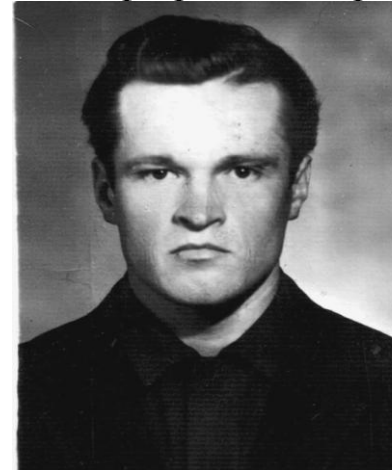


Рис. 5. Стержневая вибрационная мельница: 1 – рама; 2 – платформа; 3 – патрубок для загрузки; 4 – патрубок для выгрузки; 5 – неподвижная кассета стержней; 6 – подвижная кассета стержней; 7 – стойка; 8 – ось; 9 – вибратор; 10 – возвратный механизм.

Грохот вибрационный пружинный. Принципиальная схема пружинного грохота изображена на рис. 6, а вариант его практической реализации – рис. 7.

Работал в ММИ ассистентом, старшим преподавателем, доцентом, деканом транспортного факультета. С 1982 по 1986 гг. командирован в Алжир в университет г. Аннаба. С 1989 по 1991 гг. начальник отдела внешне-экономических связей Могилевского облисполкома, зам. генерального директора СП «ВЕМО», зам. генерального директора МПО «Мясомолпром».

Автор 107 научных работ, в том числе 15 изобретений и учебных пособий. Награжден почетной грамотой Президиума Верховного Совета БССР, знаком «Изобретатель СССР». В настоящее время работает доцентом кафедры «Коммерческая деятельность» университета.



Сипайло Геннадий Владимирович родился 12 ноября 1937 года в д. Гусланка Могилевского района Могилевской области. Окончил Дашковскую среднюю школу (1954 г.), Вологодский молочный институт по специальности «Технология машиностроения» (1959 г.). Пришел на работу в ММИ с должности инженера-конструктора Могилевского завода «Строммашина» (1970 г.). Избран по конкурсу на должность ассистента кафедры в 1970 г. Уволен из ММИ по собственному желанию в 1975 г. в связи с переходом на другую работу. Имеет научные публикации и изобретения.

Тенденция пополнения коллектива преподавателей кафедры своими же выпускниками сохранялась и в дальнейшем: Божик Н. Н., Борисов Н. К. (1969 г.); Костюшко А. Н., Мышковский К.П. (1970 г.); Дедков А. К., Бажков Д. Ф. (1971 г.); Лягушев Г. С. (1972 г.); Береснев А. Ф. (1974 г.); Березнев Л. В. (1977г.); Гурин В. Н. (1976 г.); Михальков В. С. (1976 г.); Кравец Н. Ф. (1985г.).



Божик Николай Николаевич родился 11 июня 1940 г. в д. Огородники, Каменецкого района, Брестской области. Окончил 7 классов Огороднической семилетней школы (1954 г.), Брестское медицинское училище по специальности «фельдшер» (1957 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1969 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры (1969 г.). С 1972 г. старший преподаватель кафедры.

Уволен из ММИ по собственному желанию в 1985 году в связи с переходом на другую работу. Автор научных публикаций и изобретений.



Борисов Николай Константинович родился 2 октября 1946 г. в г. Кременчуге Полтавской области, Украина. Окончил 10 классов средней школы № 24 г. Могилева (1963 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1969 г.), аспирантуру кафедры (1976 г.). После окончания ММИ направлен по распределению ассистентом кафедры (1969 г.). После окончания аспирантуры в 1976 году направлен на кафедру «Детали машин» ММИ на должность ст. препода-

вателя. В 1991 г. был переведен на кафедру СДПТМиО на должность доц.

В 2011 г. был избран по конкурсу на кафедру АСУ на должность доц. В 2013 г. в результате реформирования кафедры АСУ был переведен на должность доц. кафедры «Программное обеспечение информационных систем», где работает в настоящее время. Автор 20 научных работ, в том числе 10 изобретений.



Костюшко Анатолий Николаевич родился 12 мая 1945 г. в г. Могилеве. Окончил 8 классов средней школы № 3, Могилевский машиностроительный техникум по специальности «Технология сварочного производства» (1965 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1970 г.), аспирантуру кафедры (1975 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры (1970 г.). С 1992 г. старший преподаватель ка-

фадры ПТМиО. Автор 20 научных работ, в том числе 3 изобретений. В настоящее время старший преподаватель кафедры СДПТМ и О.



Мышковский Константин Павлович родился 2 сентября 1944 г. в г. Осиповичи, Могилевской области. Окончил Осиповичскую среднюю школу № 3 (1961 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1970 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом (1970 г.). Уволен из ММИ в 1977 г. по собственному желанию в связи с переходом на другую работу. Работал начальником экспериментального производства, главным инженером ПО «Могилевтрансмаш». Автор науч-

ского назначения. Эти дробилки позволяют эффективно измельчать бой кирпича, отходы бетона, глину, мрамор, известняк, древесину, стеклобой, шлак, различные спеки, песчанник и т. д., обеспечивает качественное микро смешивание усредненных композиций и их механоактивацию. Конструкция проста и удобна в работе.

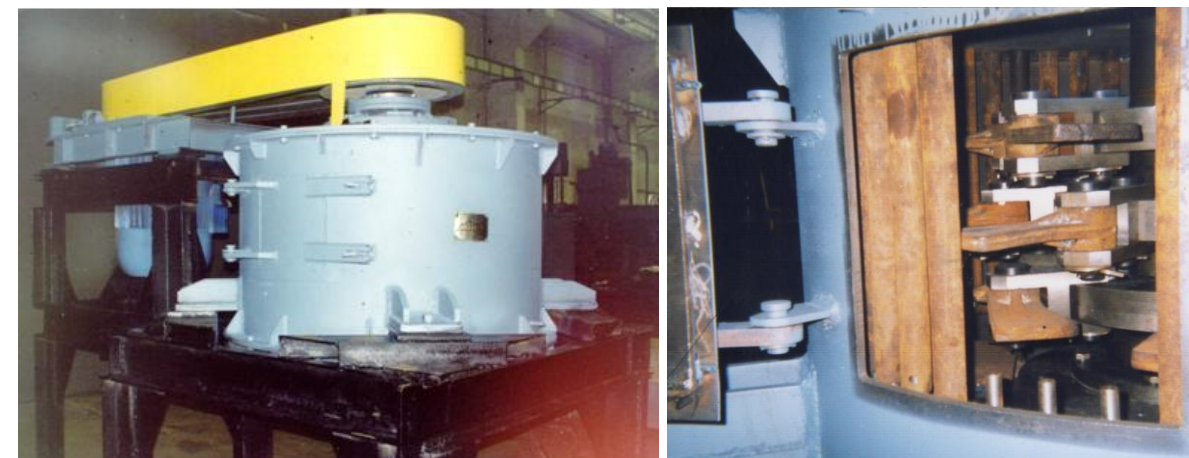


Рис. 3. Молотковая дробилка с вертикальным ротором

Молотковая дробилка с наклонным корпусом (рис. 4), содержит цилиндрический корпус с загрузочным и выгрузочным устройствами, установленный на жесткой раме под углом к горизонту, привод и ротор с шарнирно закрепленными на нем ударными элементами, секции которых образуют между собой свободные зоны. Кроме того, в корпус возможно дополнительно установить патрубки, которые могут применяться для подачи в камеру дробления дополнительных компонентов, для своевременного вывода из камеры дробления целевой фракции и для подачи в камеру дробления охлаждающего или теплового газового агента.



Рис. 4. Молотковая дробилка с наклонным корпусом

Использование данной дробилки за счет выполнения отдельных секций рабочего оборудования и установки корпуса под углом к горизонту

Работает рыхлитель следующим образом. Материал питателем подается в емкость рыхлителя и попадает на колосниковую решетку. Конструкция колосниковой решетки выполняет функции предохранительного устройства, а ее возможный наклон под углом $5...7^\circ$ к горизонту дает возможность удалять посторонние не измельчаемые включения. Вращающиеся резцы срезают материал с поверхности колосниковой решетки и продавливают его через нее. Полученный таким образом материал поступает на дальнейшую переработку.

Универсальность и простота конструкции позволяет производить процесс рыхления и измельчения, эффективно обрабатывать различные материалы без перенастройки. Самоочищающийся рабочий орган прост в обслуживании и при необходимости легко перенастраивается. Необходимая мощность привода рыхлителя для переработки материала карьерной влажностью 20–26 % при производительности 50 т/ч составляет 25–30 кВт.

Рыхлитель реечный. В реечном рыхлителе (рис. 2) рабочий процесс обеспечивается встречным движением зубчатых реек, зубья которых полойно срезают частицы крупнокускового материала, загруженного в бункер. Разработаны различные варианты такого агрегата, в том числе с удалением крупных каменных и не дробимых включений.

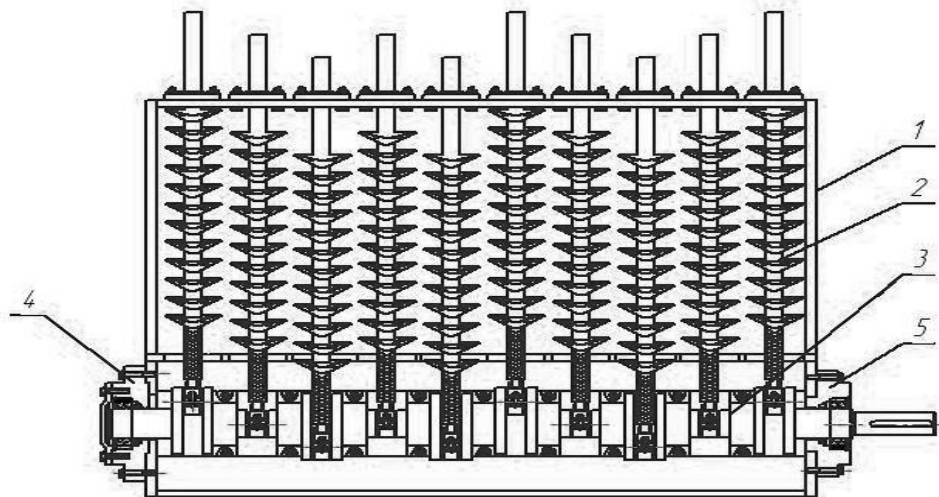


Рис. 2. Рыхлитель реечный: 1 – бункер; 2 – зубчатая рейка; 3 – эксцентриковый вал; 4,5 – опоры

Дробилки ударного действия. Молотковая дробилка с вертикальным ротором (рис. 3) состоит из корпуса цилиндрической формы, ротора с закрепленными на нем ударными элементами, привода и устройств для загрузки исходного и выгрузки измельченного продукта. Дробилка способна измельчать материалы начальной крупностью до 100 мм, прочностью до 100–120 МПа и влажностью до 17–18 %. Крупность измельчаемой фракции менее 3–5 мм. Данный аппарат обладает широким типоразмерным рядом (диаметр корпуса может достигать 1500 мм) и значительно отличаться по компоновке и виду ударных элементов в зависимости от технологиче-

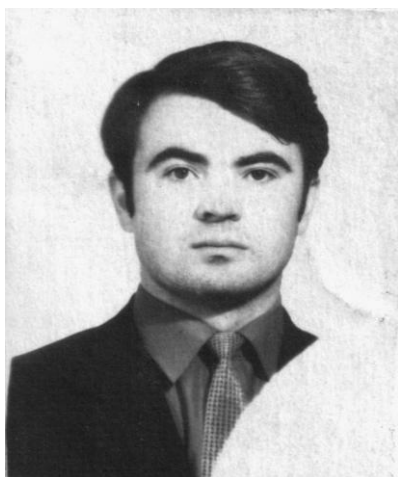
ских публикаций, в том числе 6 изобретений. В настоящее время работает преподавателем Могилевского филиала РИВШ.



Бажков Дмитрий Федорович родился 2 января 1949 г. в г.п. Кареличи, Гродненской области. Окончил Кареличскую среднюю школу (1966 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1971 г., с отличием), аспирантуру кафедры «Транспортные машины и комплексы» Московского горного института (1975 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры (1971 г.). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Горные машины и оборудование» в Московском горном институте (1975 г.), доц. канд. техн. наук. Уволен с кафедры ПТМиО по собственному желанию в 1979 году в связи с переходом на другую работу. Автор научных статей и изобретений.



Лягушев Геннадий Степанович родился 22 января 1948 г. в д. Пасырево, Круглянского района, Могилевской области. Окончил 8 классов Круглянской средней школы (1963 г.), Могилевский политехнический техникум по специальности «Технология сварочного производства» (1967 г., с отличием), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1972 г., с отличием), аспирантуру кафедры (1977 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры (1972 г.). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» в Харьковском политехническом институте (1987 г.). С 1972 г. ассистент, ст. преподаватель, доц. кафедры. С 1988 по 1990 гг. был избран и работал секретарем партийного комитета ММИ. С 1990 по 1994 гг. заведующий кафедрой. В настоящее время доц. кафедры. Автор 78 научных работ, в том числе 19 изобретений и патентов, 4 монографий, 1 учебного пособия. Член научно-технического Совета ГОСПРОМНАДЗОРА Республики Беларусь, член редакционной коллегии журнала «Инженер-механик». Награжден медалью «За доблестный труд», знаком «Изобретатель СССР».



Береснев Александр Федорович родился 15 апреля 1945 г. на ст. Гребенка Полтавской области Украинской ССР. Окончил среднюю школу (1962 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1971 г.). Пришел на работу в ММИ с должности инженера-конструктора Могилевского лифтостроительного завода на должность старшего лаборанта кафедры. В 1974 г. избран по конкурсу на должность ассистента кафедры. Уволен из ММИ по

собственному желанию в 1979 г. Имеет научные публикации и изобретения.



Березнев Леонид Владимирович родился 14 ноября 1952 г. в г. София, Болгария. Окончил среднюю школу № 1 г.п. Бельнич (1970 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1975 г.); аспирантуру кафедры (заочно, 1983 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению на работу в г. Молодечно, механический завод «Спутник». Пришел в ММИ с должности инженера-конструктора Молодечненского механического

завода «Спутник» на должность инженера НИСа в 1976 г. Избран по конкурсу на должность ассистента кафедры в 1978 г. Уволен из ММИ по собственному желанию в связи с переходом на другую работу в 1984 г. Имеет научные работы, включая статьи, авторские свидетельства.



Михальков Владимир Сергеевич родился 14 сентября 1949 г. в г. Могилеве. Окончил 8 классов средней школы № 39 г. Могилева (1964 г.), среднюю школу № 12 г. Могилева (1966 г.), ММИ по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1975 г.), аспирантуру кафедры (1982 г.). С 1968 по 1970 гг. служба в Советской Армии. Работал штамповщиком на заводе «Строммашина. После окончания института работал в НИС ММИ инженером, младшим научным сотрудником и ст. научным сотрудником.

С 1979 по 1982 гг. аспирант кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование», затем ассистент, ст. преподаватель. В 1993 г. в Институте проблем использования природных ресурсов и экологии НАН за-

вое оборудование. По нашему мнению, даже такие уникальные агрегаты, как трубная шаровая мельница или вращающаяся печь могут быть заменены вибрационными машинами, кардинально отличающимися от известных.

Из достаточно простых в техническом отношении направлений практической реализации технологической вибротехники можно считать следующие:

- совмещение в одном агрегате нескольких функций, например, измельчения и сушки; помола и смешивания; сушки в условиях пневмотранспорта, классификации и обогащения; помола и сепарации; механоактивации и уплотнения и т. д.;

- разработка и реализация адаптивных методов переработки дисперсных материалов, обеспечивающих приспособление рабочего оборудования к свойствам обрабатываемых продуктов, например, на основе повышенной деформационной способности рабочих органов или их больших степенях свободы движения;

- выполнение рабочих органов в качестве собственно виброизлучателей, осуществляющих непосредственное воздействие на обрабатываемый материал – пружин, рессор, щёток, стержней, пластин, отрезков канатов, проволоки, оболочек и т. д.

Ниже представлены варианты оборудования, в основу которых положен принцип технологической вибротехники.

Рыхлитель роторно-стержневой. Рыхлитель, представленный на рис. 1, предназначен для рыхления и измельчения влажных рыхлых пород, негабаритов, смерзшегося песка, удаления крупных включений, подготовки исходного материала для последующего грохочения и обогащения. Рыхлитель представляет собой бункер 1 для поступления на переработку влажного кускового материала, ротор 2 с резцами 3 установленный в подшипниковых опорах, под небольшим углом по направлению вращения, привод 4 и лоток 5 для сброса не дробимых включений.

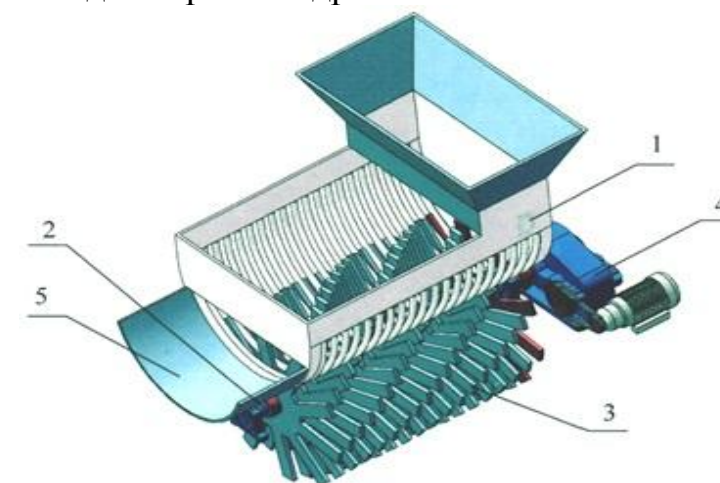


Рис. 1. Рыхлитель роторно-стержневой

следствием которой является обоснование целесообразности и формирование новой отрасли промышленности – технологического машиностроения и реализация неиспользованных ранее резервов энерго- и ресурсосбережения.

Концепция и основные направления совершенствования технологического оборудования

Базой для создания высокоэффективного оборудования может служить технологическая вибротехника, под которой следует понимать комплекс различных технологий, оборудования, методов расчета и управления, основанных на применении вибрационных и динамических воздействий при переработке сырья и материалов в промышленном производстве. Областью ее применения является дробление и помол, смешивание, гранулирование, уплотнение, классификация, сушка, механоактивация и множество других процессов, являющихся самыми объемными и затратными в структуре современной промышленности.

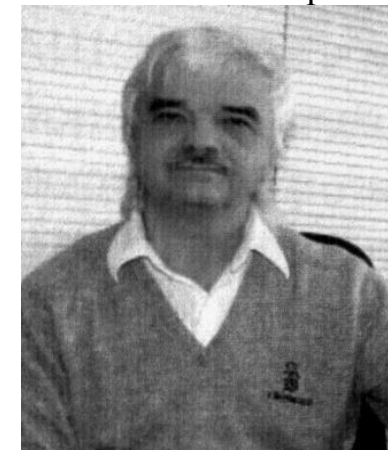
Уникальность существующих методов вибротехники обусловлена широтой кинематических возможностей, повышенной энергонапряженностью, простотой приводного механизма, малой металлоемкостью и, что особенно важно, созданием особых условий проведения рабочих процессов. К их числу следует отнести: эффект тиксотропного «разжижения» структуры дисперсного материала, переориентации зерен твердых частиц, снижение трения между ними, концентрации энергии и выброс её в виде кратковременного импульса, управление потоками движения дисперсных сред.

Следствием этих эффектов и закономерностей является чрезвычайно высокая технологическая эффективность применения методов вибротехники в промышленном производстве. Например, существующая технология приготовления бетонных смесей и работа с ними практически полностью производится с применением вибрационных машин, наиболее эффективными агрегатами для дробления особо прочных пород являются конусно-инерционные дробилки, а для устройства свайных фундаментов широко используются вибропогружатели.

Важным конъюнктурным фактором, определяющим самое широкое использование вибрационных машин в технологических процессах переработки веществ, является высокий уровень современной вибрационной механики, наличие большого числа высококвалифицированных специалистов и научных школ и необходимая степень готовности выполненных, но, к сожалению, разрозненных разработок многоцелевого назначения [4].

Особого внимания заслуживают перспективы распространения методов технологической вибротехники на процессы переработки дисперсных материалов, которые ранее осуществлялись традиционными методами, причем для многих применений необходимо создавать принципиально но-

визировать кандидатскую диссертацию. С 1994 г. ст. преподаватель кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения», а затем доц. Автор 72 научных работ, в т. ч. 14 изобретений и патентов. Возглавляет частное предприятие ОДО «Трепел-М». В рамках Государственной программы «Инновационные биотехнологии» на 2010–2015 гг. выполняет работу по изучению эффективности использования трепела месторождения «Стальное» Хотимского района.



Кравец Николай Федорович родился 9 ноября 1945 г. в д. Зашевичи Любаньского района Минской области. Окончил Чепелинскую среднюю школу Солигорского района (1962 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» (1971 г.), аспирантуру кафедры «Транспортные машины и комплексы» Московского горного института (1983 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ассистентом кафедры «Детали машин»

(1971 г.). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Горные машины и оборудование» Московского горного института (1983 г.). С 1985 по 1990 гг. заведующий кафедрой ПТМиО. С 1990 по 1994 гг. доц. кафедры ПТМиО. С 1994 по 2013 гг. доц. кафедры «Основы проектирования машин». В настоящее время председатель научно-технического производственного кооператива НПК «НАУКА». Автор более 50 научных публикаций, изобретений и патентов.

В 1971 г. кафедру возглавил д-р техн. наук, проф. Борохович А. И. В этом же году на кафедру по конкурсу был избран доц., канд. техн. наук Иванов В. И. Начало 70-х годов с приходом Бороховича А. И., Иванова В. И. и Савицкого В. П. характеризуется всплеском и выходом на качественно новый уровень в целом работы кафедры и прежде всего научных исследований: при кафедре открывается аспирантура, существенно увеличиваются объемы хозяйственных работ, при выполнении которых решаются важнейшие научно-технические проблемы на предприятиях г. Могилева, Могилевской области, России и Украины.



Иванов Виктор Иванович родился 5 мая 1938 г. в деревне Мамлютка Североказахстанской области. Окончил 10 классов Петропавловской средней школы (1955 г.) с серебряной медалью, Московский институт инженеров транспорта по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» (1960 г.), аспирантуру по специальности «Трение и износ в машинах» при Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта (1967 г.), десятимесячные курсы изучения французского языка при Ленинградском университете им. А. А. Жданова (1983 г.). Защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта (г. Свердловск). Пришел на работу в ММИ с должности старшего научного сотрудника лаборатории механизации погрузочно-разгрузочных работ Уральского отделения центрального научно-исследовательского института МПС, г.Свердловск. Избран по конкурсу на должность доц. кафедры в 1971 г. В 1983 г. командирован в Алжир, Университет в г. Аннаба, где работал в течение четырех лет в институте механики. За время работы в Алжире опубликовано пять методических пособий для алжирских студентов на французском языке. Автор более 70 научных работ, в т. ч. 15 изобретений, двух монографий. Подготовлен канд. техн. наук и магистр. В 1967 г. за успехи в народном хозяйстве СССР награжден бронзовой медалью ВДНХ. Работает на кафедре СДПТМиО по настоящее время.

В 1971 г. целевую аспирантуру в Москву направляются: Бажков Д. Ф. (Московский горный институт) и Дедков А. К. (Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана), которые в 1975 г. успешно защитили кандидатские диссертации. Выполняются научно-исследовательские работы по повышению эффективности компрессорного хозяйства ПО «Химволокно» (руководитель Борохович А. И., Наумов А. Ф.), совершенствованию лифтов (руководитель Иванов В. И.), конвейерного транспорта (руководитель Жариков В. С., Пискун И. А.), пневмоконтейнерного транспорта (руководитель Савицкий В. П.).

В 1978 г. Иванов Е. Е. первым из аспирантов кафедры защитил кандидатскую диссертацию. Успешно закончили аспирантуру и защитили кандидатские диссертации аспиранты кафедры Сергомасов В. Д. (1979 г.), Пискун И. А. (1980 г.), Лягушев Г. С. (1987 г.), Михальков В. С. (1994 г.). В разные годы аспирантами кафедры были: Костюшко А. Н., Прокопов И. И., Коваль Н. С., Вольтер А. Е., Березнев Л. В., Пурижинский Э. М., Гурин В. Н., Жолудева И. И. Таиров Е. Т. и др.

С 1985 по 1990 гг. кафедру возглавлял доц. Кравец Н. Ф., а с 1990 по 1994 гг. доц. Лягушев Г. С.

В 1988 г. в НИС кафедры пришел на работу Матвеев В. И., а в 1992 г. на должность ассистента был избран Антипенко Г. Л.

УДК 621.926

*Л. А. Сиваченко, д-р техн. наук, проф.; О. В. Голушкова, канд. техн. наук, доц.; *Н. В. Курочкин; Е. А. Шаройкина; А. П. Явенков*
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ЗАО «ЗАПАГРОМАШ», г.Минск

НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье проанализировано состояние промышленных технологий производства сырья и материалов. Предлагается использование ряда нового оборудования для производства строительных материалов.

Введение

Вопросы развития технологического машиностроения [1–3] показывают актуальность этой сферы производственной деятельности и дают представление о реальных перспективах перевооружения промышленности, но не раскрывают путей их реализации. Суть современного этапа развития заключается не в эволюционных изменениях, а в смене технологических укладов.

Анализ состояния ряда промышленных технологий производства многих видов сырья и материалов показывает, что они не только очень затратны, но и крайне несовершенны. При этом возникает риторический вопрос: **“Чем обусловлено такое состояние и что делать?”**. Ответ на первую часть вопроса был дан в работе [1]. Ответ на вторую часть вопроса не может быть однозначным. По сути это целый комплекс взаимосвязанных положений, оценок и предложений.

Основу определяет алгоритм действий. Это последовательность следующего приоритета: сырье – технологии – базовое оборудование – технологический комплекс – производственная структура – готовый продукт. За этой простой с виду цепочкой функциональных позиций кроется сложный механизм, требующий учета всех явлений и закономерностей. Его основная идея – найти неизвестные ранее резервы и обеспечить их техническое воплощение.

В мире уже накоплен огромный массив технологических и технических решений, но их системное представление отсутствует. Особенно тяжелое положение с оборудованием для крупнотоннажных производств. Такое оборудование сложно моделировать, а тем более проводить апробацию новых технических решений, но основной преградой на пути перевооружения является нежелание производителей отказываться от выпуска металлоемких и дорогостоящих машин и осваивать производство новых, более совершенных, что грозит им спадом производства.

Правильное понимание методов и механизмов решения этой проблемы дает энерготехнологическая концепция национальной безопасности,

дится оценка нагруженности фрикционов. Для определения нагрузок, действующих в элементах планетарных механизмов, необходимо составить систему уравнений равновесия звеньев коробки передач.

На третьем этапе определяются мощности, передаваемые элементами планетарных механизмов, путем произведения вращающего момента на угловую скорость элемента. Мощность, передаваемая элементами планетарных механизмов, комплексно характеризует нагруженность зубчатых колес и подшипников сателлитов. Для сателлитов и их подшипников рассматривается мощность на соответствующих водилах. При наличии в схеме замкнутых контуров возможна циркуляция мощности. При этом значение мощности на некоторых звеньях превышает значение входной мощности, что ведет к увеличению нагрузок и во многих случаях к снижению КПД зубчатого механизма. Рекомендуется по возможности не допускать циркуляцию мощности на передачах переднего хода. На передачах заднего хода циркуляция мощности допускается, так как они используются сравнительно редко.

При проведении *анализа конструктивных свойств коробки передач* производится оценка надежности фрикционных элементов при включении, сложности конструкции и потерь в коробке передач.

При разработке систем управления переключением передач формируют требования к структуре системы и способу реализации алгоритма управления; требование, устанавливающее, с разрывом или без разрыва потока мощности должны осуществляться переключения передач; требования к показателям качества переходных процессов при переключениях, требования к системе управления фрикционными; требования к удобству и легкости управления трансмиссией. Анализируются принципы построения и конструкции автоматических систем, их алгоритмы функционирования, способы управления плавностью и улучшения качества переходных процессов. В процессе проектирования попутно могут решаться задачи структурного и кинематического синтеза подвергаемой дальнейшей автоматизации планетарной коробки передач, при этом руководствуются изложенной выше методикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тарасик, В. П.** Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 512 с.
2. **Тарасик, В. П.** Технологии искусственного интеллекта в диагностировании автотранспортных средств / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 280 с.
3. **Рынкевич, С. А.** Новые технологии и проблемы науки на транспорте / С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 337 с.
4. **Диагностирование гидромеханических передач мобильных машин** / Н. Н. Горбатенко [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. П. Тарасика. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 511 с.



Матвеевко Владимир Иванович родился 21 февраля 1948 г. в д. Маховое Шкловского района Могилевской области. Окончил 4 класса Борковской начальной школы Кировского района (1959 г.), 11 классов Скачковской средней школы Кировского района Могилевской области (1966 г.), Могилевский машиностроительный институт по специальности «Промышленный транспорт» (1972 г.), заочную аспирантуру кафедры «Промышленный транспорт» (1988 г.). Направлен после окончания ММИ по распределению ст. инженером НИСа кафедры «Промышленный транспорт» (1972 г.). С 1988 г. старший научный сотрудник НИСа кафедры. Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» в Белорусской государственной политехнической академии (1999 г.). В настоящее время работает на кафедре СДПТМ и О, доц., канд. техн. наук. Автор 81 научных работ, в том числе 36 изобретений и патентов.



Антипенко Григорий Леонидович родился 2 декабря 1954 г. в д. Никоновичи, Быховского района, Могилевской области. Окончил Никоновичскую среднюю школу (1972 г.), Могилевский машиностроительный институт (1977 г.) по специальности «Автомобили и тракторы», направлен по распределению на Белорусский автомобильный завод, где до 1984 г. работал инженером-конструктором. С 1984 по 1990 гг. заведующий отраслевой научно-исследовательской лабораторией «Системы управления тягово-транспортными машинами» при кафедре «Автомобили» ММИ. В 1991 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Колесные и гусеничные машины» в Белорусском политехническом институте. С 1992 г. ассистент кафедры, с 1994 г. доц. кафедры СДПТМ и О. Автор 100 научных работ, в том числе 42 изобретений и патентов. Соавтор 3 учебных пособий и одной монографии.

Следует также сказать о работниках НИСа кафедры.

С начала 70-х годов кафедра занимала одно из первых мест в институте по объемам хозяйственных работ. В составе НИСа кафедры работали: Наумов А. Ф., Шерemet И. И., Николаев В. П., Орловский В. А., Ганкевич Е. Я., Иванов Е. Е., Сергомассов В. Д., Новик С. А., Фролов А. Л., Ландик М. П., Гичевский С. В., Купреев В. З., Скребунов С. М. и др. Существенный вклад в создание и развитие материально-технической базы кафедры внесли заведующие лабораторией кафедры: Николаев В. П., Наумов А. Ф., Гичевский С. В., Савельев В. А.,

Скребунов С. М., Купреев В. З., Казутина Т. Л.; лаборанты кафедры Кузьмина З. Я., Кирова Л. М., Матвеев О. В., Борисов В. К., Брайнин Ю. Н., Мильвит Ю. В., Парфенов В. Н., Живов В. В., Командиров Н. Н., Ивасивка А. Р., Иванова Л. А., Божик О. Н., Прудников А. Н. и др.

Кафедра ПТМиО всегда гордилась своими выпускниками. За 50 лет кафедру, а после соединения с кафедрой СДМиО, специализацию «Подъемно-транспортные машины» закончили более 2800 студентов. Из них более 30 человек получили дипломы с отличием.

Выпускники кафедры занимали и занимают в настоящее время высокие должности, являясь руководителями промышленных предприятий и государственных органов, частных предприятий. Среди них: генеральный директор ГП «Управляющая компания холдинга «Белорусская цементная компания» Киселев В. А.; и.о. генерального директора ОАО «Могилевлифтмаш» Иванов Н. М.; начальник НТЦ – зам. гл. инженера ОАО «Могилевлифтмаш» Латышкевич В.П.; гл. конструктор ОАО «Могилевлифтмаш» Кожакин Д. И.; начальник треста «Техмонтаж» Биргер С. Ю.; начальник 1-го МУ треста «Техмонтаж» Масальский А. В.; зам. генерального директора ПО «БЕЛАВТОМАЗ» Короткевич Д. В.; Иванов Е. Е., канд. техн. наук, директор института «Техномаш», г. Могилев; Дедков А. К. главный инженер ПО «Креогенмаш», г. Москва, а затем глава администрации г. Балашиха (Москва); Шарепов В. Е. главный инженер ПО «ЖЗТМ», г. Мариуполь (Украина); Пурижинский Э. М. главный инженер фирмы по конструированию контейнеров для летательных аппаратов типа «ШАТЛ», США; Сидоров А. А. генеральный директор УП «ВИПО» г. Витебск и др.

Некоторые из выпускников кафедры связали свою жизнь с силовыми структурами: МЧС Республики Беларусь, спецслужбами Республики Беларусь и России (генерал-лейтенант Крутов Ф. И., полковник Бараночников В. И.) и др.

Многие из выпускников кафедры работают в Белорусско-Российском университете: Комар В. Л. (проректор по АХР университета); Машин Ю. В. (председатель профкома университета); Смоляр А. П. (зав. кафедрой «Начертательная геометрия и черчение»); Михальков В. С. (доц. кафедры «СКЗС» университета).

бираются числа зубьев зубчатых зацеплений для полученных значений кинематических параметров при выполнении условий соосности, сборки и размещения планетарных механизмов.

Для каждого планетарного механизма в отдельности выбираются значения чисел зубьев зубчатых колес. В случае планетарных механизмов, имеющих общие зубчатые колеса, выбор их чисел зубьев должен проводиться одновременно для всех планетарных механизмов.

Далее осуществляют процедуры анализа кинематических схем, которые делятся на процедуры кинематического анализа, анализа нагруженности и потерь и анализа конструктивных свойств коробки передач.

При проведении *кинематического анализа* решаются задачи определения угловых скоростей звеньев планетарных механизмов и относительных угловых скоростей сателлитов и дисков фрикционных элементов управления. Затем производится оценка скоростных режимов работы элементов коробки передач. На первом этапе кинематического анализа определяются угловые скорости элементов планетарных механизмов. Затем определяются относительные угловые скорости сателлитов и дисков фрикционных элементов. Относительные угловые скорости фрикционных элементов являются одним из основных критериев, определяющих работоспособность фрикционов. С ростом мощности и нагрузок увеличиваются размеры фрикционов и соответственно скорость скольжения их дисков. При некоторых критических скоростях возрастает момент трения выключенного фрикциона, что связано с потерей устойчивости его дисков и рядом других факторов.

При проведении *анализа нагруженности и потерь*, включающего три этапа, решаются задачи определения КПД коробки передач, определения нагрузок в звеньях планетарных механизмов, определения моментов, передаваемых фрикционными муфтами и воспринимаемых фрикционными тормозами. Затем производится оценка возможности циркуляции мощности в коробке передач.

На первом этапе анализа нагруженности и потерь определяются коэффициенты полезного действия коробки передач. Основными источниками диссипативных потерь в планетарных коробках передач являются потери в зубчатых зацеплениях, потери на трение в разомкнутых фрикционных муфтах и тормозах и потери в подшипниках сателлитов. Потерями в остальных элементах – подшипниковых опорах звеньев, уплотнениях и др. – обычно пренебрегают, потому что они составляют незначительную долю передаваемой мощности и покрываются сделанными допущениями. Для определения потерь во фрикционных элементах и подшипниках сателлитов необходимо иметь полную информацию о значениях конструктивных параметров (размерах, типах подшипников и др.) планетарной коробки передач, которая на этапе анализа кинематических схем еще неизвестна. Поэтому оценку потерь производят приближенно по методу А.М. Крейнса [4].

На втором этапе анализа нагруженности определяются вращающие моменты, передаваемые элементами планетарных механизмов, и произво-

обобщенной структуры. Так как на данном этапе проектирования количественная оценка показателей невозможна, применяется экспертная оценка по балльной системе. В результате выбирают несколько конкурирующих технических решений, которые затем используются при синтезе кинематической схемы.

Синтез кинематической схемы коробки передач выполняется в несколько этапов: построение иерархических графов возможных структур кинематической схемы; анализ кинематических характеристик элементов трансформации энергии и элементов управления; анализ нагруженности элементов; анализ потерь мощности, определение КПД коробки передач, оценка ее габаритов, выбор вариантов схемы для разработки компоновок.

В процессе функционального проектирования выполняются проектные процедуры синтеза и анализа. При синтезе решаются задачи создания описания кинематической схемы коробки передач и задачи определения значений ее параметров, а при анализе производится оценка этой схемы. Процедуры синтеза делятся на процедуры структурного и параметрического синтеза.

При структурном синтезе планетарной коробки передач определяют количество планетарных механизмов, выбирают их тип и определяют связи элементов планетарных механизмов. Наиболее рациональные типы планетарных механизмов, применяемые в трансмиссиях автомобилей, представлены ниже.

Синтез кинематической схемы коробки передач производится из условия обеспечения заданных передаточных чисел. При этом используются несколько планетарных механизмов, элементы которых могут быть связаны между собой. Связи могут быть постоянными или временными. Постоянные связи образуются путем жесткого соединения элементов планетарных механизмов, а временные – путем их соединения элементами управления. Обычно в качестве элементов управления применяются фрикционные муфты и тормоза. Фрикционная муфта служит для соединения двух элементов планетарных механизмов, а фрикционный тормоз – для соединения элемента планетарного механизма с корпусом коробки передач.

Важным этапом проектирования планетарных ГМП является этап *выбор параметров дифференциальных трансформаторов планетарных коробок передач*.

При этом в процессе параметрического синтеза решаются задачи определения элементов управления, включаемых на каждой конкретной передаче, задачи определения численных значений кинематических параметров и задачи выбора чисел зубьев зубчатых зацеплений. Параметрический синтез планетарной коробки передач производится по известной ее структуре и заданным значениям передаточных чисел и включает несколько этапов.

На первом этапе параметрического синтеза определяются элементы управления, включаемые на каждой конкретной передаче. Для решения этой задачи необходимо найти зависимости передаточных чисел коробки передач при включении тех или иных элементов управления. На втором и третьем этапах определяются значения кинематических параметров и вы-

УДК 378

И. В. Лесковец, канд. техн. наук; Л. А. Сиваченко, д-р техн. наук, проф.; А. Н. Хустенко

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОТРУДНИЧЕСТВО КАФЕДРЫ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ» БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА С КАФЕДРАМИ УНИВЕРСИТЕТОВ СТРАН СНГ

Кафедра «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» (СДПТМиО), созданная в 1964 г., является одной из ведущих в вузе и Республики Беларусь и среди родственных кафедр имеет достаточный авторитет на территории стран бывшего Советского Союза. Она осуществляет подготовку высококвалифицированных специалистов для работы в отрасли, выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в различных областях строительной, дорожной и подъемно-транспортной индустрии. Выпускники кафедры – машиностроители с широким диапазоном профессиональной деятельности.

В 1967 г. стала задача подготовки научных кадров кафедры. За помощью обратились в Московский автомобильно-дорожный институт (МАДИ). Первоначально институт принял на курсы повышения квалификации ряд преподавателей, а затем после окончания аспирантуры был направлен на работу Красильников Л. В. В аспирантуру МАДИ по целевому направлению были направлены Суровегин Ю. В. и Цыганков А. И. (1967 г.), Чижик Е. И. (1969 г.). В аспирантуру СибАДИ был направлен Щемелев А. М. (1968 г.). Все за исключением Цыганкова А. И. в срок аспирантской подготовки защитили кандидатские диссертации и возвратились на работу в ММИ.

Научная работа кафедры начала набирать силу с 1971 г., когда в университете была открыта аспирантура по ряду специальностям, в т. ч. «Строительные, путевые и дорожные машины и оборудование».

На протяжении 45 лет кафедра сотрудничает с МАДИ. В нем защищали свои кандидатские диссертации наши сотрудники: Красильников Л. В. (1969), Чижик Е. И. (1972 г.), Суровегин Ю. В. (1974 г.), Селедцов М. В. (1979 г.), Макаров С. А. (1983 г.), Похвалов С. В. (1986 г.), Алексеева О. В. (1993 г.), Кутузов В. В. (2013 г.). Повышение квалификации в этой кузнице кадров прошли Суровегин Ю. В., Селедцов М. В., Сиваченко Л. А., Партнов С. Б., Хустенко А. Н., Алексеева О. В. и др. Со стороны МАДИ нашими основными партнерами были д-ра техн. наук, проф. Баловнев В. И. и Зорин В. А.

Заслуживает быть отмеченным в плане сотрудничества и Сибирь, т. е. Сибирский автомобильно-дорожный институт (СибАДИ), г. Омск. В нем

учился в аспирантуре и защищал кандидатскую диссертацию Щемелев А. М. (1972 г.), позже в нем также защитились Максименко А. Н. (1980 г.) и Берестов Е. И. (1982 г.). Ряд лет председателем комиссии по защите дипломных проектов был проф. СибАДИ Абрамов С. В.

Позже были установлены научные связи с Ленинградским политехническим институтом (ЛПИ) и Киевским инженерно-строительным институтом (КИСИ). В этих вузах, а также в СибАДИ, МАДИ преподаватели кафедры проходили стажировку, принимали участие в конференциях, защищали диссертации.

Плодотворно кафедра взаимодействует с известнейшим техническим университетом – Санкт-Петербургским политехническим. Эту школу прошли и защитили в нем свои кандидатские диссертации Белоусов Л. И. (1974 г.), Яскевич М. Я. (1993 г.), Лесковец И. В. (1998 г.), Моргалик Б. М. (2013 г.). Ежегодно председателем ГЭК по защите дипломных проектов является проф. из Санкт-Петербурга Ащеулов А. В.

Более 25 лет активно и плодотворно сотрудничают между собой ученые Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова (БГТУ) и Белорусско-Российского университета. Основу творческого коллектива составляют специалисты кафедры механического оборудования БГТУ и кафедры строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование университета. Начало сотрудничества между кафедрами было положено в 1987 г. с личного знакомства проф. Богданова А. А. и доц. Сиваченко Л. А. В то время широко проводились научные конференции, активно велись хозяйственные работы с предприятиями. Студенты проходили практику по всей территории большой страны. Начиная с этого периода регулярно специалисты-механики наших вузов многократно посещали друг друга, выступали с докладами на конференциях, консультировали студентов и аспирантов, обменивались знаниями и практическим опытом.

Здесь важно отметить, что в Белгороде и Могилеве сформированы самые мощные научные школы России и Беларуси в области, как техники и технологии измельчения, прежде всего при производстве строительных материалов, так и технологического оборудования для ряда других отраслей промышленности, а также смежных направлений строительного машиностроения.

Важным стимулирующим фактором творческого сотрудничества явилось открытие в 1995 г. диссертационного совета по защите диссертации при тогдашней Белгородской государственной технологической академии строительных материалов им. Гришманова (БелГТАСМ). За этот период в Белгороде были защищены кандидатские диссертации соискателями из г. Могилева: Кургузиков А. М. (1995 г.), Абушкевич А. А. (2000 г.), Голушкова О. В. и Хононов Д. М. (2006 г.).

ра входящих в ее состав элементов. Прорабатываются взаимосвязи между элементами с учетом структуры системы управления коробкой передач.

Функциональное проектирование и определение основных параметров ГМП. На этом этапе ставится задача параметрического синтеза, направленная на определение основных параметров ГМП, характеризующих ее функциональное назначение. В процессе постановки задачи осуществляется выбор управляемых параметров и характеристик; выбор критериев оценки; назначаются ограничения, принимаемые при проектировании.

Намечается общая стратегия параметрического синтеза с указанием основных этапов и процедур проектирования.

На данном этапе осуществляется математическое моделирование. При этом разрабатываются математические модели ГМП, которые должны быть нацелены на решение поставленных задач по выбору основных параметров и конструктивных размеров. Обосновываются методы получения уравнений и допущения, применяемые при их выводе.

Проводится анализ влияния конструктивных параметров на критерии оценки. На основе полученных в процессе математического моделирования зависимостей и результатов анализа определяют значения параметров проектируемых систем управления или механизмов.

Определение конструктивных параметров ГМП. На основе выполнения предыдущих этапов выбираются конструктивные параметры, обеспечивающие требуемые выходные характеристики.

Методика проектирования автоматизированных трансмиссий включает функциональный и конструкторский аспекты. При функциональном проектировании автоматической коробки передач осуществляется разработка ее концепции и выбор технического решения, синтез кинематической схемы и определение основных параметров элементов. Конструкторский аспект включает разработку компоновки коробки передач на основе результатов функционального проектирования, определение геометрических размеров элементов на основе оптимального компромисса между показателями прочности, долговечности и массы, разработку и оформление технической документации.

При разработке концепции построения автоматизированной коробки передач учитываются цели и задачи проектирования. Концепция определяет замысел принципа действия коробки передач и содержит описание основы ее функционирования, увязанного с ее конструктивной схемой.

Далее приступают к выбору технического решения, реализующего принятую концепцию: выбирается физический принцип действия, определяется совокупность конструктивных элементов и топология системы, реализующие заданные функции. Основной функцией коробки передач является трансформация энергии двигателя путем изменения вращающего момента и угловой скорости. Для ее осуществления необходимо выбрать тип передачи, ее элементный состав и способ управления.

При выборе технического решения рекомендуется применять морфологические методы (метод экспертных оценок, метод И-ИЛИ дерева), что позволяет осуществить генерирование варианта путем его выделения из

Основы методологии проектирования гидромеханических передач и гидрофицированных трансмиссий

Процесс выполняемых работ по автоматизации проектирования ГМП включает в себя несколько основных этапов:

- разработка технических требований к ГМП и выбор технических решений;
- синтез принципиальной схемы ГМП;
- функциональное проектирование и определение основных параметров ГМП;
- выбор параметров дифференциальных трансформаторов планетарных коробок передач;
- кинематический анализ планетарных коробок передач;
- анализ нагруженности и потерь в планетарных коробках передач;
- анализ конструктивных свойств коробок передач.

Рассмотрим эти этапы.

Разработка технических требований к ГМП и системе управления.

На этом этапе, исходя из условий эксплуатации автомобиля, существующих стандартов и нормативов, разрабатываются технические требования к проектируемой конструкции ГМП и ее системе управления. Требования должны иметь конкретный вид с указанием численных значений соответствующих параметров.

Выбор технических решений. На данном этапе проводится анализ существующих конструкций ведущих мировых фирм-производителей. При необходимости производится патентный поиск. По результатам этого анализа, а также на основании разработанных технических требований осуществляют структурный синтез проектируемого механизма.

В процессе синтеза необходимо выбрать принципы построения и функционирования системы управления, а затем с помощью эвристических методов выявить совокупность технических устройств, которые необходимо включить в состав системы управления, чтобы реализовать выбранные принципы построения и алгоритмы функционирования.

На данном этапе осуществляется обзор и анализ существующих конструкций ГМП. При этом на основе требований необходимо выбрать критерии оценки и с их помощью выполнить анализ достоинств и недостатков конструкций, применяемых на автомобилях данного класса. Анализ рекомендуется проводить одним из морфологических методов (методом экспертных оценок, методом И-ИЛИ дерева).

Патентный поиск производится по патентным источникам с широким привлечением патентных библиотек, электронных средств хранения информации, Интернета, баз данных зарубежных патентных фондов и т.п. При этом рассматривается возможность применения в проектируемой системе управления или механизме изобретений, подвергшихся анализу, а также собственных технических решений.

Синтез принципиальной схемы. На основе выбранных на предыдущем этапе технических решений разрабатывается кинематическая схема ГМП. При синтезе схемы устанавливается необходимая структура и номенклатура

Особо следует отметить защиту диссертации Хононовым Д. М. Это гражданин Израиля, преподаватель одного из самых престижных в мире научных центров – университета ТЕХНИОН г. Хайфа. Его выбор данных вузов для выполнения и защиты своей работы свидетельствует о признании уровня наших специалистов. По его оценке компетенция и требовательность членов диссертационного совета данного вуза значительно превосходит по сравнению с передовыми зарубежными вузами.

Сотрудники и аспиранты наших вузов активно участвуют в регулярно проводимых научных конференциях, научных чтениях и семинарах. В Белгороде регулярно проводятся научные чтения БГТУ, международные научные конференции с охватом широкого ряда проблем, специализированные форумы, в Белорусско-Российском университете ежегодные научно-технические конференции «Материалы, оборудование и технологии в промышленности», а также ряд др.

Показательно, что накопленный коллективами потенциал только в патентной сфере составляет не менее 400 изобретений и патентов для каждой из сторон. Многие из них внедрены в промышленность и успешно работают в различных технологиях.

Примечательно, что основные научные направления коллективов относятся к оборудованию и технологиям, связанным с измельчением материалов. Здесь будет уместно отметить, что если для большинства отечественных научных школ в этой области после распада Советского Союза произошло свертывание и даже прекращение работ, то наши коллективы не только сохранили, но и заметно приумножили свой потенциал.

Самыми активными в сотрудничестве является молодежь – студенты. Этому способствуют ежегодно проводимые в Белгороде Всероссийские и Международные конкурсы и олимпиады по двум специальностям: механическое оборудование и технологические комплексы для производства строительных материалов и строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины и оборудование. Крупным событием в студенческой жизни был проведенный в 2002 г. студенческий форум.

Новое время требует новых подходов. Именно поэтому налажено широкомасштабное сотрудничество университета в лице нашей кафедры с Евразийским национальным университетом им. Л. И. Гумилева (г. Астана, Казахстан). В этом университете Сиваченко Л. А., как приглашенный проф., читал лекции и организовывал совместные научные разработки. В этой части подготовлены и поданы на конкурс три совместных международных проекта, опубликовано около 15 статей и подано несколько заявок на изобретения. В аспирантуре на кафедре учится преподаватель Абдукаликова Г. М. из Евразийского национального университета им. Л. И. Гумилева, намечены и другие виды работ. Важно, что такое сотрудничество является очень важным в рамках Евразийского экономическо-

го союза, причем, если 30–40 лет назад мы учились у других, то теперь можем учить и сами своих партнеров.

Сотрудники кафедры очень широко контактируют и со многими другими научными и производственными центрами. Так, Партнов С. Б. защитил свою кандидатскую диссертацию в Киевском инженерно-строительном институте (1987 г.), Сиваченко Л. А. в ВНИИ транспортного строительства (Москва, 1985 г.), Лягушев Г. С. в Харьковском политехническом институте (1987 г.).

Сиваченко Л. А. прошел четырехмесячную стажировку в ВНИПИмеханобр, г. Ленинград (1988 г.) и более пяти лет работал в рамках МНТК «Механобр», защитил докторскую диссертацию в Академии химического машиностроения, г. Москва (1995 г.). Берестов Е. И. соответственно стажировку (1996 г.) и защиту докторской в Московском университете строительства и архитектуры (1999 г.).

Кафедра активно сотрудничает со многими другими университетами, например, это Харьковский университет строительства и архитектуры, Орловский и Курский технологические университеты, Полтавский национальный университет им. Кондратюка, МГТУ им. Баумана.

Кафедра организовала и провела крупные Международные научно-технические конференции «Технологические проблемы измельчения и механоактивации» (1992 г.) и «Интерстроймех-2011». Ежегодно сотрудники публикуют до 80 статей и тезисов, подают 15–20 заявок на изобретения и издают 1–2 учебных пособия, учебники и монографии.

За прошедшие годы более 30 студентов стали лауреатами Международных, Всероссийских, Республиканских и иных конкурсов и награждены дипломами, грамотами и медалями различных степеней. Их руководителями в разные годы выступали проф.: Сиваченко Л. А., Максименко А. Н., Щемелев А. М.; канд. техн. наук: Леоненко О. В., Лесковец И. В., Хустенко А. Н., Матвеев В. И., Партнов С. Б., Лягушев Г. С. Как правило, на ежегодных Республиканских конкурсах СНИР работы получают 1–2 категории и отмечаются почетными грамотами и дипломами.

Наступило новое время, время, которое требует пересмотра всех видов научной и педагогической деятельности и перехода на интенсивный путь работы. В этой связи настало время объединяться в единые творческие коллективы и решать важные проблемы. Без сомнения уровень наших специалистов позволит браться за самые сложные проекты и создание высокоэффективного оборудования и подготовки высококвалифицированных кадров.

мобильной машины. Для вывода оператору сообщений экспертной системы могут создаваться специальные диалоговые окна (рис. 4, в, г).

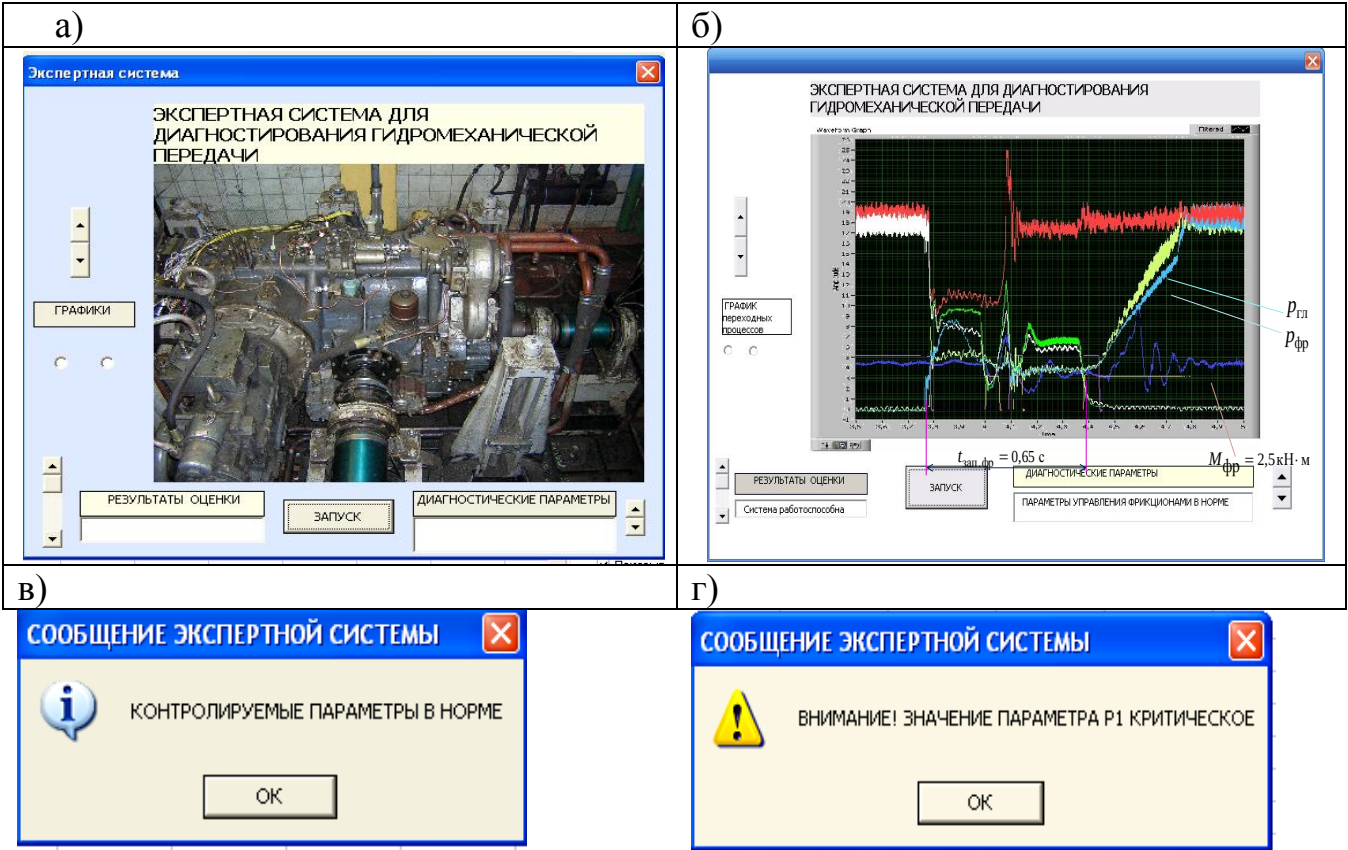
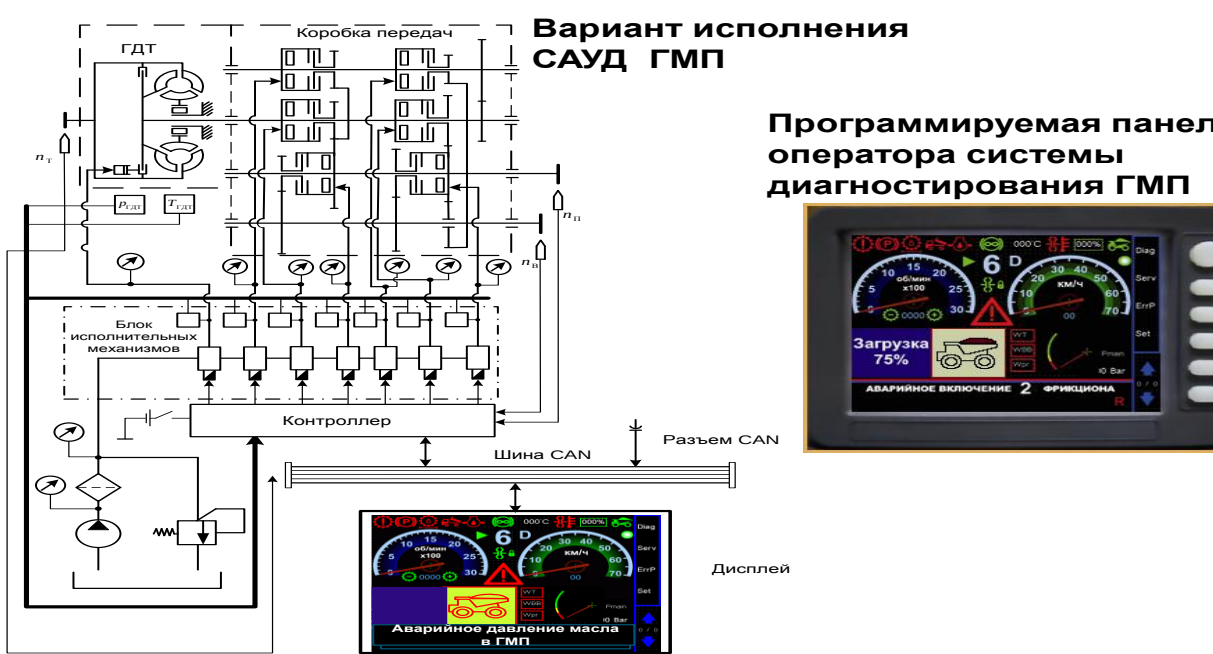


Рис. 4. Структура ИСУД и определения технического состояния гидромеханической передачи карьерного экспертной системы для самосвала: а – схема ИСУД ГМП автосамосвала; б – исходное состояние экспертной системы; в, г – диалоговые окна экспертной системы в случае отклика на нормальное (в) и опасное (г) состояние

- оперативное определение технического состояния основных механизмов автомобиля в текущий момент времени;
- диагностирование параметров элементов и механизмов трансмиссии, тормозной системы, подвески, гидропривода;
- осуществление непрерывного контроля основных параметров механизмов и их элементов (температуры, давления масла в магистралях и фрикционах, напряжения на электромагнитах и др.);
- идентификация и предотвращение опасных ситуаций, связанных с управлением автомобилем и функционированием его механизмов;
- осуществление защиты от ошибочных управляющих действий водителя;
- анализ информации о текущих процессах с выдачей водителю сигналов отклонений от технических требований;
- осуществление измерения пробега автомобиля, расхода топлива, количества перевозимого за смену груза и других параметров;
- обеспечение приема информации от других измерительных систем по любому из стандартных интерфейсов;
- выдача результатов диагностирования в текстовом и графическом виде;
- отображение текущего состояния объектов диагностирования в графическом режиме на дисплее в виде вербальной, символьной информации;
- осуществление диспетчеризации и ведения протоколов работы системы;
- хранение в памяти результатов текущего диагностирования и результатов технического состояния, в котором находился автомобиль в прошлом, с возможностью вывода их на печать или перезаписи на электронные носители информации.

Для обеспечения отмеченных выше функций ИСУД должна иметь оригинальную конфигурацию и структуру [3]. Помимо традиционных микропроцессорных модулей, в ее состав должна входить экспертная система, реализующая новые информационные технологии (например, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и др.). В первом случае экспертная система выполняется на основе нечеткого контроллера с соответствующей аппаратной и программной реализацией и содержит интеллектуальный интерфейс с вычислительной системой верхнего уровня (RS-232, RS-485, CAN 2.0 B) и интеллектуальный интерфейс с подсистемой нижнего уровня (CAN 2.0 B, RS-485) с возможностью подключения любых локальных микропроцессорных устройств, поддерживающих стандартный протокол CAN 2.0 B.

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета, занимающейся автоматизацией управления гидрофицированными трансмиссиями мобильных машин, разработаны группы диагностических и контролируемых параметров ИСУД гидромеханической передачи (ГМП) карьерного самосвала БелАЗ (рис. 4). Основные диагностические параметры, такие как частота вращения вала двигателя, турбинного вала гидротрансформатора, входного и выходного вала коробки передач; положение педали акселератора; положение педали тормоза; скорость автомобиля; степень загрузки; давление в подвеске и другие, описываются функциями принадлежности нечеткой логики [4].

Варианты построения экспертных систем ИСУД и реализуемые в них методы могут быть различными. На рис. 4, б показан пример созданной экспертной системы для диагностирования гидромеханической передачи

УДК 62.567.5

Г. Л. Антипенко, канд. техн. наук, доц.; Н. Г. Заровчатский
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШИН КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ РЕСУРСА

Предложена методика диагностирования шин колесных движителей по внутреннему давлению, определяемому по деформациям боковой поверхности шин и изменению статического радиуса колеса при контроле нормальной нагрузки на каждое колесо. При этом деформации определяются посредством сканирования конфигурации боковой поверхности шины, сопоставляются верхняя и нижняя части шин, сравниваются с базой данных и выдается протокол диагностирования.

Одной из важнейших проблем в развитии техники является ее эксплуатационная надежность, что весьма актуально для шин строительной и дорожной техники, где стоимость комплекта шин составляет значительную часть от стоимости машины. Для дальнейшего повышения работоспособности и прогнозирования ресурса шины необходимо создавать новые более точные и менее трудоёмкие способы диагностирования шин в процессе эксплуатации.

Пневматические шины являются ответственными элементами автомобилей и строительно-дорожной техники. Шины во многом определяют их надежность, безопасность, экономичность и комфортабельность. Ужесточающиеся экологические требования приводят к непрерывному совершенствованию автомобилей и строительно-дорожных машин и повышают требования к шинам. Современная шина должна иметь высокий ресурс, обладать хорошими тягово-сцепными свойствами, обеспечивать устойчивость и управляемость автомобиля, иметь низкое сопротивление качению и малые внутренние потери для повышения экономичности и обладать низким уровнем шума.

Отечественная промышленность выпускает большой ассортимент современных пневматических шин как диагональной, так и радиальной конструкции. Безопасность пассажиро- и грузоперевозок во многом зависит от состояния шин колесных движителей, поэтому к ним предъявляются высокие требования к надежности и долговечности при эксплуатации машин. При отслеживании и своевременной корректировке давления в шинах возможно увеличение их ресурса, улучшение управляемости машин, снижение расхода топлива.

В настоящее время имеется огромное множество методов и средств диагностирования давления в шинах. Наиболее точным является прямое измерение внутреннего давления в шинах пневматическим или электрон-

ным манометром, но этот метод довольно трудоемок. Косвенные методы, такие как контроль деформации боковых поверхностей шин порожнего автомобиля или при фиксированной нагрузке, вдавливании штока гидроцилиндра при постоянном давлении или на постоянную величину при контролируемом давлении, не дают достаточной точности, поскольку эластичность боковых поверхностей шин различных типов и слойности корда разная, а старение материала за времени эксплуатации даже одного типа шин также сказывается на ее эластичности. Да и такие измерения достаточно трудоемки, требуют громоздких специализированных стендов для различных типов машин и квалифицированных диагностов.

Ударный метод, при котором производится удар по боковой поверхности шины и замеряется время контакта ударного устройства с шиной, основывается на том, что чем меньше давление в шине, тем глубже боек входит в шину и тем больше время контакта, так же не дает достаточной точности. Да и для измерения времени контакта, которое составляет 15–30 мс, требуется дорогостоящее оборудование, поскольку изменение давления на 0,1 МПа влечет изменение времени удара примерно на 3 мс.

Определение внутреннего давления по пятну контакта так же широко распространения не получило. Площадь пятна контакта измеряется при помощи матрицы пьезоэлементов. Чем больше пятно контакта, тем больше нажато элементов. Электронный блок считывает сколько элементов вступило в контакт. Но неравномерное распределение веса по осям влияет на точность измерения. Кроме того, протектор с увеличением пробега изнашивается, уменьшается жесткость шины, что в свою очередь ведёт к увеличению пятна контакта и искажению результатов измерений.

Разновидностью этого метода является измерение длины пятна контакта при проезде опорной площадки, на поверхности которой выполнены дорожки из ферромагнитного материала и нанесены магнитные метки. К ферромагнитным дорожкам прижаты считывающие головки, выводы которых соединены со счётчиком импульсов. Число считанных импульсов пропорционально длине контакта колеса с опорной поверхностью.

Интересен вибрационный метод. С помощью вибратора возбуждаются колебания площадки частотой 50 Гц с установленным на ней колесом. Амплитуду колебаний площадки измеряют с помощью вибродатчика. Она связана с давлением воздуха в шине и линейно убывает при увеличении давления в шине. Это объясняется тем, что постоянная часть веса транспортного средства, действующая через шину на вибрационную опорную площадку, выполняет роль подпрессоренной массы, коэффициент связи которой с опорной площадкой зависит от жесткости шины, а следовательно, от давления в ней.

Известен также метод измерения давления основанный на определении собственной частоты колебания шины. С помощью специального ударного устройства возбуждаются колебания шины посредством удара по

- обеспечение приема информации от других измерительных систем по любому из стандартных интерфейсов;
- выдача результатов диагностирования в текстовом и графическом виде;
- отображение текущего состояния объектов диагностирования в графическом режиме на дисплее в виде вербальной, символьной информации;
- осуществление диспетчеризации и ведения протоколов работы системы;
- хранение в памяти результатов текущего диагностирования, а также результатов технического состояния, в котором находился автомобиль в прошлом, с возможностью выведения их на печать или перезаписи на электронные носители информации.

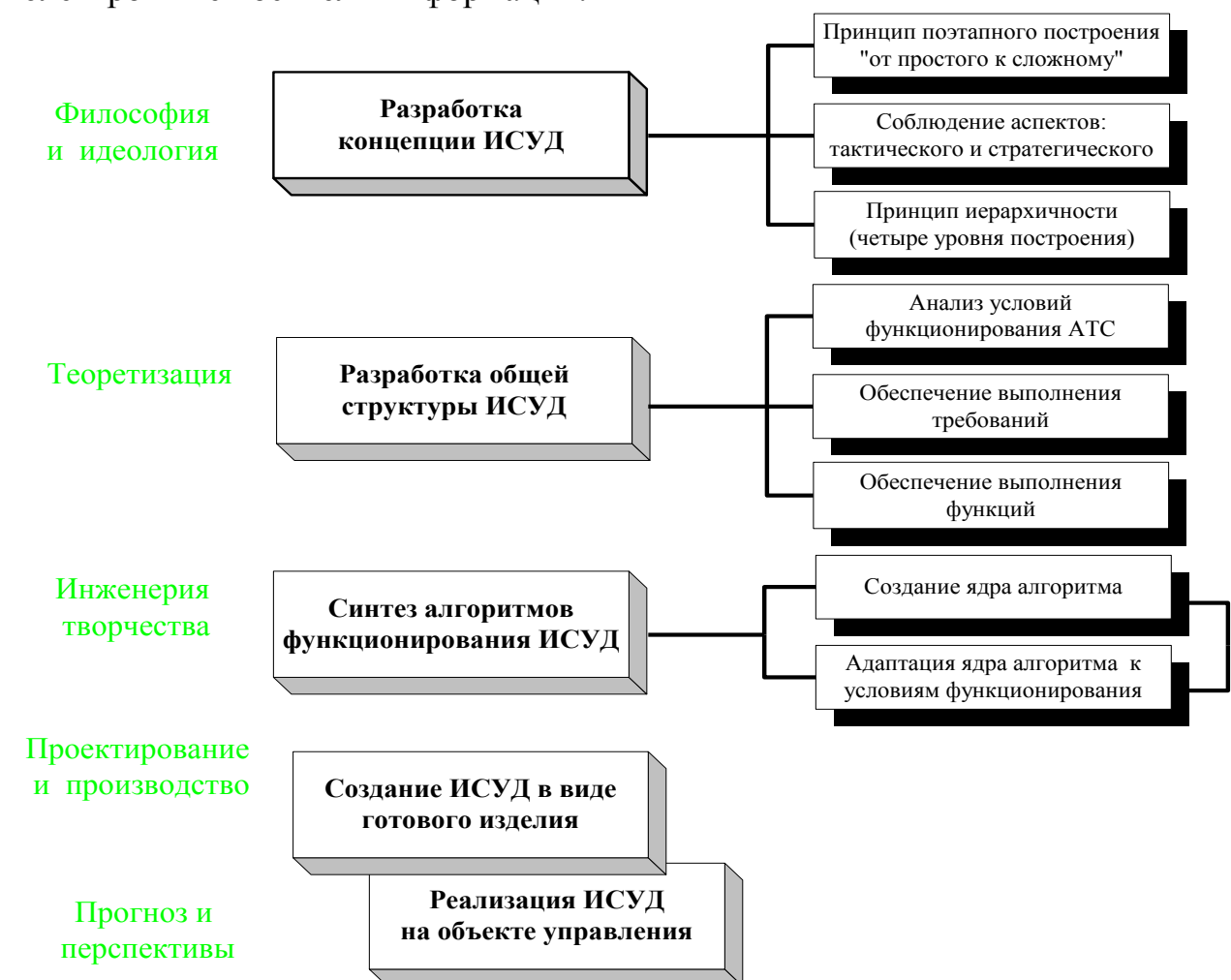


Рис. 3. Стратегия синтеза интеллектуальных систем управления и диагностирования для гидрофицированных мобильных машин

Данные этапы диалектически взаимосвязаны и соответствуют следующим иерархическим уровням: философия и идеология; теоретизация; инженерия творчества; проектирование и производство; прогноз и перспективы. Применительно к сфере автомобилестроения разрабатываемые системы технического диагностирования должны обеспечивать следующие функции:

это экспертные системы, теория нечетких множеств и теория искусственных нейронных сетей [2, 3].

Использование этих технологий дает возможность выхода на новый уровень проектирования систем диагностирования. Создание интеллектуальных систем управления и диагностирования (ИСУД) позволяет решить ряд проблем. Во-первых, появляется возможность создания систем управления / диагностирования, использующих большое количество информации различной физической природы. Во-вторых, возникают условия для создания и реализации гибких алгоритмов, позволяющих системам приспосабливаться к изменению различных ситуаций и условий эксплуатации. В-третьих, упрощается конструкция автоматических систем и снижается стоимость создаваемых изделий. В-четвертых, появляются возможности использования программ управления / диагностирования в режиме реального времени. В-пятых, системы, наделенные интеллектуальными качествами, приобретают способность к обучению (самообучению). Это выражается в расширении и значительном пополнении базы знаний таких систем в процессе эксплуатации объекта диагностирования; накоплению и осмыслению информации; запоминанию и распознаванию различных ситуаций, в том числе проявлений неисправностей, причин и условий их возникновения.

В рамках новой идеологии автоматизации были разработаны стратегия и методология синтеза ИСУД для мобильных машин (рис. 3). Стратегия включает в себя несколько важнейших этапов: *разработка концепции ИСУД; разработка общей структуры ИСУД; синтез алгоритмов функционирования ИСУД; создание ИСУД в виде готового изделия; его реализация на объекте.*

Данные этапы диалектически взаимосвязаны и соответствуют следующим иерархическим уровням: философия и идеология; теоретизация; инженерия творчества; проектирование и производство; прогноз и перспективы.

Применительно к сфере автомобиле- и тракторостроения разрабатываемые системы технического диагностирования должны обеспечивать следующие основные функции:

- оперативное определение технического состояния основных механизмов автомобиля в текущий момент времени;
- диагностирование параметров элементов и механизмов трансмиссии, тормозной системы, подвески, гидропривода;
- осуществление непрерывного контроля основных параметров механизмов и их элементов (температуры, давления масла в магистралях и фрикционных, напряжения на электромагнитах и др.);
- идентификация и предотвращение опасных ситуаций, связанных с управлением автомобилем и функционированием его механизмов;
- осуществление защиты от ошибочных управляющих действий водителя;
- анализ информации о текущих процессах с выдачей водителю сигналов отклонений от технических требований;
- осуществление измерения пробега автомобиля, расхода топлива, количества перевозимого за смену груза и других параметров;

протектору. Частота свободных колебаний связана с жесткостью, а следовательно, с давлением воздуха в шине. Но точность зависит от степени износа протектора, типа шины, слойности корда. Да и требуется специализированное оборудование.

Автомобили, оснащенные антиблокировочными системами, способными контролировать угловые скорости колес каждой оси, могут косвенно определять изменение давления в шинах в процессе движения машины. При уменьшении давления в шине – уменьшается радиус качения колеса, а следовательно, по отношению к другим колесам, возрастает угловая скорость этого колеса. Недостатки этого метода очевидны. Измерения возможно производить только при движении по ровной поверхности при равномерной нагрузке на колеса или по осям. А если у обоих колес одной оси давление снижено на одну и ту же величину, то определить это будет практически невозможно.

Предлагается также ультразвуковой метод диагностирования давления в шинах. К шине подводят источник ультразвука, с противоположной стороны устанавливают приемник. В приёмном устройстве ультразвук преобразовывается в электрический сигнал. Чем выше давление, тем выше уровень электрического сигнала. К недостаткам метода можно отнести трудность измерения давления в сдвоенных шинах, сложность оборудования, высокая квалификация диагноста.

Как показывает анализ, при наличии большого парка машин, возможности ежедневного контроля состояния шин каждой единицы техники весьма ограничены, поскольку существующие технологии контроля технического состояния колесных движителей достаточно громоздки и не обеспечивают должной производительности и точности. Это побуждает создавать новые эффективные методы диагностики шин на основе использования современных информационных технологий и компьютерных средств.

Исследования по номенклатуре шин показало, что они достаточно разнообразны как по конструкции, так и по общему устройству и назначению, что значительно усложняет создание универсального метода или средств для диагностики колесного движителя.

Главной отличительной особенностью автомобильного колеса является эластичность шины, которая по сути определяет все его ходовые свойства, включая такие, как сопротивление качению, боковой увод и прочие, оказывающие прямое или косвенное влияние на эксплуатационные характеристики автомобиля. Между тем, жесткостные характеристики шин до сих пор занимают положение факультативных, и не включены в состав тех, которые подлежат обязательному определению и нормированию. Располагая радиальной и осевой жесткостями шины предоставляется возможность прогнозировать значения статического, динамического радиуса ко-

леса, сопротивление качению шины, ее силовую неоднородность и другие важнейшие свойства.

Жесткость шины зависит от внутреннего давления и ее конструкции и определяется величиной прогиба. Ввиду большой важности вопроса, расчетное определение прогиба шины привлекает внимание ряда исследователей [1]. Решение этой задачи достигалось различными полуэмпирическими методами.

При выполнении исследований по определению жесткостных характеристик шин различных сроков службы, на стенде для статических испытаний измерялись значения нагрузок и соответствующих им прогибов шин. Измерения нагрузок и деформаций для каждого задаваемого давления воздуха в шинах проводились в диапазоне 2,5...28,5 кН. Давление в шинах изменялось ступенчато, от минимально допустимого до номинального для каждого типоразмера шин, через 0,05 МПа [2].

Анализ полученных результатов показал, что общими качественными признаками шин является нелинейность характеристик, уменьшающаяся радиальная жесткость шин со снижением давления воздуха, а также влияние на изменение радиальной жесткости шин степени их нагружения. Так, для новых шин 14.00-20 при низком давлении $C_{ш}=258$ кН/м, при номинальном – $C_{ш}=622$ кН/м. Различие в значениях радиальной жесткости шин со сроком службы 5 лет в сравнении с новыми на всех давлениях незначительное, в отдельных случаях оно составляет до 5 % в сторону ее повышения.

Принимая в качестве диагностического параметра для определения давления в шине ее деформацию, необходимо выяснить, какая из деформаций наиболее информативна – радиальная (изменение статического радиуса колеса) или деформация боковой поверхности нижней части шины относительно верхней.

Для этого целесообразно смоделировать процесс нагружения и деформации шины при различной величине внутреннего давления. Для математической модели колеса выбрано программное обеспечение среднего класса SolidWorks, которое полностью удовлетворяет целям поставленной задачи. Главным достоинством является возможность точного подсчета напряжений и перемещений по всей поверхности шины с учётом характеристик материалов. Создавая сетку конечных элементов по всему колесу (рис. 1), колесо нагружается в районе контакта с поверхностью, а воздействие от внутреннего давления выполняет распределенная нагрузка, приложенная по всей внутренней поверхности шины. Закрепляя колесо на ступице, и воздействуя на пятно контакта определенным усилием при заданном внутреннем давлении, получаем картину распределения деформаций (рис. 2).

теллектуальных систем, способных одновременно учитывать большое количество различных характеристик, функционировать в режиме реального времени и реализовывать алгоритмы, подобные логике человеческого мышления. Интеллектуальные системы (ИС), в отличие от обычных, работают со знаниями; они наделены функциями распознавания, обучения, прогнозирования.

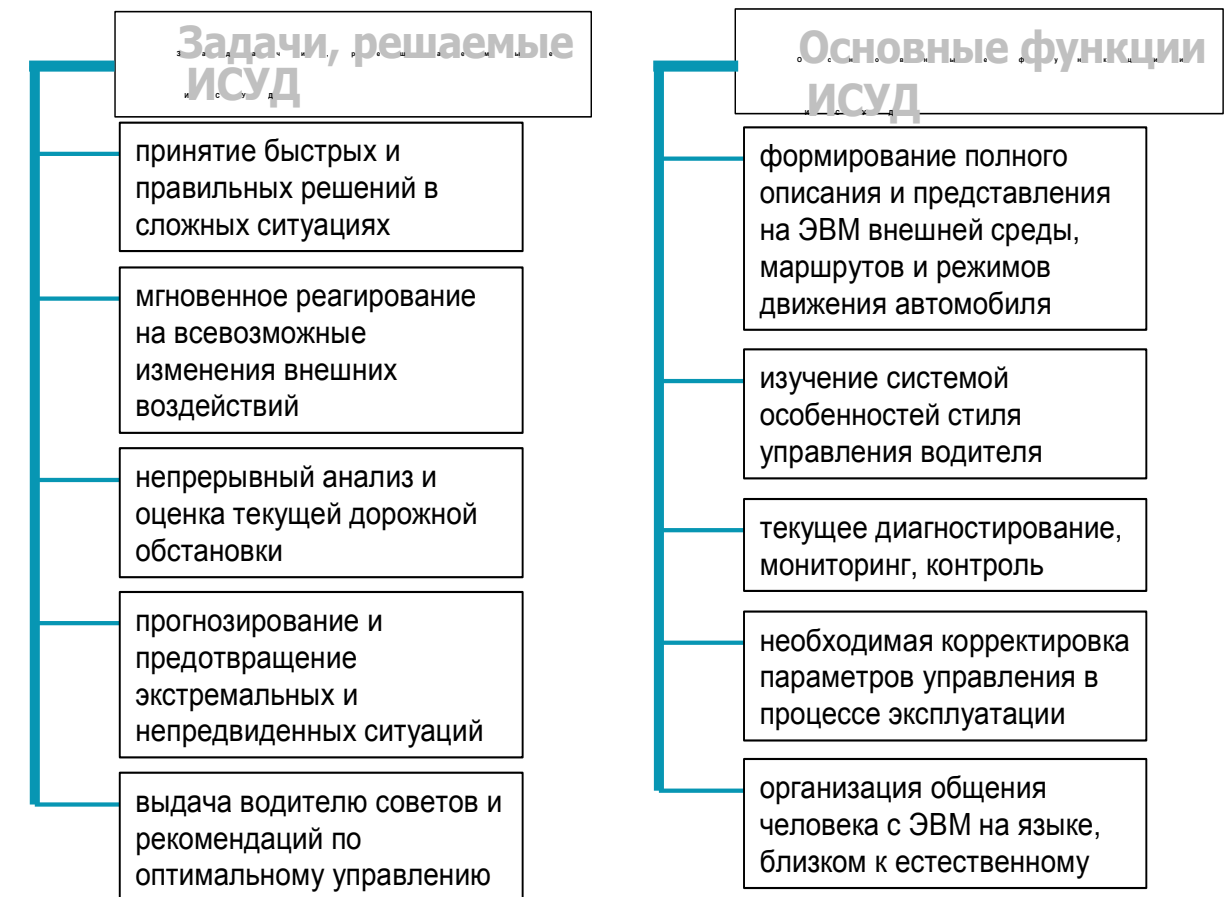


Рис. 2. Идеология автоматизации управления и диагностирования на основе создания интеллектуальных систем

В основе создания ИС лежат принципы искусственного интеллекта. Использование этих принципов позволяет значительно расширить потенциальные возможности методов и средств диагностирования и получить гибкие алгоритмы диагностирования, отражающие многообразие различных факторов. Системы управления / диагностирования, функционирующие по таким алгоритмам, способны в сложной обстановке оперативно принимать решения, свойственные логическому мышлению человека; непрерывно реагировать на всевозможные изменения внешних воздействий; осуществлять постоянный анализ и оценку текущих ситуаций; идентифицировать и распознавать их; обеспечивать с человеком взаимопонятный диалог и давать рекомендации водителю (оператору); осуществлять анализ речевых команд.

В качестве научной основы создания таких систем используются новое научное направление под названием «Теория искусственного интеллекта» (ТИИ). ТИИ включает в себя различные информационные технологии. Наиболее распространенные технологии искусственного интеллекта –

диагностических систем, использующих новые информационные технологии.

В связи с качественным прогрессивным изменением уровня производительных сил общества в настоящее время назрела необходимость формирования новой парадигмы, т. е. совокупности мировоззренческих концепций, лежащие в фундаменте соответствующей науки (рис. 1).

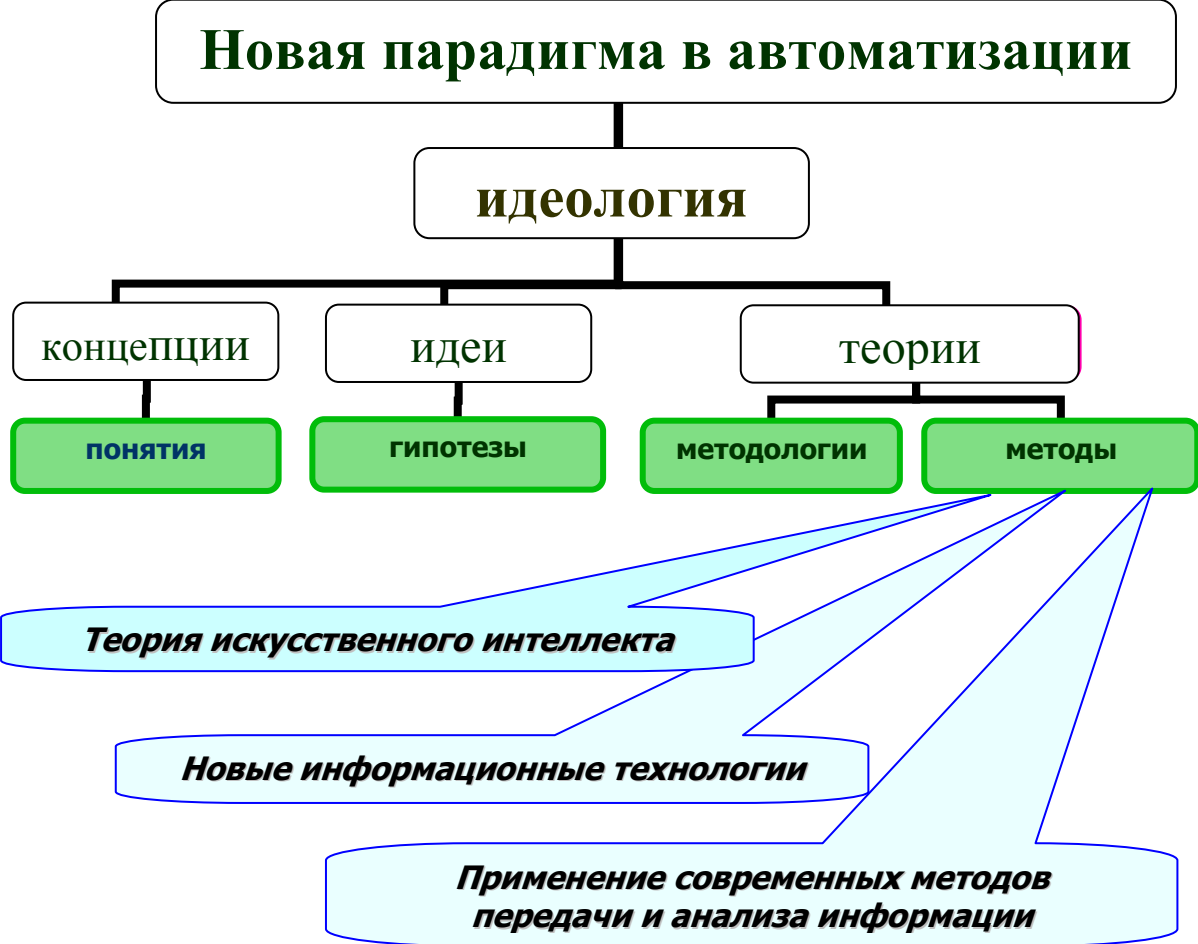


Рис. 1. Новая парадигма в автоматизации

Парадигма включает: концептуальные рамки науки; основные установки; конкретные традиции научного исследования; совокупность убеждений, ценностей и технических средств; главные философские элементы и т. д. В основе этой парадигмы лежит новая идеология автоматизации. Главное направление и задача новой идеологии автоматизации – это обеспечение высокого технического уровня создаваемых машин, их совершенствование и повышение конкурентоспособности. Новая идеология предусматривает совокупность интеллектуального управления, применение новых методов получения и представления информации и новых информационных технологий. В этой связи она порождает ряд концепций, теорий, тенденций и идей, требующих разработки соответствующего понятийного аппарата, гипотез, методологий и методов.

Идеология автоматизации управления и диагностирования воплощается в практику на основе создания соответствующих интеллектуальных систем (рис. 2). В настоящее время процесс автоматизации управления и диагностирования гидрофицированных машин должен осуществляться на основе создания ин-

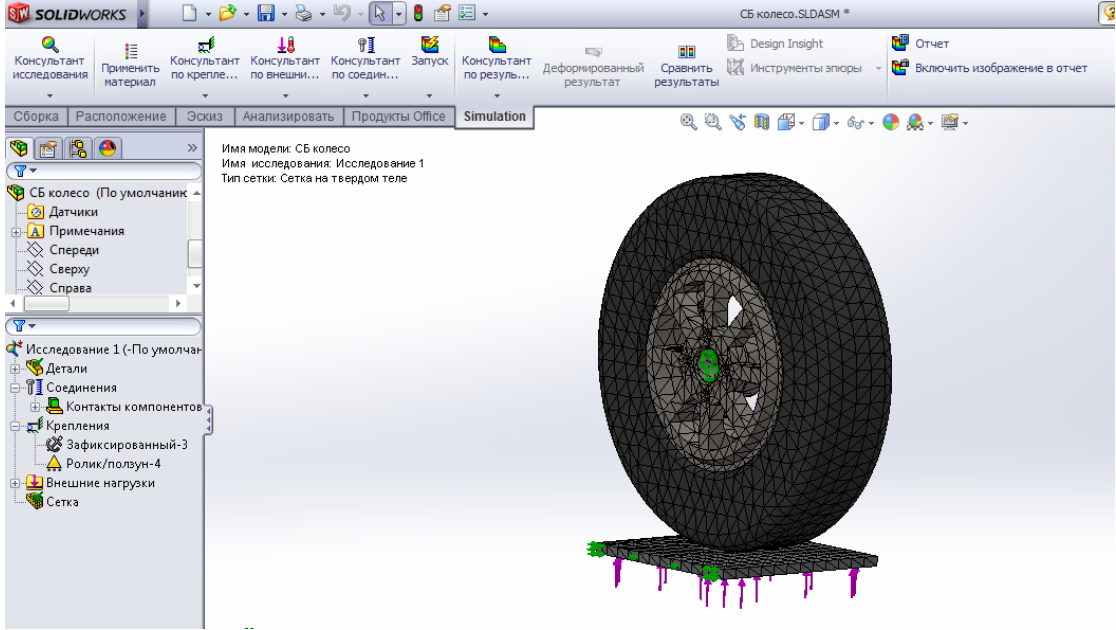


Рис. 1. Сетка конечных элементов на колесе

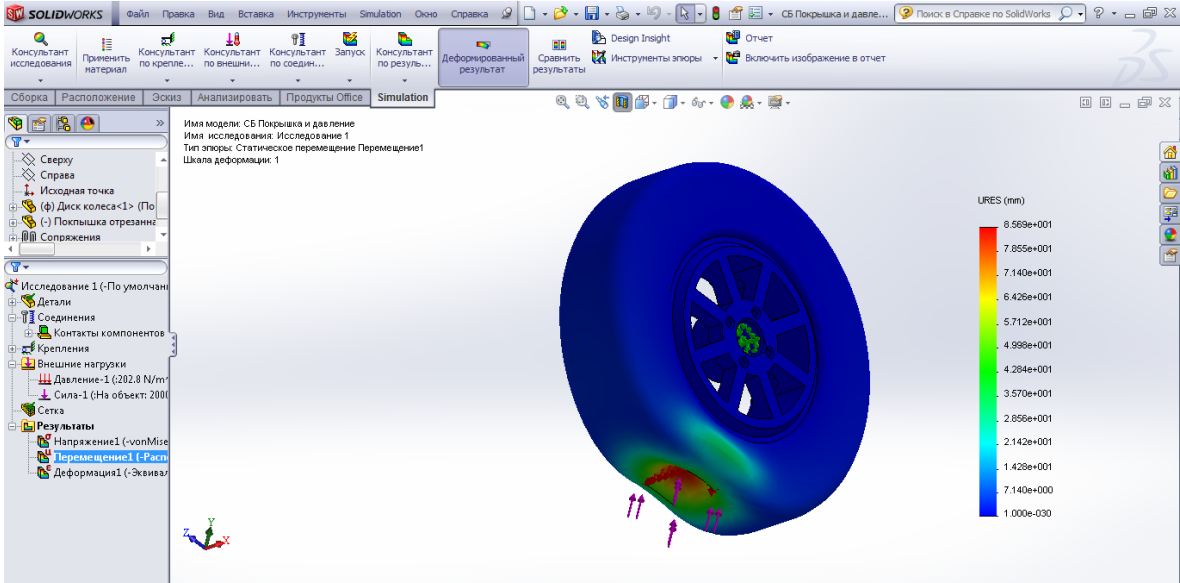


Рис. 2. Эквивалентные перемещения в колесе

Деформация проявилась как над пятном контакта, так и на боковой поверхности. В качестве примера, иллюстрирующего выполненные расчеты, на рис. 3 приведены изображения взаимного положения шины и опорного основания до приложения вертикальной нагрузки (рис. 3, а) и после приложения нагрузки (рис. 3, б).

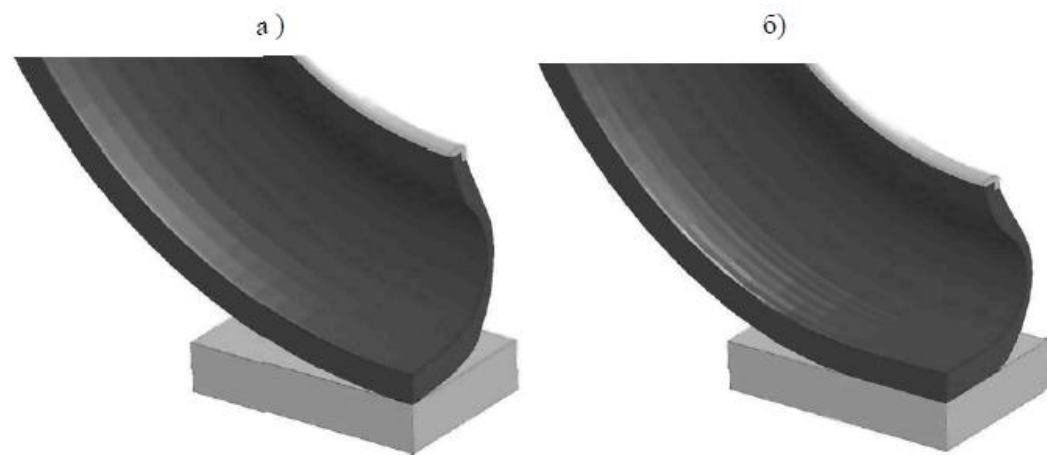


Рис. 3. Результаты моделирования контакта шины с опорной поверхностью

Хорошо заметно образование контактной зоны между шиной и опорной поверхностью и существенное изменение формы шины в зоне пятна контакта.

Чтобы подтвердить возможность применения принципов конечно-элементного моделирования и разработанной расчетной модели для установления взаимосвязи деформаций шины с величиной внутреннего давления при фиксированной нагрузке на колесо, сопоставим результаты расчетов по МКЭ с результатами испытаний шины на стенде, а также и с аналитическими значениями прогиба h_z шины, полученными по эмпирической зависимости [2]:

$$h_z = \frac{P_z}{\pi \cdot K \cdot (p_w + p_0) \cdot D \cdot B},$$

где: p_0 – давление в шине, создаваемое конструкцией каркаса (кордом, опоясывающим кольцом и др.); D – диаметр шины; B – ширина профиля шины; K – коэффициент, учитывающий конструкционные особенности шины (диагональное или радиальное расположение корда, количество слоев корда, конструктивные особенности протектора, материал армирующих элементов и т. д.).

Для шины с параметрами $D = 686$ мм; $B = 175$ мм; $p_0 = 0,008$ МПа; $K = 0,79$ при изменении нагрузки P_z от 1500 до 3500 Н, и диапазоне изменения внутреннего давления воздуха в шине p_w от 0,1 до 0,4 МПа, эти зависимости имеют вид, представленный на рис. 4.

В зависимости от типа используемой бесступенчатой передачи различают следующие виды трансмиссии: гидромеханические (ГМТ), гидрообъемно-механические (ГОМТ), электромеханические (ЭМТ). Одним из существенных достоинств этих видов трансмиссий является их хорошая приспособленность к автоматическому управлению процессами трансформации параметров потока энергии, передаваемой к ведущим колесам.

Гидродинамические передачи обладают свойством саморегулирования и представляют собой автоматические трансформаторы механической энергии. Гидрообъемные и электрические передачи несаморегулируемые. Их потенциальные возможности в полной мере могут быть реализованы лишь при применении систем автоматического управления [1].

Основная проблема автоматизации управления / диагностирования гидрофицированными мобильными машинами связана с многообразием и огромной сложностью происходящих при функционировании процессов. Для ее решения необходимо использование технологий и методов, основанных на других подходах, отличных от тех, которые опираются на принципы классической теории автоматического управления.

Выделим несколько противоречий, возникших на нынешнем этапе развития научно-технического прогресса.

С одной стороны, появились широкие возможности управления / диагностирования, связанные с развитием и внедрением на машинах современных быстродействующих систем, совместимых с портативной вычислительной техникой, появлением развитого программного обеспечения, прикладных средств и программных комплексов. Но возникает существенное противоречие традиционных алгоритмов управления / диагностирования: чем больше полнота снимаемой датчиками и обрабатываемой процессором информации, тем длительнее сама процедура выдачи управляющих команд. Сюда относится и низкое быстродействие получаемого диагноза и неточность указания места локализации неисправности. А это чревато серьезными последствиями: снижением эффективности диагностирования и, как следствие, возникновением неисправностей и поломок из-за необнаруженных и своевременно не предотвращенных опасных и аварийных ситуаций, что приводит к снижению безопасности.

Системы автоматизированного управления / диагностирования, использующие традиционные и порой устаревшие методы, позволяют решать частные задачи, не обладают оперативностью, не способны функционировать в режиме реального времени, не приспособлены к постоянно изменяющимся условиям. Они не учитывают одновременно многих обстоятельств и ситуаций, не способны подвергать адекватному анализу характеристики механизмов, внешней среды, субъективные факторы, связанные с деятельностью водителя, механика и т. д. И хотя появились новые средства измерения и электронные устройства, это, однако, не решает проблемы в полной мере и требует поиска других подходов.

Появление новых средств и методов получения, представления, передачи и обработки информации, увеличение возможностей бортовых компьютеров и средств микропроцессорной техники, использование новых технологий стимулировало процесс разработки перспективных

ной базы с использованием высокочувствительных датчиков и регистрирующей аппаратуры. Эффективное диагностирование обеспечивается также на основе применения новых методов анализа информации с использованием современных информационных технологий, в т. ч. теорий искусственного интеллекта, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей.

На гидрофицированных машинах распространены *многоступенчатые механические трансмиссии*. Основные их преимущества – высокий КПД и сравнительно простая конструкция. Однако ступенчатое преобразование параметров потока энергии затрудняет возможность оптимального использования мощности двигателя и усложняет обоснованный выбор передаточного числа коробки передач. В результате снижается использование мощности двигателя и производительность автомобиля, повышается напряженность работы водителя в сложных дорожных условиях. Этим объясняется необходимость и целесообразность использования в составе гидрофицированной трансмиссии *бесступенчатой передачи*.

Бесступенчатое преобразование параметров потока энергии могут осуществлять *гидродинамические, гидрообъемные и электрические передачи*, а также *вариаторы* различных конструкций.

Бесступенчатая передача позволяет плавно и непрерывно изменять вращающие моменты на ведущих колесах и скорость движения автомобиля в зависимости от нагрузки, дорожных условий и управляющих воздействий водителя на педаль акселератора. Применение бесступенчатой передачи улучшает функциональные свойства трансмиссии, облегчает и упрощает управление, повышает технико-экономические показатели работы, технический уровень и конкурентоспособность автомобиля. Динамическая характеристика мобильной машины с бесступенчатой передачей приближается к гиперболическому виду, т. е. к идеальной форме, что способствует его приспособляемости к изменяющимся нагрузкам, повышению средней скорости движения и производительности. Плавное и непрерывное преобразование параметров потока энергии, подводимой к ведущим колесам, способствует снижению их буксования, оказывает положительное влияние на проходимость, снижает динамические нагрузки на механизмы трансмиссии и двигатель и за счет этого значительно увеличивает их срок службы. Вместе с тем бесступенчатые передачи по сравнению с механическими ступенчатыми коробками передач гораздо сложнее по конструкции, требуют более совершенных технологических процессов производства, технического обслуживания и ремонта, что приводит к увеличению производственных и эксплуатационных затрат и необходимости использования обслуживающего персонала более высокой квалификации. Стоимость современных гидромеханических трансмиссий составляет до 20 % стоимости всей машины, а выход их из строя сопровождается большими материальными затратами. Этим обусловлена настоятельная потребность внедрения систем автоматизированного управления и непрерывного диагностирования технического состояния этих сложных и дорогостоящих передач.

Недостатками современных бесступенчатых передач являются сравнительно низкий КПД и ограниченный диапазон регулирования вращающего момента и скорости. В связи с этим их обычно используют в сочетании с механическими зубчатыми передачами, позволяющими повысить КПД трансмиссии и получить необходимый диапазон регулирования.

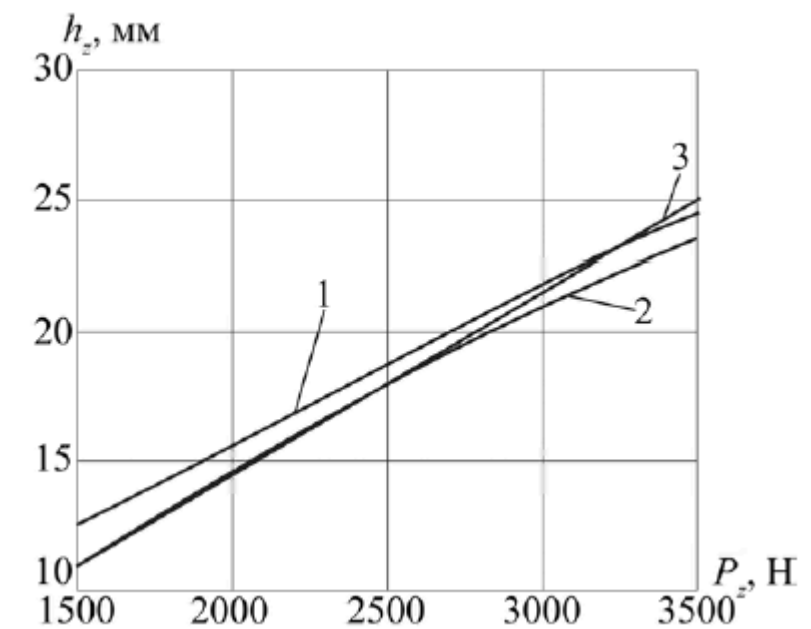


Рис. 4. Зависимость прогиба шины от нормальной нагрузки на колесо при давлении воздуха в шине 0,15 Мпа: 1 – эксперимент; 2 – расчет по формуле; 3 – расчет МКЭ

Значение боковой деформации B_y прямо пропорционально значению h_z и определяется из выражения:

$$B_y = 2\sqrt{2rh_z} = \sqrt{8rh_z},$$

где r – радиус кривизны протектора в его поперечном сечении.

Графики наглядно иллюстрируют, что в сравниваемых случаях значения прогибов шины, полученные разными методами (расчетными и экспериментальными), достаточно близки. Расхождение для рассматриваемых примеров не превышает 10 %, что подтверждает адекватность выбранных расчетных моделей и разработанных принципов моделирования, которые могут быть использованы для исследования более сложных форм взаимодействия шин сдвоенных колес при перераспределении нагрузки на них.

Имея такой математический аппарат можно предложить новую методику диагностирования внутреннего давления в шинах по их деформациям. Эта методика основана на дистанционном сканировании конфигурации боковой поверхности шины и определении статического прогиба при измерении нагрузки на каждое колесо (рис. 5).

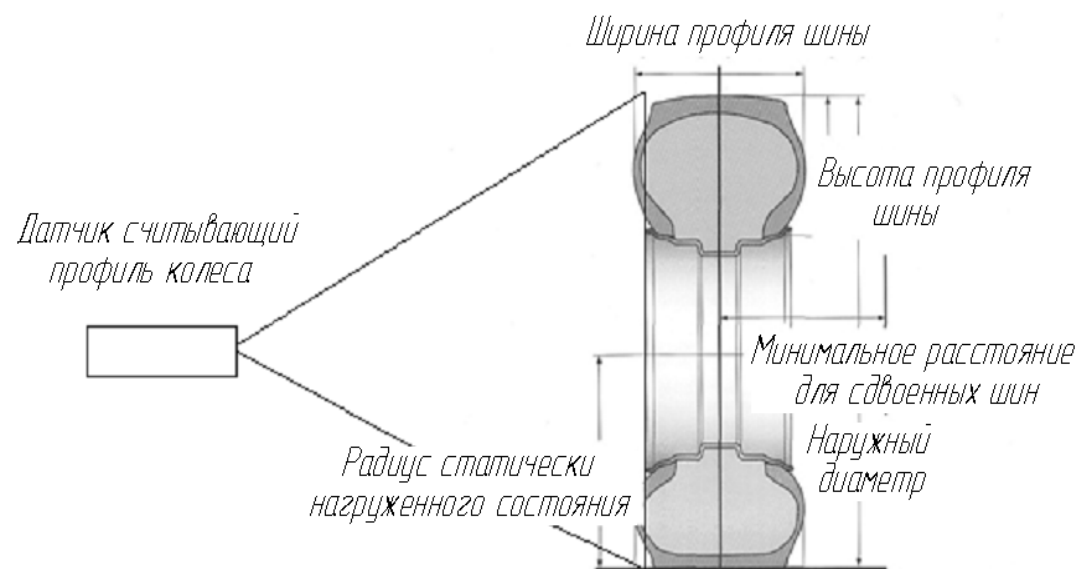


Рис. 5. Схема сканирования боковой поверхности шины

Алгоритм диагностирования предполагает определение боковой деформации по сопоставлению верхней и нижней частей шины относительно вертикальной оси, проходящей через боковую поверхность обода колеса, нахождение оси вращения колеса по характерным точкам обода колеса и вычисление статического радиуса колеса по сопоставлению верхней и нижней частей шины и сравнение этих деформаций с тарифовочными значениями, хранящимся в базе данных для конкретного типа шин и конкретной машины. Такой подход позволит создать компьютерные средства диагностики, которые можно устанавливать прямо на контрольно-пропускном пункте при ежедневном выходе машины на линию.

Для реализации предлагаемой методики диагностирования шин колесных движителей требуется, чтобы площадка, на которой останавливается транспортное средство, была оснащена тактильными датчиками усилия, позволяющими определять нагрузку на каждое из сдвоенных колес и лазерный дальномер, позволяющий сканировать конфигурацию боковой поверхности колеса. В качестве последнего, целесообразно использовать триангуляционные измерители, имеющие рабочий диапазон от долей микрон до нескольких десятков метров. Их внешний вид и схема измерения показаны на рис. 6. Они работают с объектами малого размера, имеющими различный цвет, сложную структуру поверхности и перемещающиеся с высокой скоростью.

УДК 629.3

С. А. Рынкевич, д-р техн. наук, доц.

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

В статье проанализированы проблемы автоматизации проектирования трансмиссий гидрофицированных строительных и дорожных машин. Предлагается использование идеологии проектирования на основании современных концепций, идей и теорий, предполагающих учет процессов, происходящих в трансмиссии с этапа проектирования до завершения эксплуатации.

Проблемы автоматизации и пути их решения

В конструкциях автомобилей, тракторов, строительно-дорожных и других мобильных машин широкое применение получили гидрофицированные механизмы, в т. ч. гидромеханические передачи (ГМП), что способствует увеличению срока службы двигателя и трансмиссии, уменьшению количества ступеней в механической части трансмиссии, сокращению числа переключений передач, повышению проходимости и комфортабельности за счет более плавного изменения момента на ведущих колесах при трогании с места и разгоне.

На современном этапе развития транспортной техники происходит быстрая смена выпускаемых моделей при интенсификации процессов модификации гидрофицированных мобильных машин, возрастании числа новых разработок, что обеспечивает подобным подвижным объектам более высокие потребительские качества и конкурентоспособность на рынках сбыта.

Разрабатываемые гидрофицированные машины различного назначения, их механизмы и агрегаты должны превосходить существующие, иметь высокие показатели технического уровня и эффективности их использования. Эффективное и надежное функционирование таких машин может быть обеспечено лишь путем применения самых совершенных принципов, методов и технических средств определения их технического состояния и автоматизации, т. е. современных методов диагностирования и управления.

Для эффективного автоматизированного управления гидрофицированными машинами, а также качественного определения их технического состояния, оперативной постановки технического диагноза, своевременного выявления опасных отклонений параметров, обнаружения отказов и скрытых дефектов, предотвращения появления неисправностей и прогнозирования остаточного ресурса необходимо использовать современную научную методологию, основанную на экспериментальных и теоретических методах исследований и новых способах обработки результатов исследований.

Современные возможности микроэлектроники позволяют выполнять процессы управления и диагностирования на высоком уровне благодаря новейшему техническому оснащению, наличию совершенной измеритель-

наоборот или все откидные упоры вывести из работы. При этом формовщик должен подойти к ГЗУ и обойти его с трех сторон, что увеличивает трудоемкость и требует затрат времени на дополнительные проходы. В целях улучшения условий труда формовщиков, сокращения непроизводительных простоев разработано синхронное управление откидными упорами с одной из сторон ГЗУ. В этих целях откидные упоры 1 верхнего яруса и откидные упоры 2 нижнего яруса посредством поворотных треугольников 4, вертикальных 5 и горизонтальных 6 тяг попарно соединены между собой. Схема синхронного управления откидными упорами 1 и 2 представлена на рис. 6.

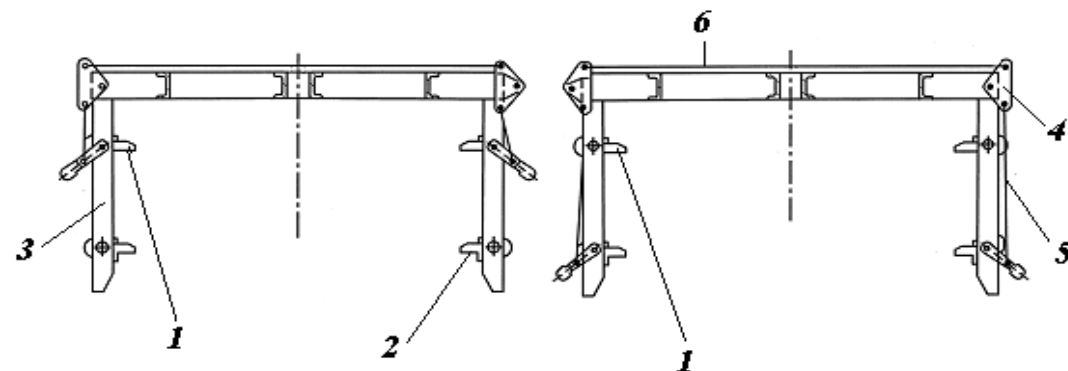


Рис. 6. Схема синхронного управления откидными упорами

В настоящее время ведется работа по установке привода для поворота откидных упоров и управлением ими машинистом крана, что позволит выполнять мостовым краном функции манипулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1705226 СССР. МКИ В66С1/66. Захватное устройство для контейнеров / В. И. Матвеев [и др.]. – № 4493018/11 ; заявл. 12.10.88 ; опубл. 15.01.92, Бюл. № 2. – 6 с.
2. Пат. 5097 ВУ МПК (2006) В66С1/22. Захватное устройство / В. И. Матвеев, И. И. Васильев ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т, ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий». – № u20080605 ; заявл. 28.07.08 ; опубл. 28.02.09. – 4 с.
3. Пат. 11862 ВУ С1 МПК (2006) В66С1/42. Грузозахватное устройство / В. И. Матвеев, Г. Л. Антипенко, П. И. Михальченко ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т, ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий». – № a20070475 ; заявл. 26.04.08, опубл. 30.04.09. – 4 с.
4. Пат. №15734 ВУ МПК(2006) В66С1/28. Грузозахватное устройство / В. И. Матвеев, И. И. Васильев ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т, ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий». – № a201003135 ; заявл. 04.03.210, опубл. 30.04.212. – 4 с.

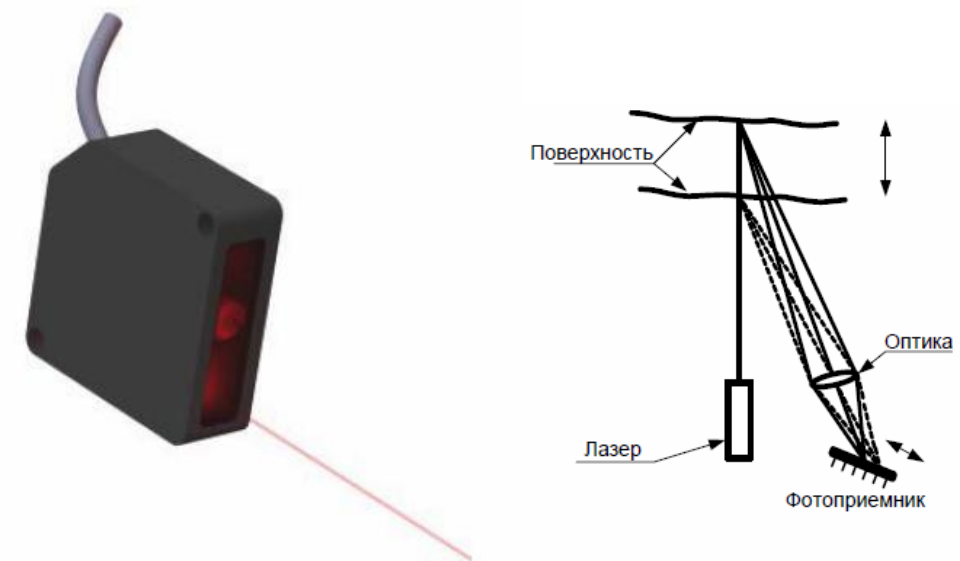


Рис. 6. Внешний вид и принцип работы лазерных дальномеров

Предварительно наработанная база позволит проводить мониторинг технического состояния шин и давать рекомендации оператору об исправности колесного движителя при выходе машины на линию. Это особенно важно для автобусных парков, где от состояния колесного движителя зависит безопасность пассажирских перевозок. Так же алгоритмом можно предусмотреть выдачу информации о повреждениях и возможных «булках», появившихся на боковой поверхности колеса. Диагностику шин сдвоенных колес, которые не так хорошо доступны для контроля и визуального осмотра, можно определять косвенным путем, поскольку нагрузки на оба колеса известны, статическая деформация одинакова и характеристика одного из колес известна. Несложный алгоритм поиска на основе этих данных, позволит установить внутреннее давление и в этой шине. Для корректировки результатов диагностики можно использовать данные о температуре окружающей среды, пробег шин и другие факторы, влияющие на радиальную жёсткость шин.

Таким образом, предложенная методика диагностирования шин колесных движителей имеет возможность быть реализованной современными средствами бесконтактного измерения, позволяющими обеспечить высокую производительность и точность измерений. А это, в свою очередь, позволит увеличить ресурс эксплуатации пневматических шин и снизить затраты организаций на поддержание техники в исправном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

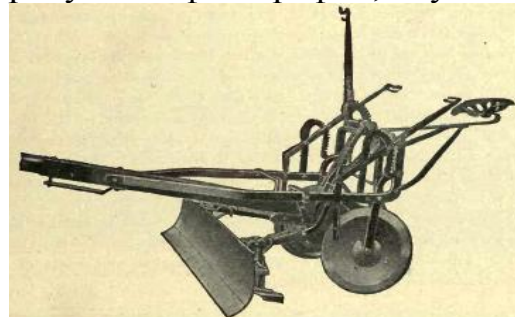
1. Белкин, А. Е. Разработка системы моделей и методов расчета напряженно-деформированного состояния автомобильных радиальных шин : дис. ... д-ра техн. наук. – М. : МГТУ им. Баумана, 1998. – 282 с.
2. Абрамов, В. Н. Влияние сроков службы шин на эксплуатационные показатели автотранспортных средств : дис. ... канд. техн. наук. – М., 1994. – 308 с.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

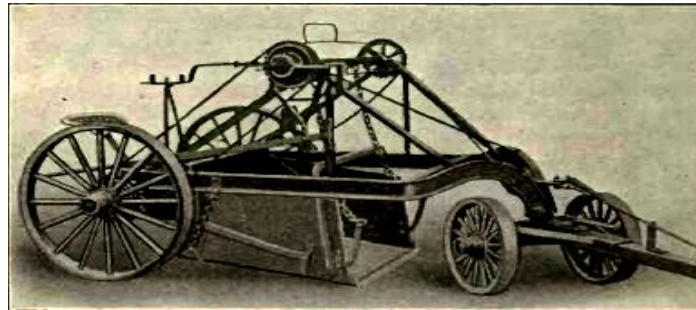
Проведен анализ конструкций и типов рабочих органов машин для земляных работ в зависимости от их назначения. Выявлены направления совершенствования рабочего оборудования на основе современных научных подходов. Предложены направления для развития рабочего оборудования машин для земляных работ на основе анализа отечественной и зарубежной техники.

Высокая энергоемкость земляных работ, их большой годовой объем, не имеющий тенденции к снижению, диктуют необходимость дальнейшего совершенствования как конструкций землеройных машин в целом, так и решения многих других проблем, связанных с их эксплуатацией, обучением обслуживающего персонала и т. д. Не последнее место в этом ряду занимает поиск новых конструктивных решений и принципов воздействия на разрабатываемую среду, позволяющих сдвинуть с мертвой точки вопрос совершенствования параметров рабочих органов машин для земляных работ.

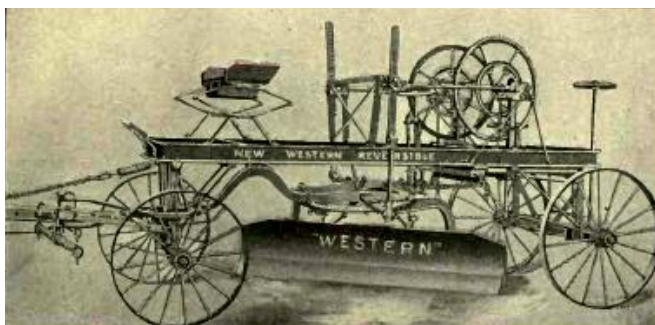
Что бы в этом убедиться, достаточно рассмотреть приведенные ниже рисунки и фотографии, опубликованные еще в 1905 г.



Бульдозер



Скрепер



Первые автогрейдеры (устройство и работа)

На ползунах 3 установлены муфты 5 с поперечными балками 6, соединенные с помощью серег 7 с вертикальными плечами захватных рычагов 8. Муфты 5 соединены с ползунами 3 с помощью пальцев 9, устанавливаемые в предусмотренные в них отверстия, и соответствующее отверстие 4 в ползунах 3. На противоположных концах ползунов 3 консольно прикреплены прижимные балки 10. Переналадка захватного устройства на другой типоразмер осуществляется путем выдвижения или задвижения двух пар ползунов 3 с прижимными балками 10 и их соединения с муфтами 5 с помощью пальцев 9.

Основой технологического процесса производства строительных блоков является плоскопараллельное перемещения технологической оснастки – установка поддона, установка на поддон опалубки, подача поддона с опалубкой на пункт заливки массива, снятие опалубки, подача поддона с массивом на резательную машину, после чего, на автоклавную вагонетку. Перемещение технологической оснастки производится двухкрюковым мостовым краном, исключая возможность самопроизвольного ее разворота вокруг вертикальной оси, с использованием универсального автоматического ГЗУ, представленного на рис. 5.



Рис. 5. Усовершенствованное ГЗУ для технологической оснастки

Переналадка ГЗУ на захват определенного вида оснастки осуществляется вручную введением в работу и выводением из работы откидных упоров 1 верхнего яруса и откидных упоров 2 нижнего яруса, смонтированных внутри четырех вертикальных стоек 3. Практически после каждого подъема необходимо произвести переналадку ГЗУ, т. е. четыре откидных упора одного яруса вывести из работы, а второго яруса – ввести в работу и

Расширение номенклатуры и типоразмеров выпускаемой продукции требует разработки универсальных автоматических ГЗУ для ее складской переработки и отгрузки потребителю. Основное требование к этим ГЗУ – перевод на другой типоразмер с минимальными затратами времени и трудоемкости. Это обусловлено тем, что отгрузка какого-то вида продукции и разных типоразмеров по заявке потребителя должна осуществляться в одно транспортное средство, т. е. с поочередным переводом ГЗУ на другой типоразмер. Применение таких ГЗУ позволит сократить их общее количество в 3–5 раз при средней стоимости каждого 25–30 млн р., высвободить складские площади для их хранения, сократить дополнительные затраты времени и пробеги кранов при их смене. Для ЗАО «Могилевский КСИ» разработано универсальное автоматическое ГЗУ [4] для брусковых перемычек 4-х типоразмеров, отличающихся размером по длине (1300, 1500, 1750, 2250 мм), принятое в эксплуатацию в конце 2009 г. Особенностью конструкции этого ГЗУ, представленного на рис. 4, является то, что в раме 1 смонтированы две пары горизонтальных направляющих 2 с установленными в них ползунами 3, в которых предусмотрены четыре отверстия 4 с определенным шагом по их длине.

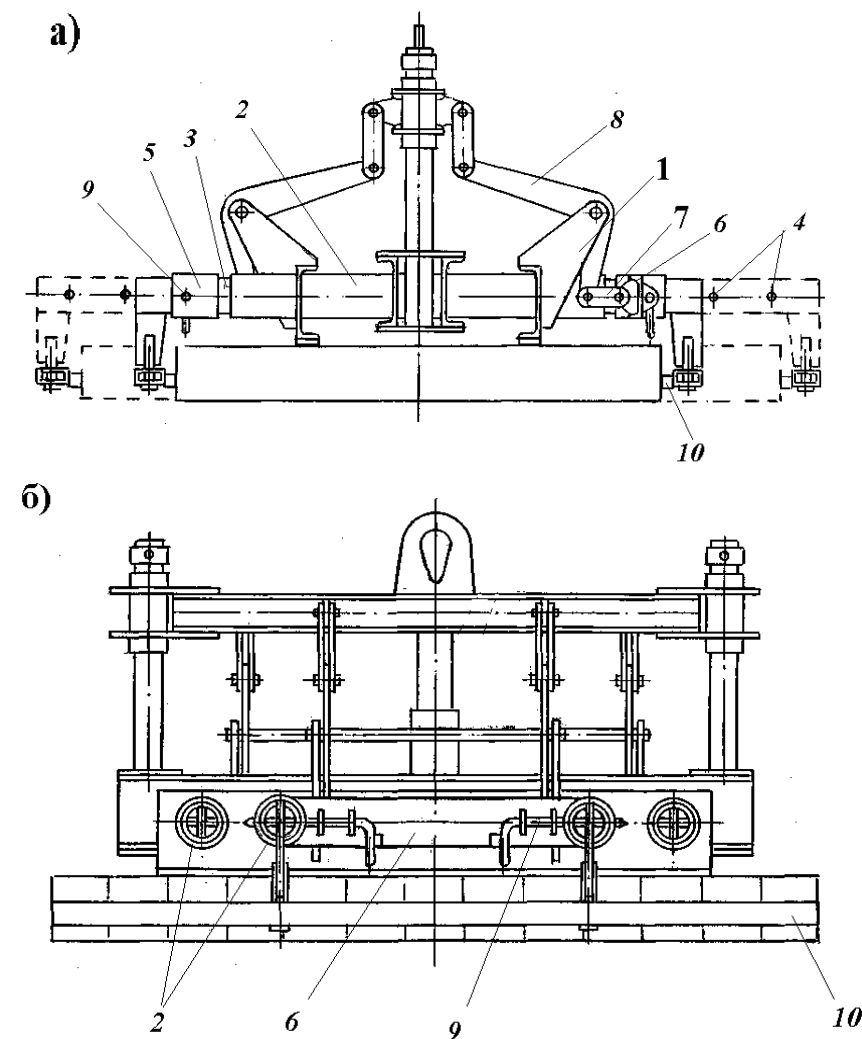
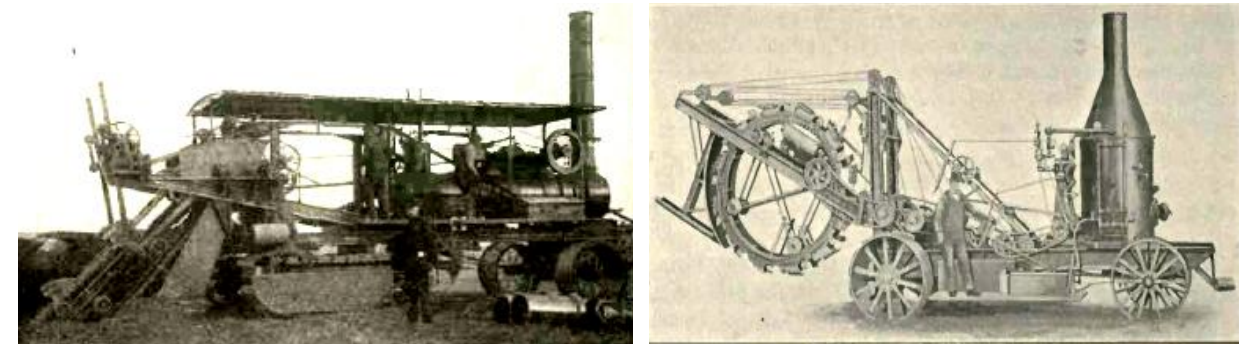
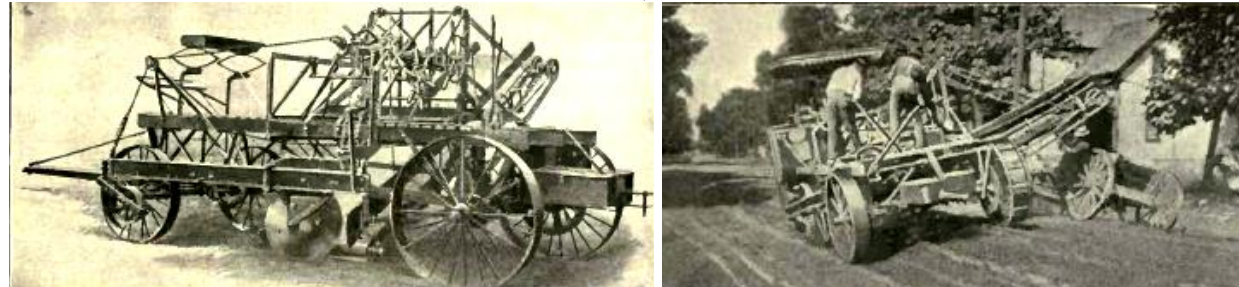


Рис. 4. ГЗУ для брусковых перемычек: а – вид спереди; б – вид сбоку



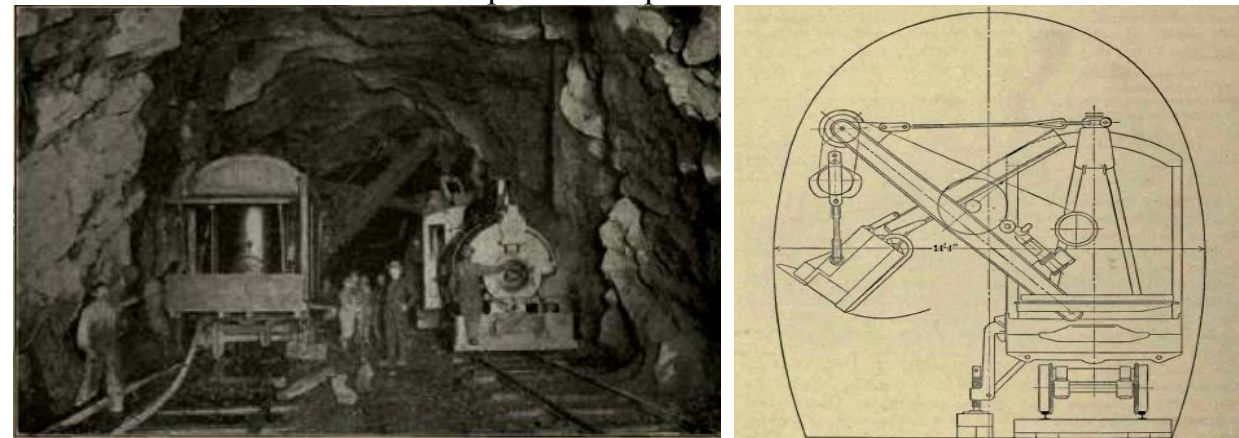
ЭТЦ и ЭТР



Грейдер-элеваторы (устройство и работа)



Прямая и обратная лопаты



Экскаватор для подземных работ

За истекшее столетие с лишним подверглись изменению практически все элементы машин (тяговые устройства, движители, двигатели, привод, кабины), кроме рабочих органов. Отсюда напрашиваются, по крайней мере, два существенных вывода:

– первые же рабочие органы были сконструированы настолько совершенно, что за целое столетие они претерпели незначительные изменения, вызванные в основном появлением новых технологий их изготовления;

– за истекшее столетие геометрические параметры рабочих органов должны быть доведены до совершенства.

Но тогда возникает вопрос. А есть ли перспективы поиска новых и совершенствования типовых конструкций рабочих органов? Конечно, есть. Как работают наши машины, рассмотрим на примере бульдозера. Этот трудяга наших строек изо всех сил упирается гусеницами в грунт только лишь для того, чтобы навешенным на него отвалом преодолеть предел прочности грунта. Но ведь даже ушедший в прошлое землекоп копал грунт с меньшими затратами энергии!

Безусловно, поиск принципиально новых рабочих органов можно и нужно осуществлять эвристическими методами. Однако столетний опыт эксплуатации машин скорее добавляет пессимизма, чем оптимизма, при попытке использовании таких методов на практике.

Но такую работу можно осуществлять на основе *методологий, базирующихся на аналитическом аппарате, идентификационном исследуемому процессу, аппарате, обеспечивающем возможность расчета всех параметров, доступных инструментальному контролю.*

При наличии таких методологий становится возможным уже на стадии проектирования оценить перспективы использования новых технологий разработки грунта или новых технических решений, обеспечивающих использование этих технологий при производстве земляных работ, а также совершенствовать традиционные рабочие органы машин для земляных работ. Такой подход позволит исключить непроизводительные затраты при освоении новой техники, обеспечит требуемое ее качество и, что самое важное, позволит оптимизировать проектирование рабочего оборудования, не предъявляя особо высоких требований к научному уровню квалификации конструкторов.

На кафедре СДПТМиО ведутся работы в этом направлении. Обеспечение оценки взаимодействия рабочих органов как старого, так и нового типа с грунтом, становится возможным на основе следующей научной гипотезы – замене внешних и внутренних воздействий на грунт эквивалентными им граничными значениями параметров на соответствующих поверхностях и площадках скольжения.

Для реализации изложенной методологии разработаны схемы резания и копания грунта типовыми рабочими органами, обеспечивающие расчет как силовых, так и геометрических параметров исследуемого процесса, а также обобщенная схема взаимодействия ножа с грунтом, пригодная для этих рабочих органов [1]. Схемы позволяют учесть влияние на процесс разработки грунта геометрических параметров рабочего органа, физико-механических свойств грунта и параметров, характеризующих режим ра-

ных телескопических штанг, путем изменения количества регулировочных шайб 3. Это автоматическое ГЗУ успешно эксплуатируется на ЗАО «Могилевский КСИ» с 2004 г.

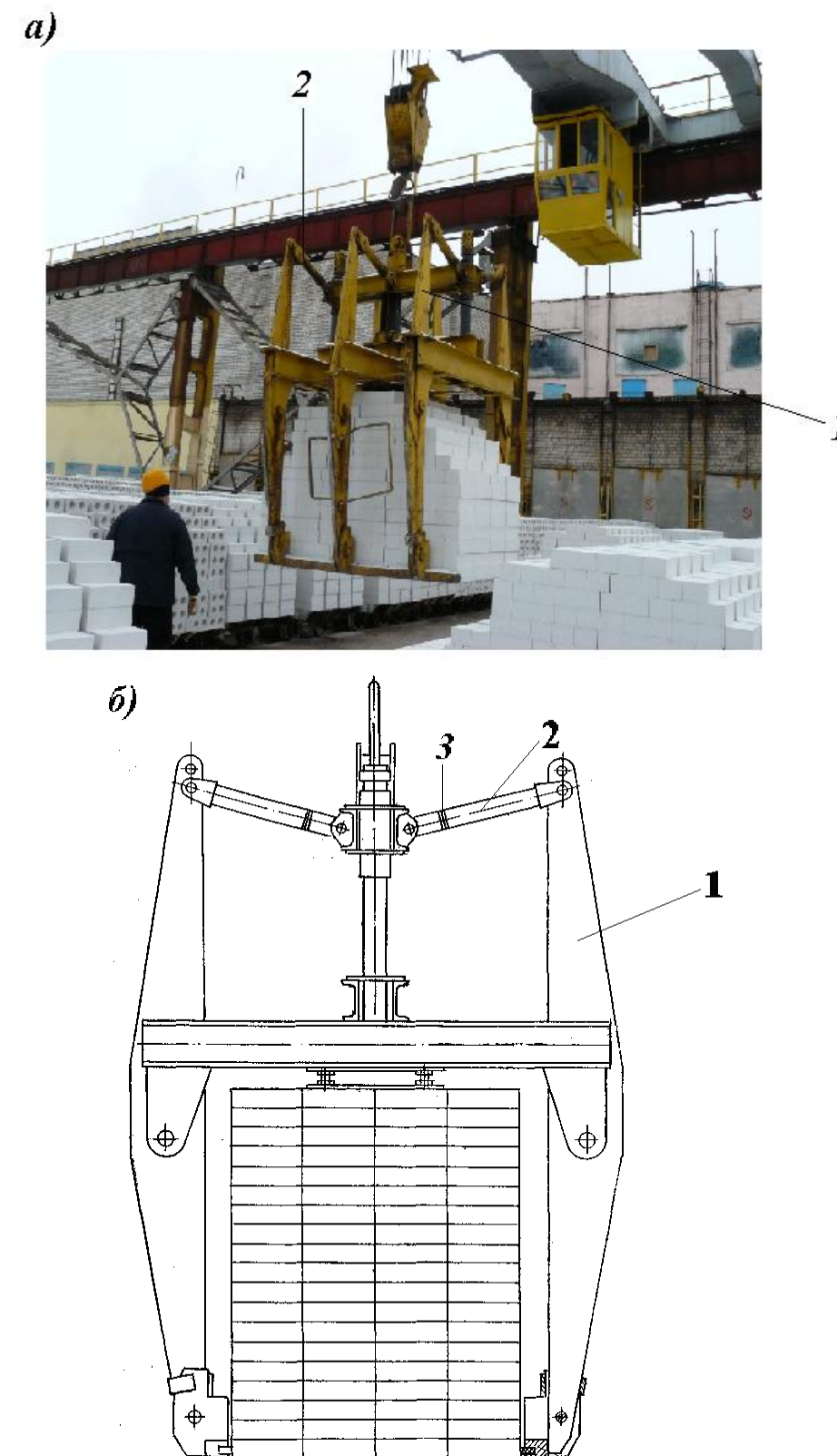


Рис. 3. ГЗУ для пакетов силикатного кирпича с увеличенным усилием сжатия: а – промышленный образец ГЗУ; б – принципиальная схема ГЗУ

Особенностью конструкции такого ГЗУ является то, что захват пакета осуществляется за счет сжатия нижнего ряда. Для обеспечения надежности в работе прижимные балки 1 располагаются при захвате пакета в нижней части сжимаемого ряда. При укладке пакета в кузов транспортного средства не всегда обеспечивается свободное полное опускание траверсы 2 и срабатывание механизма фиксации из-за задевания прижимными балками 1 за неровности пола, или контакта зажимными рычагами 3 с бортами кузова или ранее установленным пакетом при уплотненной загрузке. Это обусловлено тем, что траверса 2 имеет жесткую кинематическую связь с зажимными рычагами 3 и прижимными балками 1, т. е. подъем и опускание траверсы сопровождается обязательным сведением или разведением зажимных рычагов. В этом случае движением крана или тележки пакет разваливается и производится подъем порожнего ГЗУ с полностью сведенными зажимными рычагами. При этом не исключена возможность падения отдельных кирпичин из кузова и с прижимных балок, что ухудшает условия безопасности, увеличивает процент брака из-за боя кирпича и требует дополнительных затрат ручного труда по уборке складской площадки. Перед захватом очередного пакета ГЗУ краном устанавливается на специальную подставку для обеспечения полного опускания траверсы, разведения захватных рычагов и срабатывания механизма фиксации. Это требует дополнительного времени на перемещение ГЗУ и проход подкранового рабочего.

Усовершенствование вышеуказанного ГЗУ выполнено в соответствии с [2] и заключилось в том, что в нижних частях серег 4, т. е. в шарнирном соединении их с горизонтальными плечами зажимных рычагов 3 (см. рис. 2, а) предусмотрены продольные пазы длиной 40 мм. Это обеспечивает свободное полное опускание траверсы 2 при неподвижных зажимных рычагах 3. В верхней части зажимных рычагов 3 прикреплены вертикальные кронштейны 5, соединенные между собой пружиной растяжения 6, что обеспечивает разведение зажимных рычагов 3 после подъема порожнего ГЗУ.

С вводом в эксплуатацию на Могилевском КСИ новой технологической линии для производства силикатного кирпича вышеуказанное ГЗУ системы «Меламеда» не обеспечивает захват пакета. Это обусловлено тем, что на отечественных линиях кирпич в пакетах укладывается на «ребро», а на импортной – плашмя. Таким образом, высота сжимаемого ряда уменьшилась в 1,5–2 раза, что требует гораздо большего усилия сжатия для захвата пакета. С этой целью разработано автоматическое ГЗУ принципиально новой конструкции [3], представленное на рис. 3 и обеспечивающее большее усилие сжатия нижнего ряда пакета с возможностью регулирования этого усилия в широких пределах. Регулирование усилия сжатия осуществляется за счет изменения длины верхнего плеча захватных рычагов 1 и изменения длины приводных элементов 2, выполненного в виде распор-

боты, и обеспечивают возможность расчета практически всех параметров, доступных инструментальному контролю.

При расчетах обеспечивается последовательный переход от схемы, присущей исследуемому рабочему органу к обобщенной схеме, в которой взаимодействие грунта с рабочим органом имитируется силовыми факторами, каждый из которых отражает определенную группу факторов, влияющих на исследуемый процесс.

Появление прогностических свойств обусловлено не только учетом главных факторов, но и возможностью учета в обобщенной схеме каждого фактора, присущего исследуемому рабочему органу, или их группы независимо от остальных. Такая методология позволяет выбрать генеральную линию совершенствования технологии и оборудования для разработки грунта, а также осуществлять оценку и перспективы использования рабочих органов, как нового типа, так и традиционных.

Вторым перспективным направлением, развиваемым на кафедре, является разработка методологии расчета, рассматривающей взаимодействие всей машины (на примере гусеничного бульдозера) с грунтом [2]. Это новое направление позволяет поставить следующий вопрос. А соответствуют ли, собственно говоря, параметры трактора тем требованиям, которые предъявляет технология выполнения бульдозерных работ, и нагрузкам, возникающим при копании. До настоящего времени бульдозерное оборудование проектируется применительно к определенному типу трактора. А ведь и параметры трактора должны быть приспособлены к выполняемым бульдозером работам.

Отсюда вытекает и одна из проблем развития отечественного машиностроения – приспособленность гусеничных и колесных тракторов общего назначения для работы в качестве тягачей машин для земляных работ. Необходимо выработать рекомендации, обеспечивающие адаптацию некоторых параметров тракторов, предназначенных для работы с землеройным оборудованием (например, жесткость подвески применительно к бульдозеру) к рабочим органам.

Строго говоря, совершенствование типовых машин возможно лишь при таком подходе к делу, с одной стороны, а с другой – с учетом тех условий, где будет работать машина. Предприятия, выпускающие машины, если они хотят создания действительно конкурентоспособной машины, должны разрабатывать не только их типоразмерные ряды, но и в каждом классе типоразмерного ряда выпускать машины и их рабочие органы, приспособленные к тем условиям, где она будет работать.

Конечно, адаптация рабочих органов применительно к разрабатываемому грунту, как и серийных машин, является достаточно сложной задачей и требует значительных интеллектуальных усилий. И не все предприятия республики имеют высокопрофессиональных конструкторов для этой цели. Поэтому эта работа должна вестись для машин, достаточно успешно

освоенных отечественной промышленностью, и имеющих свой рынок сбыта. *В противном случае, если это не будет принципиально новым рабочим органом, лучше купить необходимую машину, чем вкладывать в ее разработку и освоение выпуска огромные средства.*

Перед отечественным машиностроением, занятым выпуском машин для земляных работ, стоит ряд нерешенных проблем. Рассмотрим некоторые из них.

Отставание в области силового оборудования. Это касается и двигателей внутреннего сгорания, и гидравлического оборудования, и пневмокомпрессоров. И если компрессоростроение благодаря усилиям ЗАО «Ремеза» г. Рогачева за последнее 10-летие вышло на мировой уровень по освоенной номенклатуре и давлению, развиваемому компрессорами (8–40 bar), то остальное оборудование значительно уступает зарубежному.

Отставание в области минитехники. До настоящего времени при работе на мелких объектах рытье траншей осуществляется в лучшем случае экскаваторами на базе тракторов МТЗ. За рубежом для этой цели используются миниэкскаваторы. Машинист садится на эти экскаваторы как на обычный стул. Тем не менее, они копают грунт ниже зоны промерзания даже для условий нашей республики. Широко используются другие мини-машины. Это и кабелеукладчики, и подъемники для работ на стенах зданий и много других машин. Только представьте – там, где у нас используются машины на базе грузовиков с подъемниками для покраски стен, за рубежом используются прицепные к обычной, даже легковой машине, подъемники, двигатель которых имеет мощность, обычно не превышающую 6 кВт, а то и вообще может использоваться электродвигатель, подключаемый к электросети дома. Вот где можно экономить.

Использование сталей невысокого качества. Достаточно посмотреть хотя бы на штоки гидроцилиндров зарубежных машин, чтобы убедиться в этом. Другой пример – стали, из которых изготавливают ножи землеройно-транспортных машин. За рубежом для этой цели используются высоколегированные стали, с последующей качественной термообработкой, либо упрочнением режущей части твердыми сплавами. У нас ножи изготавливают обычно из недорогой стали типа 65Г с термообработкой передней поверхности. Такой подход получил широкое распространение на отечественных заводах-изготовителях рабочих органов. Рабочие органы получаются дешевыми и имеют невысокий ресурс, что приводит к их частой замене, обычно из подсобных материалов, что еще хуже. Использование сталей невысокого качества приводит к утяжелению машин, а, следовательно, к снижению их скорости передвижения и производительности.

Невысокая специализация производства. Зарубежный опыт показывает, что наибольшего успеха в повышении качества изделий добиваются специализированные предприятия, занимающиеся выпуском продукции одного типа. При выпуске машин высокой сложности широко используют

Особенностью этого ГЗУ является включение параллельно грузовым ветвям 1 пружин растяжения 2, для предварительной вертикальной нагрузки чалочных крюков 3. Это обеспечивает повышение удобства строповки и подтягивание чалочных крюков вверх после отстроповки, что исключает возможность их самопроизвольного зацепления за элементы контейнера. Отстроповка контейнера осуществляется при опускании траверсы 4 и ее взаимодействия с приводными рычагами, которые поворачивают валы 5 с закрепленными по концам отстроповочными рычагами 6. Концы отстроповочных рычагов цепочками 7 соединены с нижней частью чалочного крюка 3.

Съем с автоклавных вагонеток и отгрузка пакетов силикатного кирпича без транспортных поддонов на ЗАО «Могилевский КСИ» производилась с использованием автоматического ГЗУ рычажного типа системы «Меламеда», представленного на рис. 2.

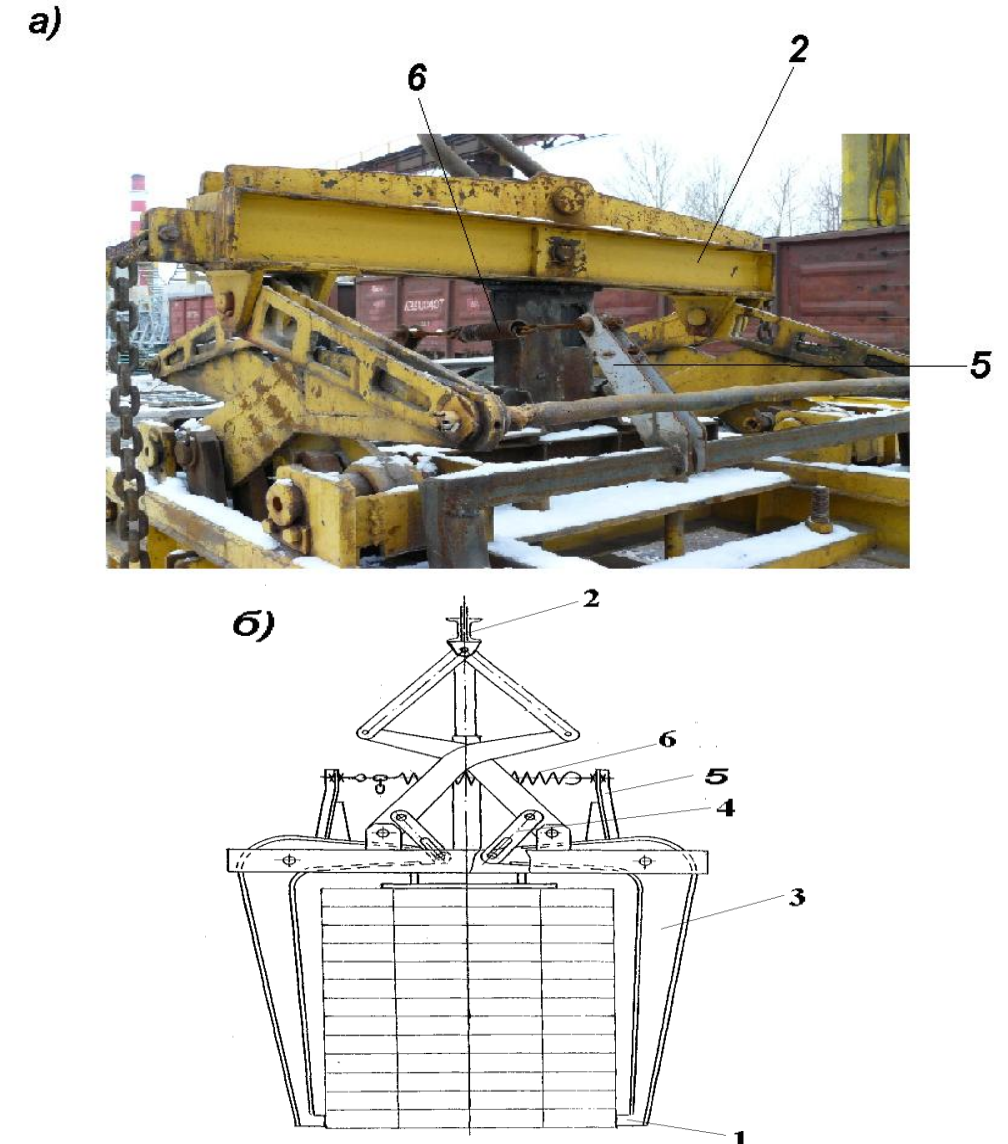


Рис. 2. Усовершенствование ГЗУ для пакетов силикатного кирпича: а – промышленный образец ГЗУ; б – схема ГЗУ

ные элементы разведены в противоположные стороны. При установке ГЗУ на захватываемый груз производится полное опускание траверсы. При этом срабатывает механизм фиксации, который разъединяет траверсу от рамы. При последующем подъеме траверсы, она по вертикальным направляющим удаляется от рамы и своими приводными элементами приводит к повороту захватных элементов навстречу друг другу, обеспечивая тем самым захват груза. После установки груза на требуемое место и дальнейшее опускание траверсы, захватные элементы поворачиваются в противоположные стороны, освобождая груз, а механизм фиксации опять соединяет траверсу с рамой.

Кафедрой СДПТМиО для ЗАО «Могилевский КСИ» с 1985 г. разработаны и внедрены в производство более десятка новых автоматических и полуавтоматических ГЗУ, а так же предложения по совершенствованию конструкции существующих. Описание некоторых из них представлено ниже.

Отгрузка контейнеров со строительными блоками до 1987 г. производилась с использованием траверсы и ручным выполнением строповочных операций с привлечением трех стропальщиков – два на строповке и один на отстроповке контейнера в кузове транспортного средства. Разработанное полуавтоматическое ГЗУ для контейнеров [1], представлено на рис 1 и обеспечивает повышение удобства строповки с привлечением одного стропальщика и автоматическую отстроповку.

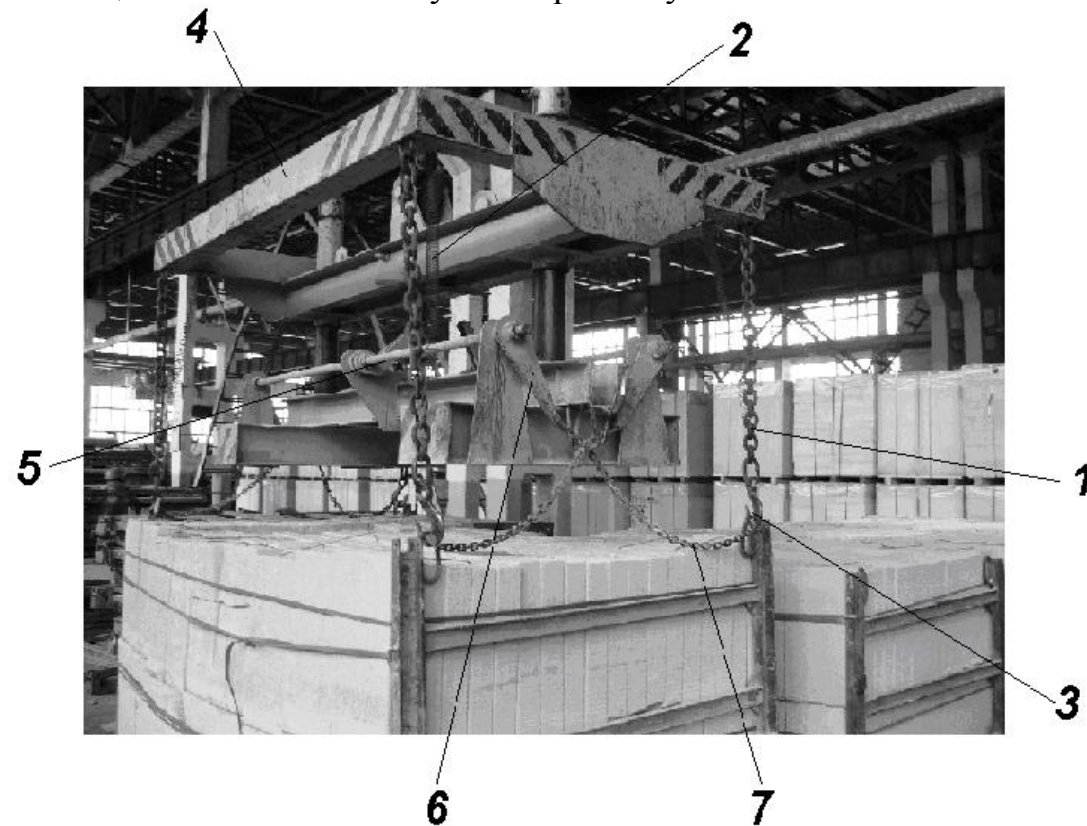


Рис. 1. Полуавтоматическое ГЗУ для контейнеров

ся поставки деталей, узлов и агрегатов, выпускаемых на специализированных предприятиях. Даже отечественный опыт подтверждает это положение. Действительно, предприятию, самостоятельно занимающимся выпуском большинства узлов и деталей машины (например, пружины, гидроцилиндры, и даже крепеж), трудно обеспечить их высокое качество. А с другой стороны, затраты на производство таких узлов и деталей будет значительно выше, чем у специализированных предприятий.

Подготовка узкоспециализированных кадров. Высшее образование на постсоветском пространстве выпускает специалистов широкого профиля. Такие специалисты нужны для производства, но их уровень явно недостаточен для высококвалифицированной работы конструктора. И пока конструктор приобретет соответствующий опыт, проходят целые десятилетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Берестов, Е. И.** Научно-технические принципы разработки рабочего оборудования для землеройных машин / Е. И. Берестов, А. П. Смоляр // Интерстроймех-2006 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – М., 2006. – С. 53–55.
2. **Лесковец, И. В.** Методика определения параметров больших и малых сдвигов при копании грунта отвальным рабочим органом / И. В. Лесковец, Е. И. Берестов // Строительная наука и техника. – 2009. – № 1. – С. 86–91.

ТВОРЧЫ ПАДЫХОД – ГАРАНТЫЯ ПОСПЕХУ

Проведен анализ работы кафедры машин и аппаратов химических и силикатных производств Белорусского государственного технического университета в направлении формирования интеллектуального потенциала белорусской молодежи. Отмечена изобретательская работа научных кадров. Предложено проводить работу по активизации внедрений результатов изобретательской деятельности в производство.

Асноўнае багацце нашай краіны гэта яе інтэлектуальны патэнцыял, які фарміруецца ў вышэйшых навучальных установах (ВНУ). Таму перад ВНУ ставіцца адказная задача па падрыхтоўцы ўсебакова развітай асобы. Адным з важнейшых напрамкаў у рашэнні пастаўленай задачы з'яўляецца ўцягненне студэнтаў у творчы працэс. Мы павінны не толькі даць студэнтам аб'ём тэарэтычных і практычных ведаў, але і зарадзіць ў іх дух творчасці, прычым інжынернай творчасці. Нездарма “інжынер” з лацінскай мовы перакладаецца як “выходнік”.

Кафедра ўтворана ў 1966 г. Яе заснавальнік і кіраўнік на працягу 30 гадоў праф. Плёхаў І. М. быў заслужаным вынаходнікам Рэспублікі Беларусь. На яго рахунку каля 200 вынаходстваў, шмат якія рэалізаваны ў вытворчасці. У большасці выкладчыкаў таксама па некалькі дзесяткаў вынаходстваў. У вынаходніцкую і навуковую работу актыўна ўцягваюцца студэнты.

Пачаткам гэтага працэсу можна лічыць вывучэнне дысцыпліны “Асновы інжынернай творчасці і інаватыка” [1]. У час яе засваення студэнты вывучаюць разнастайныя метады інтэнсіфікацыі інжынернай творчасці: мазгавы штурм, сінэктыка, марфалагічны і функцыянальна-вартасны аналіз, алгарытм рашэння вынаходніцкіх задач і інш. Асабліваю цікавасць выклікаюць практычныя заняткі, дзе пануе дух творчасці і студэнты нават забываюцца пра перапынак. Менавіта на гэтых занятках большасць з іх пачынае разумець, што яны могуць нешта цікавае прапанаваць, рашыць складаную задачу. Заклучным акордам творчай часткі заняткаў з'яўляецца прадметная алімпіяда, дзе выяўляецца пераможца і прызеры. Дарэчы такую алімпіяду можна было б правесці з прыцягненнем студэнтаў з другіх ВНУ.

Канешне, рашыць тэхнічную задачу, выказаць арыгінальную ідэю гэта здорава, але не менш важным з'яўляецца магчымасць стаць аўтарам гэтай ідэі. І такімі пытаннямі мы таксама займаемся пры засваенні дысцыпліны “Асновы інжынернай творчасці і інаватыка”. Студэнты вывучаюць

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ КАФЕДРЫ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ» ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье представлена история сотрудничества работников кафедры Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование с ЗАО «Могилевский КСИ». За период с 1985 года по настоящее время, разработаны и введены в эксплуатацию более десяти новых полуавтоматических и автоматических грузозахватных устройств.

Производство строительных материалов (силикатный кирпич, строительные блоки, брусковые перемычки и др.) связано с выполнением больших объемов подъемно-транспортных работ, как на технологических линиях, так и при складской переработке и отгрузке готовой продукции с использованием грузоподъемных кранов. При выполнении этих работ наиболее трудоемкими и массовыми вспомогательными операциями, выполняемыми вручную, являются строповочные операции. Следует отметить сложность и небезопасность труда стропальщиков, особенно при работах на открытых площадках при неблагоприятных метеорологических условиях и в стесненных условиях кузова транспортных средств. Кроме того, продолжительность ручного выполнения строповочных операций составляет 15–25 % и более продолжительности цикла работы крана, что снижает их производительность. Сокращение затрат ручного труда стропальщиков, улучшение его условий, повышение производительности грузоподъемных кранов возможно на основании использования автоматических и полуавтоматических грузозахватных устройств (ГЗУ). В функции стропальщика в этом случае входит лишь успокаивание и ориентирование ГЗУ при наведении его на захватываемый груз и укладке последнего на требуемое место. Захват и освобождение груза осуществляется автоматически за весьма короткий промежуток времени – 2–3 с.

Принцип действия большинства автоматических ГЗУ основан на использовании механизма фиксации «Меламеда». Такие ГЗУ обычно содержат раму с закрепленными на ней захватными элементами и траверсу, навешиваемую на крюк крана и имеющую возможность относительного перемещения по вертикальным направляющим рамы и связанной с ней вышеуказанным механизмом фиксации. На траверсе шарнирно смонтированы приводные элементы, связанные с захватными элементами. В исходном положении траверса расположена вблизи по отношению к раме и удерживается в этом положении механизмом фиксации. При этом захват-

изготовителей по их ресурсу, что позволит реализовать резервы повышения работоспособности СДМ и увеличить этап эксплуатации жизненного цикла конкретной машины.

Достижение максимального эффекта при эксплуатации СДМ возможно только в результате комплексных взаимодействующих мероприятий на этапах жизненного цикла конкретной машины с учетом динамики ТЭП при ее использовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция о порядке начисления амортизации основных средств и нематериальных активов от 27.02.2009 № 37/18/6.
2. Дорожно-методический документ «Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования» ДМД 0202191.7.008-2009. Введ. 01.03.09. – Минск : БелдорНИИ, 2008. – 90 с.
3. **Зорин, В. А.** Основы работоспособности технических систем : учебник для вузов. – М. : ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.
4. Влияние наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин и себестоимость механизированных работ / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 6(27). – С. 73–76.
5. Влияние качества изготовления и технической эксплуатации на работоспособность строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 3 (24). – С. 68–73.
6. **Максименко, А. Н.** Определение целесообразности использования строительно-дорожных машин и оценка эффективности их эксплуатации / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов // Механизация строительства. – 2009. – № 3. – С. 14–20.
7. **Максименко, А. Н.** Планирование годового количества рабочего времени и годовой наработки строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов, А. Н. Сидоров // Автомобильные дороги и мосты. – 2010. – №1 (5). – С. 77–81.
8. **Максименко, А. Н.** Оценка эффективности использования изделий машиностроения / А. Н. Максименко, В. А. Максименко, А. А. Максименко // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 2 (9). – С. 98–103.
9. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
10. Влияние наработки с начала эксплуатации на эффективность использования строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2007. – № 6 (27). – С. 73–77.
11. Максименко, А. Н. Оценка эффективности использования строительных и дорожных машин : монография / А. Н. Максименко. – Могилев: Белор.-Рос. ун-т, 2012. – 213 с.

патэнтнае заканадаўства, правілы афармлення заявак на вынаходства і складаюць вучэбную заяўку.

Далейшае развіццё творчых навыкаў рэалізуецца ў межах дысцыпліны “Вучэбна-даследчая работа студэнтаў”. Дысцыпліна даволі значная па аб’ёму (68 гадзін) запланавана на 8 семестр выключна ў выглядзе лабараторных заняткаў. Гэтыя заняткі праводзяцца ў складзе невялікіх падгруп і індывідуальна. Перад студэнтамі ставіцца задача на ўвесь семестр. Тэматыка работ у асноўным адпавядае навуковым напрамкам дзейнасці кафедры. У асобных выпадках праводзяцца пошукавыя работы ў перспектывных напрамках. Па выніках навукова-даследчай работы за семестр складаецца справаздача і па кожнай індывідуальнай тэматыцы робіцца даклад на студэнцкай навукова-тэхнічнай канферэнцыі. Лепшыя даклады друкуюцца і на іх падставе афармляюцца работы, падаваемыя на рэспубліканскі конкурс.

Развіццё творчых навыкаў, набытых пры засваенні дзвюх указаных дысцыплін, працягваецца пры выкананні курсавых і дыпломных праектаў. Лепшыя студэнты паступаюць ў магістратуры і аспірантуры.

Аспіранты займаюцца навуковай работай, звязанай з двума асноўнымі навуковымі напрамкамі кафедры: комплексная ачыстка газаў, тэхналогія і тэхніка дэзінтэграцыі матэрыялаў. Гэтыя напрамкі адпавядаюць двум спецыялізацыям, па якіх праводзіцца падрыхтоўка інжынераў-механікаў на кафедры: машыны і апараты хімічных вытворчасцей і машыны і абсталяванне прадпрыемстваў будматэрыялаў.

Першы напрамак цесна звязаны з асобай заснавальніка кафедры праф. Плехава І. М. Гэты напрамак азначаны некалькімі перыядамі: росквіту (70–80 гг.) і заняпаду (90 г.). Зараз ён інтэнсіўна аднаўляецца з арыентацыяй на высокатэмпературныя працэсы – ачыстка газаў пасля печы і сушылак.

Другі навуковы напрамак на кафедры развіваецца ў апошнія пятнаццаць гадоў. Яго кіраўнікамі з’яўляюцца д-р тэхн. нав., праф. Ляўданскі Э. І. і д-р тэхн. нав., праф. Вайцяховіч П. Я. Група, якую ўзначальвае праф. Ляўданскі Э. І., займаецца ў асноўным распрацоўкай і даследаваннем ударна-цэнтрабежных млыноў. Работы ў сваёй большасціносяць практычную накіраванасць. Вельмі шмат адзінак тэхнікі ўкаранена ў сельскагаспадарчай вытворчасці для памолу зерна. Група Вайцяховіча П. Я. займаецца вывучэннем здрабняльнага абсталявання ў больш шырокім напрамку. Гэта сярэдне- і хуткаходныя млыны розных спосабаў уздзеяння на разбураемы матэрыял. Сярод іх сярэднеходны валковы млын, дэзінтэгратар, цэнтрабежна-шаравы і планетарны млыны, шаравы млын з мяшалкай і нават кавітацыйны дыспергатар. Прычым асноўным метадам даследавання выбрана мадэліраванне, а больш канкрэтна – матэматычнае мадэліраванне руху здрабнямага матэрыялу і рабочых органаў машын. Мадэліраванне не з’яўляецца саматэмай. Матэматычныя мадэлі

выкарыстоўваюцца як інструмент для аптымізацыі канструкцыйных і тэхналагічных параметраў здрабняльных агрэгатаў.

Пры рэалізацыі сваіх ідэй па здрабленню матэрыялаў і вывучэнню здрабняльнай тэхнікі цесна супрацоўнічаем з праф. кафедры будаўнічых, дарожных і пад’ёмна-транспартных машын Беларуска-Расійскага ўніверсітэта Сівачэнка Л. А. Ён з’яўляецца асноўным і актыўным нашым апанентам. І як выдома менавіта ўтворчай дыскусіі нараджаецца ісціна. Нажаль, нягледзячы на высокі навуковы патэнцыял у Беларусі ў галіне здрабнення матэрыялаў, наша вытворчасць яго слаба выкарыстоўвае. Адсюль, напрыклад, узнікаюць вялікія праблемы з рэалізацыяй гэтага працэсу на цэментных заводах.

Вяртаючыся да вынікаў дзейнасці кафедры ў галіне навукі і выхавання творчай моладзі, можна прызнаць іх годнымі. Супрацоўнікамі кафедры абаронена 5 доктарскіх і каля 30 кандыдацкіх дысертацый. Увесь выкладчыцкі калектыў укамплектаваны выключна сваімі выпускнікамі. Шмат выпускнікоў працуе выкладчыкамі і нават загадчыкамі іншых кафедр нашага і другіх універсітэтаў. З моманту заснавання падрыхтавана некалькі тысяч інжынераў-механікаў для розных галін вытворчасці, многія з якіх сталі кіраўнікамі прадпрыемстваў. Вынікі навуковай работы надрукаваны ў 3 манаграфіях [2–4] і шматлікіх артыкулах. Але галоўная наша заслуга ў тым, што традыцыі кафедры, назапашаны аб’ём ведаў, творчы настрой мы імкнемся перадаць маладому пакаленню. Мы адкрыты для супрацоўніцтва з любым творчым калектывам і лічым, што навука гэта невычарпальная крыніца і месца ў ёй хопіць усім.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вайцяховіч, П. Я.** Основы инженерной творческой : вучэб. дапам. / П. Я. Вайцяховіч. – Мінск : БДТУ, 2005. – 128 с.
2. **Левданский, А. Э.** Высокоэффективные проточные процессы и аппараты / А. Э. Левданский, Э. И. Левданский. – Минск : БГТУ, 2001. – 235 с.
3. **Волк, А. М.** Разделение многофазных систем в полях массовых сил / А. М. Волк, В. А. Марков. – Минск : БГТУ, 2006. – 216 с.
4. **Вайтехович, П. Е.** Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил / П. Е. Вайтехович. – Минск : БГТУ, 2008. – 220 с.

$$P = (K_{HT} \cdot C_T - C_e^{PP}) \cdot P_T \cdot K_c \cdot K_P^X \cdot K_{\Sigma} \cdot (H - H_{OK}) . \quad (5)$$

Величина прибыли до определения наработки будет расти, а затем уменьшаться [8]. Важно в процессе эксплуатации машины определить наработку соответствующую максимальной прибыли до капитального ремонта. Это величина H_{OPT} (экономический ресурс) соответствует нулевому значению производной рассматриваемой зависимости (2). После наработки H_{OPT} при плановом текущем ремонте по результатам диагностики целесообразно провести агрегатный метод ремонта с заменой сборочных единиц и агрегатов, снижающих эффективность использования машины, на новые или капитально отремонтированные на специализированных предприятиях, что позволит увеличить ресурс машины.

Анализ количественных изменений выходных параметров после ремонта с учетом его стоимости позволяет определить эффективность проводимых мероприятий по восстановлению работоспособности машины. При внедрении агрегатного метода ремонта, капитальный ремонт СДМ и агрегатов проводится при необходимости ремонтировать дорогостоящие базовые сборочные единицы или детали.

Исследования показали, что происходит улучшение выходных параметров машины после капитального ремонта, но численные значения интенсивности их изменений при увеличении наработки значительно уступают начальным значениям новой машины [3, 8, 9].

Получаемая прибыль после капитального ремонта может определяться как и до ремонта по аналогичной формуле:

$$P_p = (K_{HT} \cdot C_T - C_{eP}^{PP}) \cdot P_{TP} \cdot K_{PP}^X \cdot K_{\Sigma P} \cdot (H_p - H_{OKP}) , \quad (6)$$

где C_{eP}^{PP} , P_{TP} , K_{PP}^X , $K_{\Sigma P}$, K_{HT} , H_p , H_{OKP} – соответствующие обозначения как и в формуле (5) с численным значением после капитального ремонта.

Целесообразность проведения капитального ремонта машины определяется снижением затрат на один моточас наработки до ремонта и после.

При планировании промежуточных углубленных текущих (сборочные единицы машины имеют разные ресурсы, которые требуют капитального ремонта в пределах 0,5–1 ресурса машины) и капитальных ремонтов за рассматриваемые интервалы можно принимать наработки с разовыми затратами по восстановлению работоспособности и не входящие в текущие эксплуатационные затраты. В этом случае наработка списания машины будет определена по формуле

$$H_{\Sigma} = H_{OPT} + \sum_{i=1}^K H_{OPTi} ; \quad (7)$$

где H_{OPT} , H_{OPTi} – оптимальная наработка, соответственно до ремонта и после i -го ремонта.

Использование информационных технологий позволяет создать базу данных с анализом изменений выходных параметров не только машины в целом, но и ее сборочных единиц, агрегатов и систем в соответствии с алгоритмами приведенными в работах [5, 10], а также данных предприятий-

Обеспечение работоспособности СДМ с учетом динамики выходных параметров в процессе эксплуатации

Получение максимальной прибыли при эксплуатации СДМ возможно при учете стоимости изготовления и ремонта, а также динамики выходных параметров в процессе их наработки с начала эксплуатации. При приобретении или ремонте машины важно прогнозировать наработку окупаемости затрат и возможности получения максимальной прибыли за этап эксплуатации ее жизненного цикла.

Стоимость изготовления ($C_{и}$) машины окупается при выполнении полезной работы и дальнейшая их эксплуатация приносит прибыль, которая зависит от изменений количества рабочего времени, производительности и себестоимости машино-часа в зависимости от наработки с начала эксплуатации. Динамика изменений этих технико-экономических показателей приведена в работах [4, 5, 6, 7], которая позволяет сделать вывод о целесообразности учитывать наработку с начала эксплуатации СДМ при планировании и организации строительного производства и обеспечения их работоспособности. Эту наработку можно учитывать через изменения коэффициентов: внутрисменного использования ($K_{п}$), коэффициента технического использования ($K_{ти}$) и коэффициента снижения технической производительности ($K_{с}$), а также себестоимости единицы производимой работы. С учетом перечисленных изменяющихся от наработки выходных параметров прибыль (Π) от наработки по прибору (H) можно определить по формуле

$$\Pi = (K_{нт} \cdot C_T - C_e^{пр}) \cdot \Pi_T \cdot K_c \cdot K_{п}^x \cdot H \cdot K_э - C_{и}, \quad (2)$$

где $K_{нт}$ – коэффициент, учитывающий повышение качества производимой работы при реализации перспективных технологий.

Приведенная себестоимость механизированных работ может определяться по формуле

$$C_e^{пр} = \frac{C_{мч} \cdot K_H}{\Pi_T \cdot K_c \cdot K_{п}}, \quad (3)$$

где $C_{мч}$ – себестоимость машино-часа машины, которая возрастает с увеличением ее наработки, руб/машчас; K_H – коэффициент накладных расходов при производстве механизированных работ.

На основании формулы 2 наработку окупаемости определяем приравняв правую его часть к нулю, получаем зависимость:

$$H_{ок} = \frac{C_{и}}{(K_{нт} \cdot C_T - C_e^{пр}) \cdot \Pi_T \cdot K_c \cdot K_{п}^x \cdot K_э}. \quad (4)$$

После наработки $H_{ок}$ прибыль будет зависеть от роста себестоимости $C_{мч}$ и снижения эксплуатационной производительности, а также увеличения простоев в технических обслуживаниях и ремонтах, которые снижают количество рабочего времени.

Получаемую прибыль после наработки $H_{ок}$ при использовании машины можно определять по формуле

УДК 625.8

А. В. Гуркина

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«ИГЛОТЕРАПИЯ» ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье проанализированы достоинства, недостатки и особенности строительных конструкций из древесины. Выявлено направление, позволяющее упрочнить поверхность деревянных конструкций. Предложены варианты оборудования, позволяющие добиться высокой поверхностной твердости и прочности древесины.

Древесина – ценный конструкционный строительный материал, являющийся продуктом леса, запасы которого возобновляются после его использования. Древесные породы, применяемые в качестве конструкционных изделий (брус, полубрус, доска, паркет и др.) требуют соответствующей обработки поверхности с целью повышения долговечности, упрочнения поверхностных слоев и придания им эстетического вида [1].

Древесина, как и другие строительные материалы, имеет свои достоинства и недостатки. К достоинствам можно отнести:

- наличие широкой, постоянно возобновляемой сырьевой базы;
- относительно малая плотность;
- высокая удельная прочность;
- стойкость к солевой агрессии, к воздействию других химически агрессивных сред;
- биологическая совместимость с человеком и животными (в зданиях из древесины наилучший микроклимат);
- высокие эстетические и акустические свойства;
- малый коэффициент теплопроводности поперек волокон;
- малый коэффициент линейного расширения вдоль волокон;
- меньшая трудоемкость механической обработки, возможность создания гнутоклееных конструкций.

Недостатки:

- анизотропия строения древесины;
- подверженность загниванию и поражению жуками-древоточцами;
- сгораемость в условиях пожара;
- изменение физико-механических характеристик под воздействием различных факторов (влаги, температуры);
- усушка, разбухание, коробление и растрескивание под влиянием атмосферных воздействий;
- наличие пороков (сучки, косослой и других), существенно снижающих качество изделий и конструкций;
- ограниченность сортамента лесоматериалов [2].

На начало 2013 г. земли лесного фонда Республики Беларусь (включая лесные болота, дороги, водоемы) составляли 9,3 млн гектаров, из которых 8,1 млн гектаров – территории, покрытые лесом. По ряду показателей, характеризующих лесосырьевые ресурсы, Беларусь входит в десятку ведущих лесных государств Европы. Лесистость территории Беларуси составляет 39,1 %. Показатель лесистости территории определяется отношением покрытой лесом площади к площади территории в целом.

Более 60 % лесов Республики Беларусь представлены хвойными породами, причем 50,2 % от всей этой массы представлено сосной (рис.1) [3].

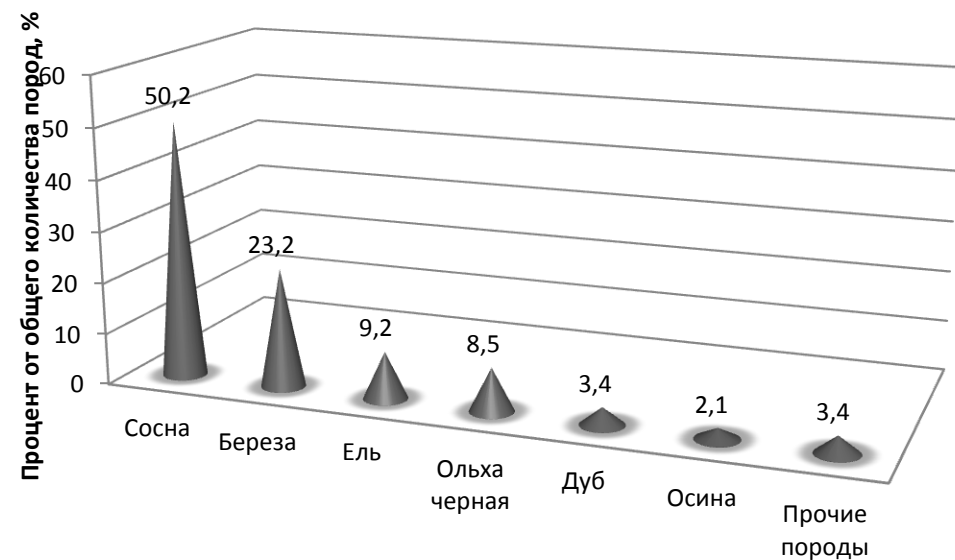


Рис. 1. Состав лесов Республики Беларусь

Распространенность данной породы и ее физико-механические характеристики (плотность, статическая твердость, износостойкость и др.) обусловили выбор древесины для последующей модификации путем виброударной стержневой обработки.

Анализ информации показал, что все основные недостатки при модификации поверхности деревянных изделий можно разделить на несколько категорий [4]. Во-первых, все основные способы упрочнения и модифицирования поверхностей деревянных изделий являются затратными по части оборудования и дополнительных материалов. Во-вторых, при обработке существующими способами возможны существенные изменения по форме. В-третьих, обработка, в некоторых случаях, возможна только при определенных размерах образца.

Для решения этих задач предложен способ упрочнения поверхностей деревянных конструкций виброударной стержневой обработкой [5]. По данному способу поверхность древесины обрабатывается составом, который может быть различным, в зависимости от нужных свойств поверхно-

Анализ количественных изменений выходных параметров после ремонта с учетом его стоимости позволяет определить эффективность проводимых мероприятий по восстановлению работоспособности машины. Капитальный ремонт СДМ и агрегатов проводится, если выходят из строя их дорогостоящие базовые детали. Исследования показали, что улучшаться выходные параметры машины после КР, но численные значения интенсивности их изменений при увеличении наработки значительно уступят начальным значениям новой машины.

Целесообразность проведения КР определяется минимальными удельными затратами на 1 моточас до значения $N_{\text{опт}}$ и $N_{\text{оптр}}$ по формуле

$$\frac{C_u}{N_{\text{опт}}} \geq \frac{C_p}{N_{\text{оптр}}}, \quad (1)$$

где C_u – стоимость новой машины, р.; C_p – стоимость КР машины, р.; $N_{\text{опт}}$ и $N_{\text{оптр}}$ – наработки максимальных значений прибыли для новой машины и после проведения КР соответственно, моточас.

Количество КР определяется стоимостью их проведения, восстанавливаемым ресурсом и динамикой ТЭП в процессе эксплуатации после ремонта. Стоимость КР СДМ составляет 0,4–0,6 от стоимости новой машины и 0,25–0,65 – агрегатов и сборочных единиц (СЕ) [3]. Причем меньшее значение соответствует первому КР с увеличением стоимости последующих ремонтов. Ресурс любого восстанавливаемого изделия должен составлять не менее 80 % нового. В настоящее время развитие СДМ идет по пути усложнения СЕ и агрегатов, широкого применения гидропривода и автоматизированных систем для управления машин. Все это влечет за собой усложнение поддержания и восстановления работоспособности СДМ.

В этих условиях важно организовать КР СЕ и агрегатов на специализированных предприятиях, обеспечивающих высокое качество и планируемый ресурс после ремонта.

После КР выходные параметры машины улучшаются, но численные значения и интенсивность качественного изменения значительно уступают начальным значениям новой машины. Более высокая интенсивность снижения эксплуатационной производительности и повышение затрат на поддержание и восстановление работоспособности значительно сокращает рациональную наработку между КР. При каждом КР отсчет наработки машины начинается с нуля для определения текущих значений ТЭП.

Ресурс и стоимость новой машины, общая наработка, тонкость фильтрации рабочей жидкости гидропривода и другие ТЭП установленные фирмой-изготовителем показывают, что за срок службы рекомендуется один КР.

Исследования по продолжительности этапа эксплуатации жизненного цикла погрузчика Амкодор-332 показали о целесообразности проведения двух КР, т. е. срок службы может быть увеличен. В каждом конкретном случае целесообразность проведения второго КР определяется с учетом формулы 1 [11].

держек на поддержание и восстановление работоспособности машин. Используя существующую методику невозможно определить эффективность использования конкретной машины на строительной площадке. При этом парк в целом может работать с прибылью, а отдельная машина работать с убытком. Основа предлагаемой методики оценки эффективности использования машин дорожной отрасли заложена в анализе работы конкретной машины с определением прибыли или убытка от ее использования. Далее по нарастающей определяется эффективность использования комплекта, комплекса и парка, что в совокупности приводит к увеличению общей прибыли. При этом техническая производительность определяется для каждой машины в отдельности и учитывается снижение количества рабочего времени через коэффициенты технического использования и внутрисменного режима работы. Машина может работать с прибылью или с убытком из-за простоев на участке, снижения производительности и повышения затрат на поддержание и восстановление ее работоспособности. В предлагаемой методике эти изменения учитываются, что в совокупности позволяет производить оценку эффективности использования машины. Целесообразности проведения КР и определять наработку ее списания.

В настоящее время поддержание и восстановление работоспособности СДМ выполняется по факту, когда машина выходит из строя, а оценка эффективности ее работы ведется на основании усредненных данных. Усредненный учет показателей работы не позволяет установить динамику изменения технико-экономических показателей машин дорожной отрасли, а также определить фактическую трудоемкость ремонтно-восстановительных операций и продолжительность нахождения ее в ремонте. В настоящее время уже появляются нормативные документы, позволяющие учитывать работоспособность машины на любом этапе эксплуатации. Так, в 2009 г. введена инструкция по определению амортизации основных средств [1], которая предлагает выбор ресурса амортизируемого объекта на усмотрение предприятия в диапазонах от 0,5 до 1,5 от среднего значения. Обоснованно установить такой ресурс можно при условии, что по машине ведется полный учет и контроль основных технико-экономических показателей. А также наличие на предприятии методики индивидуальной оценки работоспособности СДМ. Вышедший в 2009 г. дорожно-методический документ «Рекомендация по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования» [2] дает возможность произвести индивидуальный учет работоспособности и собрать данные для оценки эффективности каждой конкретной СДМ на любом этапе ее наработки с начала эксплуатации. В основе учета лежит предложенная в нем форма учета работы СДМ, включающая не только технические, но и экономические показатели работы машины.

сти (защита от гниения, декоративные свойства и др.). После покрытия составом следует непосредственно обработка поверхности. Причем, обработка может проводиться металлическими стержнями диаметром до 1 мм, с закругленными торцами, металлическими шарами диаметром до 10 мм, выпущенные под давлением или же с помощью обкатывающих валков (рис. 2). Однако, обработка шарами является недостаточно эффективной из-за неуправляемости движения шаров. Обработка валками также не так эффективна, как строжневая обработка, из-за того, что пропитка древесины при воздействии на поверхность не проходит достаточно глубоко в волокна.

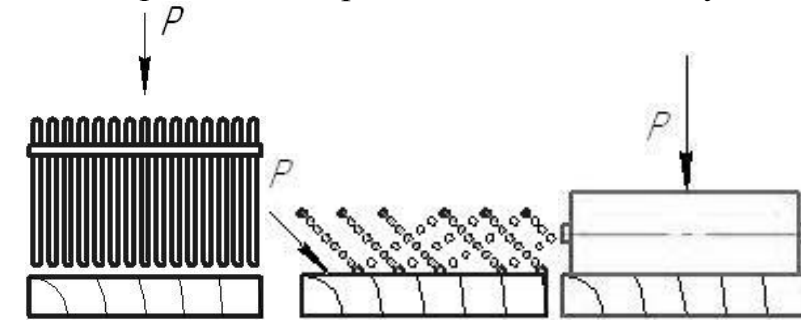


Рис. 2. Схемы воздействия на образец

Модификация поверхностей деревянных конструкций по предложенному способу осуществляется при помощи металлических стержней. Варианты исполнения рабочего оборудования представлены на рис. 3.

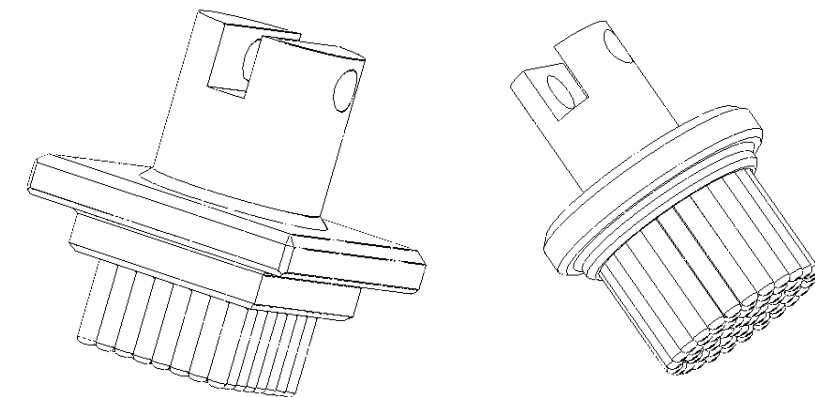


Рис. 3. Варианты исполнения рабочего оборудования

Оборудование для реализации упрочнения поверхностей деревянных конструкций может быть как мобильным, что позволяет использовать его непосредственно на строительной площадке, так и стационарным, что в дальнейшем позволит получить модифицированную древесину в промышленности.

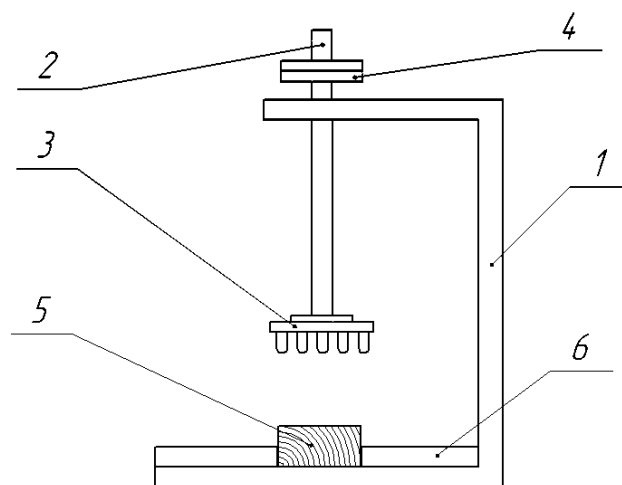


Рис. 4. Установка для проведения лабораторных испытаний

Для упрочнения поверхностей деревянных конструкций в лабораторных условиях может использоваться установка, прототипом для которой может послужить ударник ДорНИИ. Схема оборудования на базе ударника ДорНИИ представлена на рис. 4, по которому на образец древесины 5, закрепленном на стойке 1 направляющими планками 6 воздействует рабочее оборудование 3. Воздействие на поверхность древесины осуществляется путем хода поршня 2 с закрепленными на нем грузами 4, что дает возможность регулировать силу воздействия путем изменения количества груза и высоты подъема поршня.

Для упрочнения поверхностей деревянных элементов в промышленных масштабах может служить установка, показанная на рис. 5. В данной установке деревянная заготовка 4 подается по направляющим роликам 6 к рабочему органу 2. Под воздействием вибраций от вибратора 1 рабочий орган 2 производит уплотнение поверхности деревянного изделия 4. Демпфером в данной установке служит пружина 3 закрепленная на жесткой раме 5. Вод воздействием виброударной стержневой обработки на поверхности заготовки образуется уплотненный слой древесины 7.

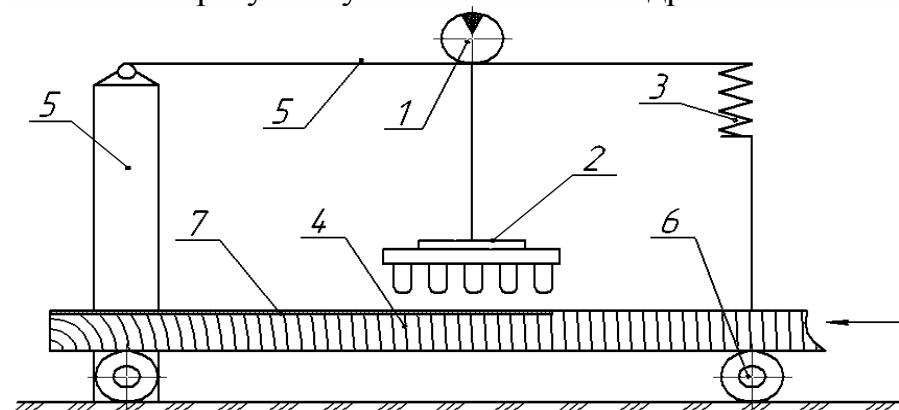


Рис. 5. Установка для стационарной обработки поверхностей деревянных конструкций

УДК 629.7.07

А. Н. Максименко, канд. техн. наук, проф., С. В. Масловская
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

В статье рассматривается обоснование проведения капитальных ремонтов строительных и дорожных машин. Приведен метод обеспечения их работоспособности с учетом динамики выходных параметров на этапе эксплуатации жизненного цикла машины.

Введение

Среди специалистов нет единого мнения о целесообразности проведения капитального ремонта (КР) строительных и дорожных машин (СДМ). Здесь важен анализ технико-экономических показателей (ТЭП) новых СДМ и их динамика на этапе эксплуатации жизненного цикла машины. Экономическая целесообразность проведения КР машины определяется снижением затрат на моточас оптимальной наработки после капитального ремонта, определяемой по максимальной прибыли с учетом динамики ТЭП.

Основные технико-экономические показатели для оценки работоспособности СДМ

Современная оценка эффективности использования машин предусматривает применение следующих показателей: производительность, количество рабочего времени, себестоимость, машино-часа, себестоимость механизированных работ, прибыль и оптимальная область использования конкретной машины.

В настоящее время производительность, количество часов рабочего времени и себестоимости машино-часа, составляющие основу определения других показателей, изменяются в пределах 50 % в зависимости от наработки с начала эксплуатации, но по существующей методике они принимаются постоянными за межремонтный период. При определении других показателей на основе первых трех отклонения фактических значений от планируемых изменяются уже в два и более раз. Так, себестоимость механизированных работ, определяемая отношением себестоимости машино-часа к часовой эксплуатационной производительности, изменяется более чем в 2,5 раза при снижении годового объема выполняемых работ в 2 раза. Такие изменения важнейших показателей оценки эффективности машин в дорожной отрасли необходимо учитывать при планировании и организации строительного производства.

Существующая методика оценки эффективности использования парка машин предусматривает определение стоимости всего объема работ и из-

средних значений интенсивности изнашивания процесс накопления износа деталей машин имеет отклонения до 50 %) [8].

Анализ динамики выходных параметров с экономической оценкой эффективности использования машины позволяет определить изменения области ее работоспособности. Снижение интенсивности изменений контролируемых параметров и их качественное улучшение техническим воздействием позволяет расширить область работоспособного состояния сборочных единиц, агрегатов, системы и машины в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зорин, В. А.** Основы работоспособности технических систем : учебник для вузов. – М. : ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.
2. Положение о гарантийном сроке эксплуатации сложной техники и оборудования. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 27.06.2008 № 952.
3. Влияние наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин и себестоимость механизированных работ / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 6 (27). – С 73–76.
4. Влияние наработки на технико-экономические показатели строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Грузовик&. – 2007. – № 2. – С. 32–36.
5. Информационные технологии в определении себестоимости машино-часа строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 2 (23). – С.86–92.
6. Влияние качества изготовления и технической эксплуатации на работоспособность строительных и дорожных машин / А.Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 3 (24). – С.68–73.
7. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Департамент «Белавтодор». Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования: ДМД 09191.7.008-2009. Введ. 01.03.09. – Минск : БелдорНИИ, 2009. – 90 с.
8. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
9. **Скойбеда, А. Т.** Детали машин и основы конструирования : учебник / А. Т. Скойбеда, А. В. Кузьмин, Н. Н. Майданчик ; под общ. ред. А. Т. Скойбеда. – 2-е изд., перераб. – Минск : Выш. шк., 2006. – 560 с.

Множество деревянных конструкций эксплуатируются самостоятельно, не в составе композиционных изделий, например, внутреннее обустройство помещений, столярные изделия, сооружения, находящиеся под агрессивным действием окружающей среды (элементы жилого фонда и помещения производственного назначения), художественные изделия и т. д.

Данная виброударная стержневая обработка позволит повысить адгезионные связи в поверхностных слоях, а при предварительной термической выдержке и соответствующей температуре, удалив с верхних слоев древесины те или иные смолистые вещества, можно искомые процессы значительно активизировать.

С целью установления правомочности высказанных предположений запланирован комплекс исследований на деревянных конструктивных элементах из различных пород древесины, с различными укывочными составами и при различной интенсивности механической обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зубарев, Г. Н.** Конструкции из дерева и пластмасс / Г. Н. Зубарев, И. М. Лялин. – М. : Высш. шк, 1980 – 311 с.
2. **Калугин, А. В.** Деревянные конструкции : учеб. пособие / А. В. Калугин. – М : Издательство АСВ, 2003. – 224 с.
3. Изучаем Беларусь : статистика для школьников / редкол. : И. А. Костевич [и др.]. – Минск : Пачатковая школа, 2013. – 144 с.
4. **Раговицкая, А. В.** Предпосылки упрочнения поверхностей деревянных изделий механическими методами /А. В. Раговицкая // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – 223 с.
5. **Гуркина, А. В.** Поверхностное упрочнение и модифицирование поверхностей деревянных конструкций виброударной стержневой обработкой / А. В. Гуркина, Л. А. Сиваченко // Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины : сб. научн. ст. в 2 ч. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – Ч. 1. – 384 с.

А. М. Даньков, д-р техн. наук, доц.
 ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К СОЗДАНИЮ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

В статье представлена классификация поколений механических передач. Предложено направление, позволяющее повышать ремонтпригодность, экономичность, устранять погрешности механической обработки, обеспечивать беззазорное зацепление в течение всего срока службы.

Поколением механических передач можно назвать совокупность их типов, обладающих сходными техническими характеристиками и эксплуатационными возможностями. Каждое из поколений механических передач отражает переломные изменения в областях применения, эффективности использования, уровня развития теорий функционирования и проектирования, связанные с научно-техническим развитием, возникновением и развитием новых технологий, появлением принципиально новых возможностей.

Исходя из этой концепции и учитывая все более возрастающую роль зубчатых передач в развитии общего и специального машиностроения, можно, в частности, выделить следующие их поколения:

- с деревянными колесами и деревянными же зубьями-штырями;
- с бронзовыми зубчатыми колесами и вручную нарезанными зубьями (антикитерский зубчатый механизм);
- со стальными зубчатыми колесами и образованными механической обработкой зубьями (современные передачи);
- с регулируемыми эксплуатационными характеристиками и управляемыми функциональными возможностями, прежде всего, регулируемым передаточным отношением.

Учитывая, что время существования зубчатых передач насчитывает несколько тысячелетий, надо отметить, что смена поколений происходит не одномоментно, а сильно растянута во времени, поэтому элементы нового поколения можно наблюдать в существующих передачах задолго до его фактического становления. Остановимся на последнем поколении, для которого характерно, что его признаки могут быть реализованы только на основе фрагментации как зубчатого колеса, так и зубчатого венца. Это же, как будет показано далее, характерно и для других видов механических передач.

Так как простейшим фрагментом (блоком) зубчатого колеса (после зуба) является зубчатый сектор, то венцы составных зубчатых колес нового типа должны быть образованы набором зубчатых секторов, равномерно расположенных на их периферии. При этом зубчатые сектора должны быть жестко связаны с телом зубчатого колеса и в то же время должны иметь

машины является себестоимость машино-часа, которая включает затраты, связанные с использованием ее в соответствии с функциональным назначением и на поддержание и восстановление ее работоспособности. Исследования по эксплуатационным затратам при использовании машины показали, что на топливо, смазочные материалы, технические жидкости и на обеспечение работоспособности расходуется более 70 %. Причем, эти составляющие себестоимости машино-часа увеличиваются с повышением наработки машины с начала эксплуатации.

На этапе эксплуатации жизненного цикла машины оценку значений параметров, характеризующих ее работоспособное состояние необходимо обеспечивать не по усредненным значениям с указанием доверительной вероятности, а по фактическим, определяемым по результатам диагностирования и (или) индивидуального учета, который уже ведется на предприятиях дорожной отрасли с установкой приборов на каждую машину, определяющих расход топлива, наработку, полезное время работы, простои и другие показатели. Для автоматизации оценки эффективности использования и обеспечения работоспособности машин предложены методы и алгоритмы определения наработки до предельного значения всех контролируемых параметров, характеризующих ее функциональное назначение [5, 6, 8].

Для учета влияния конструктивных, производственных и эксплуатационных факторов важно подобрать параметр (параметры) диагностирования конкретного объекта и по его динамике в процессе эксплуатации определить остаточный ресурс до потери работоспособного состояния. Причем факторы, определяющие работоспособность объекта при проектировании, практически не могут быть использованы при определении его текущего технического состояния, обеспечивая необходимую точность. Например, при проектировании цепных передач учитывается шесть важнейших факторов [9] для обеспечения их работоспособности, которые учитываются коэффициентами, определяемыми экспериментально.

В основу проектирования машин на этап эксплуатации закладывается остаточный ресурс, который определяется по интенсивности изменения структурного и функционального параметра. На интенсивность изменения параметров, обеспечивающих работоспособность контролируемого объекта, оказывает влияние множество факторов, которые определяют наработку до предельного состояния. При эксплуатации цепной передачи ее техническое состояние определяется зазором в сопряжении и контролируется суммарным угловым зазором с установленными предельными и номинальными значениями. Подконтрольные объекты, эксплуатирующиеся в одних условиях, предельного состояния достигают при разной наработке. Здесь важно перейти от среднего значения интенсивности изменения контролируемого параметра к фактическому, которые определяются по двум и более замерам с обеспечением погрешности менее 8 % (при использовании

ренных резервов с учетом снижения интенсивности роста эксплуатационных затрат и интенсивности снижения производительности на этапе эксплуатации их жизненного цикла. Целесообразность такого подхода можно пояснить на основе работоспособности гидропривода СДМ.

Заложив при проектировании тонкости очистки РЖ менее 5 мкм и максимальную наработку ее замены с учетом рекомендуемой технологии можно обеспечить работоспособность основных элементов гидропривода на протяжении ресурса машины (фирма JCB обеспечивает тонкость очистки РЖ 1,5 мкм с наработкой ее замены 6000 моточас, что позволяет стабилизировать техническую производительность на этапе эксплуатации). Заложенные параметры работоспособности на этапе проектирования и изготовления машины обеспечивают эксплуатацию в соответствии с ее функциональным значением. Продолжительность работоспособности машины определяется не только совершенством конструкции качеством изготовления, но и динамикой основных выходных параметров.

Стратегия обеспечения работоспособности СДМ

С увеличение наработки машины с начала эксплуатации основные параметры значительно изменяются [3,5] и достигают предельных значений, при которых дальнейшее ее использование нецелесообразно.

Рациональная эксплуатация может быть продлена при поддержании работоспособности машины в соответствии с рекомендациями производителя и организацией восстановления ее в соответствии с рекомендациями предложенным ранее методом ремонта и диагностики [6,7]. Часовая эксплуатационная производительность машины зависит от внутрисменного режима работы, количество рабочего времени от продолжительности технических обслуживаний и ремонтов (ТОР), а себестоимость машино-часа от принятой системы ТОР и уровня ее реализации.

Динамику выходных параметров машины можно определить диагностированием по параметрам, характеризующим изменение ее работоспособного состояния. Дополнительные затраты на диагностику и ремонт позволяют увеличить значение выходных параметров (КПД гидропривода и др.), что приведет к значительному снижению стоимости единицы продукции, повышению производительности, выручки и прибыли. Оценку технического состояния машины в целом можно производить по изменению следующих параметров: мощность, расход топлива, усилие на рабочем органе, состав выхлопных газов и др.

При предельном значении одного из параметров машина теряет работоспособное состояние и требует техническое воздействие для восстановления численных значений выходных параметров. Интегральным выходным параметром машины является производительность, которая зависит от мощности, КПД, усилия на рабочем органе, внутрисменного режима работы, годовая наработка и др. Другим интегральным выходным параметром

возможность изменять свое положение относительно оси симметрии (оси вращения) зубчатого колеса, так как только в этом случае возможно изменение преобразующей способности (передаточного отношения) передачи с составным колесом. Т. е. при определенных обстоятельствах делительные дуги секторов могут не совпадать с начальной окружностью (которую в этом случае следует называть условной) зубчатого колеса (соответственно условного, в отличие от реального составного).

Изложенная концепция может быть принята только в том случае, если выполняется предположение, заключающееся в том, что при зацеплении зубьев жестко зафиксированных симметричных зубчатых секторов, вращающихся относительно геометрической оси, проходящей через центр окружности, огибающей делительные дуги секторов, с диаметром, превышающим диаметр делительной окружности колеса-заготовки, из которого изготовлены эти сектора, не происходит существенного ухудшения качества функционирования и уменьшения нагрузочной способности образующейся при этом зубчатой передачи.

С помощью подобного составного зубчатого колеса можно комплексно решать следующие второстепенные задачи:

- повышать ремонтпригодность зубчатых колес и передач с составными колесами;
- осуществлять экономию дорогостоящих материалов;
- изготавливать крупногабаритные зубчатые колеса с помощью оборудования для изготовления зубчатых колес средних размеров;
- устранять погрешности механической обработки зубчатого венца простейшими средствами;
- обеспечивать беззачерпное зацепление в течение всего срока службы передачи;
- а также главную:
 - бесступенчато изменять передаточное отношение передачи, объективная необходимость чего подтверждается как ведущимися в технически развитых странах исследованиями, так и достигнутым уровнем использования плавнорегулируемых передач в трансмиссиях транспортных средств.

Таким образом, стремление обеспечить соответствующий мировому технический уровень зубчатых передач и приводов, объективно формирует потребность в составных зубчатых колесах нового типа.

Априори констатировать отсутствие значительного ухудшения функциональных или эксплуатационных свойств передачи с зубчатым колесом, конструкция которого отвечает изложенной концепции, невозможно. Это может быть установлено только в результате опытно-экспериментальной проверки, предполагающей испытания не только макетов и опытных образцов, но и натуральных объектов: задача, выполняемая только при участии современного, с высокой технической культурой машиностроительного предприятия.

Плавнорегулируемая зубчатая передача, выполненная по развернутой

схеме представлена на рис. 1. В макете передачи (рис. 1, а) воплощены основные технические решения по ее конструкции: передача содержит два составных зубчатых колеса с изменяемыми синхронно, но в противофазе условными начальными диаметрами (рис. 1, в), сопряженных с промежуточным зубчатым колесом (рис. 1, б). Самой существенной проблемой функционирования этой передачи является некрatность окружного шага зубьев секторов составных зубчатых колес окружному шагу зубьев секторов, возникающая в процессе регулирования передаточного отношения. Эта проблема решается за счет разделения силового потока и упругой связи между элементами трехсекционного (при 2-х силовых потоках) промежуточного зубчатого колеса с постоянным числом внешних и внутренних зубьев цельных зубчатых венцов. Из рис. 1, б следует, что промежуточное зубчатое колесо имеет основу 1 с кососимметрично (в сечении А – А) расположенными зубчатыми венцами с внешними и внутренними зубьями и упругоподвижно связанными с ней зубчатыми венцами 2 с внешними и 3 с внутренними зубьями. Упругая связь подвижных в окружном направлении зубчатых венцов 2 и 3 с основой 1 осуществляется цилиндрическими пружинами 4.

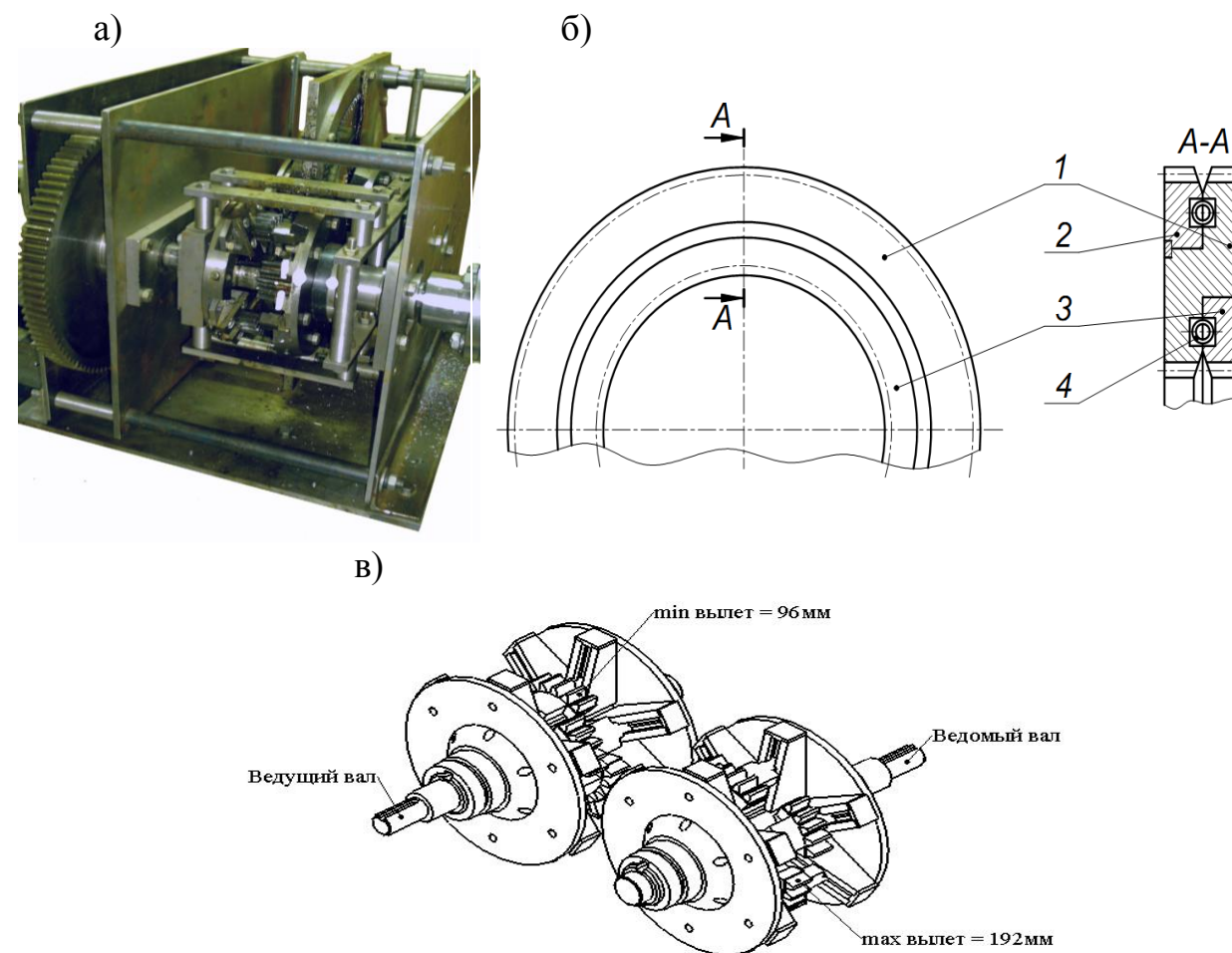


Рис. 1. Развернутая зубчатая плавнорегулируемая передача: а – макет передачи; б – центральное зубчатое колесо; в – составные зубчатые колеса

Второй существенный недостаток при производстве сложной техники состоит в том, что выходные параметры, закладываемые в конструкцию машины, рассматриваются без их динамики в процессе эксплуатации. Так, значения основного выходного параметра в соответствии с функциональным назначением машины, которым является производительность, принимается постоянным за межремонтный период.

Исследования по влиянию наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин показали снижение эксплуатационной производительности в 2-3 раза за межремонтный цикл [3]. Снижение производительности сопровождается увеличением затрат на поддержание и восстановление работоспособности машины, что приводит в совокупности к росту стоимости единицы механизированных работ.

Причем снижение производительности происходит в процессе наработки машины с начала эксплуатации. Для гидрофицированных машин уменьшение технической производительности связано с изменением КПД гидропривода в пределах 0,95–0,6. Скорость его изменения зависит от тонкости очистки рабочей жидкости. Так, снижение размеров частиц с 20 до 5 мкм увеличивает скорость изнашивания деталей сопряжений гидроаппаратуры в 7–10 раз.

Дополнительно снижается эксплуатационная производительность из-за изменения коэффициента внутрисменного режима работы строительных и дорожных машин в пределах 0,9–0,5.

С увеличением наработки с начала эксплуатации снижается годовое количество рабочего времени свыше 50 % [3] и увеличиваются эксплуатационные затраты до 50 % [4]. Такие изменения технико-экономических показателей необходимо учитывать не только при планировании и организации эксплуатации машин, но и при оценке эффективности технических решений на этапах их проектирования и производства.

Основная задача ставится в настоящее время перед производителем – снижение затрат с обеспечением высоких показателей надежности. Современный уровень развития науки и техники позволяет достичь любых показателей надежности. Однако повышение надежности связано с повышением стоимости изготовления машины. Поэтому, при производстве машины необходимо рассматривать повышение надежности на основании снижения удельных суммарных затрат и максимальной прибыли на единицу произведенной продукции.

Как правило, целесообразно повышать затраты на изготовление и снижать на обеспечение работоспособности машины. Однако, при увеличении затрат на изготовление новых машин необходимо экономическое обоснование по рациональному их распределению на повышение выходных параметров и на повышение надежности.

В сложившихся условиях решение задач по обеспечению работоспособности машин должны быть переориентированы на использование внут-

продолжительность ремонта составила 1,2 суток и не превышала 2 суток, и это время входит в число показателей эффективности устранения неисправностей. После гарантийного периода единая система обеспечения работоспособности машины отсутствует, и уровень технической эксплуатации определяется технической базой и кадрами предприятия по использованию техники. Продолжительность восстановления работоспособности подконтрольных погрузчиков после гарантийного периода увеличивается в 3–5 раз и исчисляется в отдельных случаях месяцами при отказе сложных сборочных единиц.

Основной причиной значительных простоев дорогостоящей техники после гарантийного периода эксплуатации является отсутствие централизованного контроля за выполнением правил эксплуатации машин, а также предприятий по ремонту их сборочных единиц. В настоящее время в Республике Беларусь нет ни одного завода по капитальному ремонту сложных машин и их сборочных единиц и агрегатов, за исключением двигателей. Восстановление работоспособности сборочных единиц на предприятиях, эксплуатирующих машины, не обеспечивает планируемый ресурс из-за отсутствия современного оборудования и квалифицированных кадров. Такое состояние с восстановлением уровня работоспособности машин ниже 50 % ресурса, задаваемого заводом-изготовителем, приводит к простоям в капитальных ремонтах, превышающим нормативные в 5,5 раза. Это приводит к снижению рабочего времени в год, проведения капремонта до 40 % от нормативных величин. Такая установившаяся практика обеспечения работоспособности сложной техники формирует мнение специалистов о нецелесообразности капитальных ремонтов. Объективно необходимость проведения капитального ремонта определяет анализ технических и экономических факторов за жизненный цикл машины.

Исследования показывают, что затраты на капитальный ремонт агрегатов составляют 25–65 % от стоимости вновь изготовленных при снижении затрат на материалы и комплектующие в 2–3 раза [1]. Последнее условие особенно важно для нашей страны при нарастающем дефиците металлов.

С увеличением стоимости техники целесообразность капитального ремонта возрастает. И этот ремонт необходимо налаживать на основе межведомственных региональных центров по капитальному ремонту основных сборочных единиц и агрегатов сложной техники, что позволяет восстанавливать работоспособность с ресурсом близким к новым и внедрить агрегатный метод ремонта на предприятиях по их эксплуатации. Для техники, производимой в Республике Беларусь, целесообразно наладить фирменное обслуживание, что позволит повысить качество и ремонтпригодность машин за счет устойчивой обратной связи в процессе ее проектирования, производства и эксплуатации.

Недостатком передачи являются значительные габаритные размеры, обусловленные наличием как двух составных зубчатых колес, так и промежуточного зубчатого колеса, а также повышенное влияние на точность регулирования передаточного отношения погрешностей изготовления и зазоров в сопряжениях.

Используя изложенный выше принцип изменения передаточного отношения передачи и основные технические решения по конструкции, можно сконструировать фрикционный вариатор с поликлиновым ремнем (рис. 2) и цепной вариатор с приводной роликовой цепью (рис. 3), в которых фрагментация элементов позволяет улучшить эксплуатационные характеристики по сравнению с прототипами, уже обладающими способностью плавно изменять передаточное отношение.

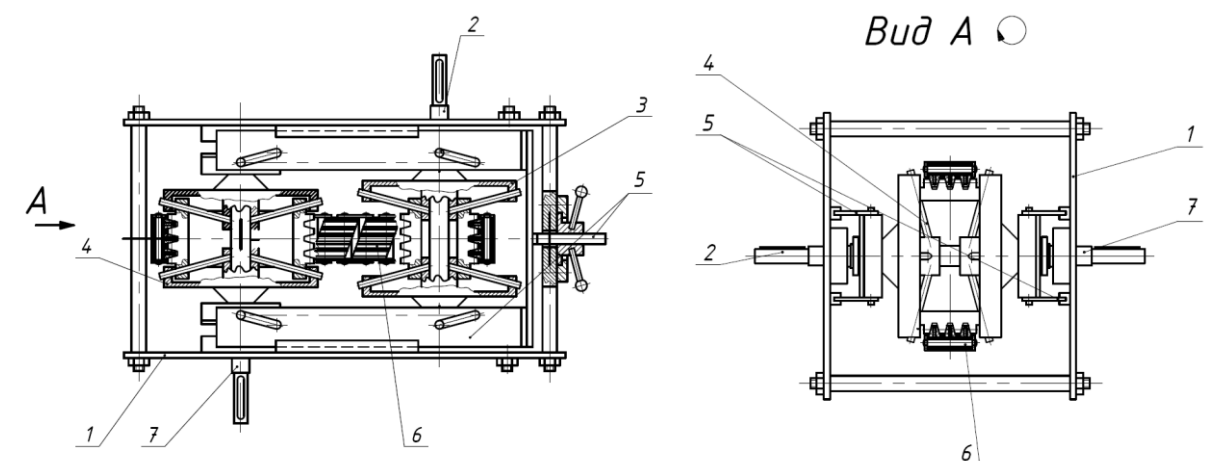


Рис. 2. Вариатор с поликлиновым ремнем: 1 – корпус; 2 – ведущий вал; 3 – ведущий составной шкив; 4 – ведомый составной шкив; 5 – механизм регулирования передаточного отношения в виде плоского многопоточного кулачка; 6 – поликлиновый ремень; 7 – ведомый вал

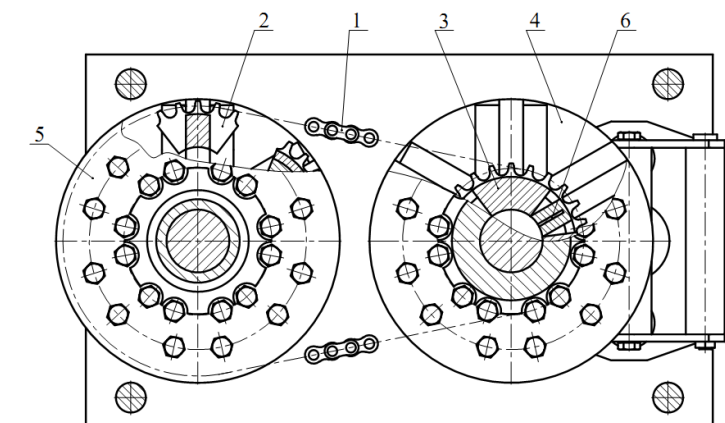


Рис. 3. Вариатор с приводной роликовой цепью: 1 – приводная роликовая цепь; 2 – зубчатый сектор ведомой звездочки; 3 – зубчатый сектор ведущей звездочки; 4 – составная ведущая звездочка; 5 – составная ведомая звездочка; 6 – пластинчатая пружина

Вариатор с поликлиновым ремнем обладает повышенной тяговой способностью, но его конструкции присущи все недостатки фрикционной передачи. Используемая в цепном вариаторе нового типа двухрядная приводная роликовая цепь имеет гораздо более высокие эксплуатационные характеристики, чем применяемая в современных цепных вариаторах пластинчатая цепь. Связывающая составные звездочки цепного вариатора цепь не допускает упругих смещений рядов, поэтому половина секторов каждой из составных звездочек имеет осуществляемую пластинчатыми пружинами (поз. 6 на рис. 3) упругую связь с основаниями, на которых они установлены, для компенсации некратности окружного шага секторов окружному шагу зубьев.

Использование описанных передач в мобильных машинах принципиально возможно, но сдерживается, прежде всего отсутствием законченных компоновочных проработок агрегатов на базе этих передач, экспериментально подтвержденных эксплуатационных характеристик этих передач, а также неочевидностью их преимуществ при достигнутом уровне их реализации.

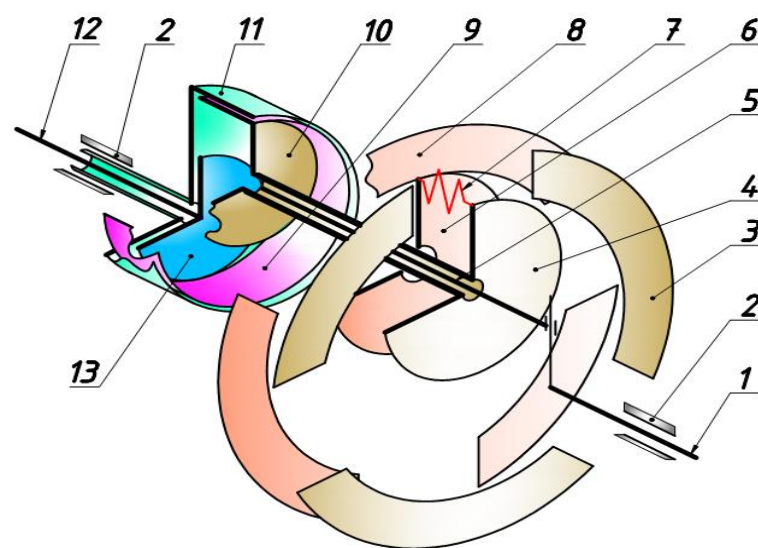


Рис. 4. Схема зубчатой планетарной плавнорегулируемой передачи: 1 – ведущий вал; 2 – корпус; 3 – зубчатый сектор первого силового потока центрального зубчатого колеса; 4 – зубчатый венец первого силового потока сателлита; 5 – водило; 6 – зубчатый венец второго силового потока сателлита; 7 – упругая связь; 8 – зубчатый сектор второго силового потока центрального зубчатого колеса; 9 – зубчатое колесо с внутренними зубьями вспомогательной планетарной передачи для съема вращения с сателлита; 10 – вспомогательный зубчатый венец сателлита-сателлит вспомогательной зубчатой передачи; 11 – обойма для поддержания зубчатого колеса с внутренними зубьями вспомогательной планетарной передачи; 12 – выходной вал; 13 – зубчатый венец выходного вала

Если конструкция фрикционного и цепного вариаторов нового типа укладывается в привычные представления, созданные их аналогами, то конструкция зубчатой плавнорегулируемой передачи представляется из-

УДК 625.08

А. Н. Максименко, канд. техн. наук, проф., С. В. Масловская
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В статье рассматриваются вопросы обеспечения работоспособности строительных и дорожных машин с учетом сложившейся практики их обслуживания и ремонта в условиях Республики Беларусь. Приведено обоснование целесообразности организации агрегатного метода ремонта под контролем фирмы-изготовителя или межведомственных региональных центров.

Введение

Эффективность использования строительных и дорожных машин (СДМ) зависит от комплексных взаимосвязанных мероприятий при их проектировании, производстве, эксплуатации. Затраты на обеспечение работоспособности машин за этап эксплуатации жизненного цикла превышают в 5–10 раз по сравнению с изготовлением новых. Эти затраты можно сократить повышением надежности машин и организацией агрегатного метода ремонта под контролем фирмы-изготовителя, которая должна быть заинтересована в снижении суммарных затрат на обеспечение их работоспособности и изготовление.

Состояние и проблемы поддержания работоспособности СДМ в Республике Беларусь

В установившейся практике наиболее развитых стран принята номенклатура показателей строительных машин, которая учитывает эффективность их использования у потребителя (коэффициент технического использования, суммарная стоимость ремонта и др.) [1]. Причем, в основу обеспечения работоспособности машин ведущие производители закладывают фирменное обслуживание за этап эксплуатации их жизненного цикла.

В Республике Беларусь основу эффективности создания или модернизации машины составляет стоимость изготовления с фирменным контролем и обеспечением ее работоспособности только в гарантийный период.

Элементы положительного зарубежного опыта по фирменному обслуживанию внедряются в Республике Беларусь через увеличение продолжительности гарантийного периода до 2 лет [2]. Только обеспечение тесной прямой и обратной связи между производителями и потребителями техники позволит обеспечить необходимое качество изготовления и работоспособность на этапе жизненного цикла, а также повысить эффективность использования и конкурентоспособность конкретной машины.

Анализ восстановления работоспособности погрузчиков Амкодор 332 и Амкодор 342 в гарантийный период эксплуатации показал, что средняя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Строгалева, В. П.** Имитационное моделирование / В. П. Строгалева, И. О. Толкачева. – М. : МГТУ им. Баумана, 2008. – 737 с.
2. Википедия [Электронный ресурс] : свободная энциклопедия. – 2011. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Имитационное_моделирование. – Дата доступа : 01.01.2011.
3. **Зайцев, Б. Ф.** Методика численного анализа динамического нагружения основной рамы автогрейдера / Б. Ф. Зайцев, В. А. Шевченко, А. А. Резников // Интерстроймех-2010 : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород : БГТУ им. Шухова, 2010. – С. 161.
4. **Карпов, Ю. В.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5 / Ю. В. Карпов. – СПб : БХВ–Петербург, 2009. – 400 с.
5. **Сырецкий, Г. А.** Информатика. Фундаментальный курс. Т. I. Основы информатики и вычислительной техники : учебник для вузов / Г. А. Сырецкий. – СПб. : БНУ, 2005. – 832 с.
6. **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование технических систем : учебник / В. П. Тарасик. – Минск : ДизайнПРО, 2004. – 640 с.
7. **Кузнецов, Е. В.** Обоснование и выбор параметров двигателя и трансмиссии пахотного гусеничного трактора тягового класса 30 кН : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Е. В. Кузнецов. – Могилев, 1996 – 25 с.

лишне громоздкой, вследствие необходимости использования промежуточного зубчатого колеса. Этот недостаток устраняется в зубчатой планетарной плавнорегулируемой передаче, выполненной по схеме К – Н – V. В передачах подобной схемы ведущим является водило, а выходным звеном может быть цельный сателлит (при неподвижном центральном зубчатом колесе – схема 1) (см. рис. 4) или центральное зубчатое колесо (при исключении вращения цельного сателлита вокруг собственной оси – схема 2) (см. рис. 6).

В передачах обеих схем силовая кинематическая цепь предельно проста, но передача имеет разделяющийся силовой поток, причем упругая связь для компенсации некратности окружного шага секторов центрального зубчатого колеса шагу их зубьев осуществляется между элементами с цельными зубчатыми венцами (наиболее простой по конструкции вариант).

В плавнорегулируемой передаче по схеме 1 должны быть решены три проблемы, перечисленные ниже в порядке важности их решения:

- балансировки сателлита;
- управления передаточным отношением;
- съема вращения с сателлита.

Компоновка передачи, в которой решены эти проблемы, приведена на рис. 5.

Особенностью конструкции этой передачи является то, что при наличии разделяющегося силового потока нивелирование последствий возникающей при этом кинематической погрешности осуществляется трубчатыми торсионами 8, связывающими зубчатые венцы сателлита первого 4 и второго 5 силовых потоков. Полная балансировка сателлита осуществляется с помощью механизма балансировки 3, состоящего из двух противовесов, имеющих жесткую кинематическую связь с сателлитом и перемещающихся по собственным направляющим. Механизм регулирования передаточного отношения 2 имеет две кинематических цепи: первая сообщает радиальные перемещения секторам не вращающегося центрального зубчатого колеса, а вторая – зубчатым венцам сателлита и включает замыкающую и управляющую вспомогательные планетарные передачи. Съем вращения с сателлита осуществляется еще одной вспомогательной планетарной передачей 10, сателлит которой является дополнительным венцом 9 сателлита плавнорегулируемой передачей. Его консольная установка, усугубляемая наличием трубчатых торсионов, устраняется с помощью специальной опорной вставки 11. Конструктивная сложность приведенной на рис. 5 передачи очевидна.

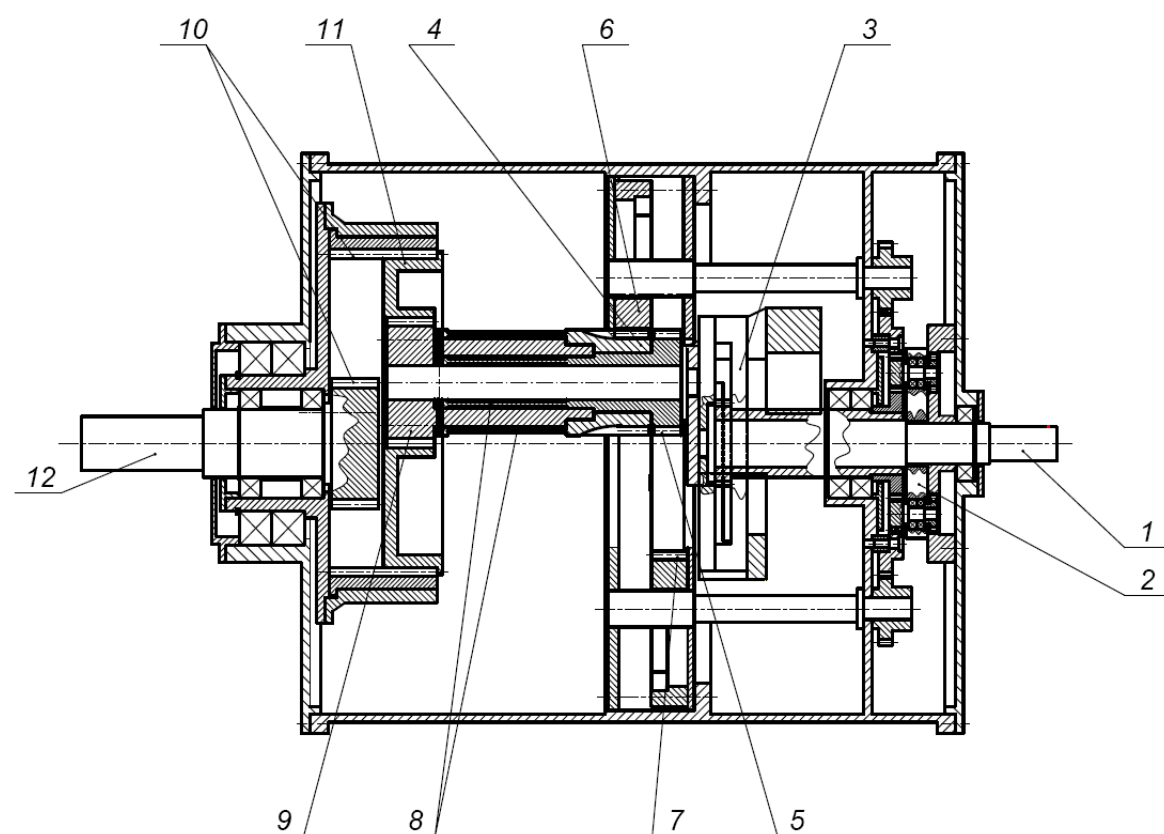


Рис. 5. Компонновка планетарной плавнорегулируемой передачи по схеме 1: 1 – ведущий вал, 2 – механизм регулирования передаточного отношения; 3 – механизм балансировки сателлита; 4 – зубчатый венец сателлита первого силового потока; 5 – зубчатый венец сателлита второго силового потока; 6 – сектор центрального зубчатого колеса первого силового потока; 7 – сектор центрального зубчатого колеса второго силового потока; 8 – трубчатые торсионы; 9 – дополнительный зубчатый венец сателлита; 10 – планетарная передача съема вращения с сателлита; 11 – опорная вставка; 12 – выходной вал

Плавнорегулируемая передача по схеме 2 приведена на рис. 6. Зубчатые венцы 6 сателлита оппозитно установлены с возможностью вращения на подвижных в окружном направлении эксцентричных втулках 7, в свою очередь смонтированных на эксцентричных шейках 8 ведущего вала 1. Передаточное отношение передачи регулируется за счет изменения вылета зубчатых венцов сателлита в результате поворота втулок 7 и соответствующего ему изменения вылета зубчатых секторов 5 центрального зубчатого колеса. Поскольку в работающей передаче втулки 7 вращаются вместе с ведущим валом, а сектора 5 совместно с выходным валом, для изменения вылета и тех и других в передаче предусмотрены механизмы управления вылетом сателлита 2 и секторов центрального зубчатого колеса 4, приводимые в действие одним управляющим валом 3. Так как ведущий и ведомый валы вращаются с различными скоростями, каждый из механизмов 2 и 4 имеет замыкающую и управляющую вспомогательные передачи. Радиальные перемещения секторам 5 можно сообщать через зубчато-реечный

исследованиям с помощью имитационных моделей. Темпы развития вычислительной техники дают исследователям все больше возможностей для проведения имитационных экспериментов. Современные программные продукты обеспечивают ученых и инженеров богатейшими возможностями для анализа результатов и проведения оптимизационных работ.

С момента появления компьютеров фактически появляется и имитационное моделирование, в том числе и в области строительного и дорожного машиностроения. В области проектирования металлоконструкций компьютерные модели нашли широчайшее применение, т. к. в этом направлении применяются программные продукты, удачно сочетающие в себе совершенство математических методов, удобный интерфейс программного обеспечения, удачно найденное соответствие между физическими элементами и визуализацией имитационной модели.

Широкому распространению имитационного моделирования, особенно в области исследования характера технологических процессов МЗР препятствует высокая сложность исследуемых объектов и систем, их сочетание, что требует от разработчиков знаний в различных научных областях, а от пользователей знаний физических процессов, происходящих с изделием при его моделировании, а также понимания принятых допущений и ограничений и умения работать с моделью и интерпретировать результаты. Создание моделей требует от разработчиков знаний в областях программирования и математики.

Например, модели двигателя внутреннего сгорания основаны на применении регрессионных зависимостей, трансмиссии и движителя – на использовании физических методов и дифференциальных уравнений, рабочего оборудования – на использовании различных теорий разрушения грунтов. Применение этих моделей и их совокупностей в различном сочетании, при проведении компьютерных экспериментов, позволяет исследовать процессы, происходящие при работе гусеничных бульдозеров и проводить компьютерные эксперименты различных типов.

Использование разработанных в последние годы мощных методов представления информации с помощью иерархии абстракций, идей интеллектуализации интерфейса пользователя, методов задания систем, как иерархии параллельно взаимодействующих процессов, представления информации с помощью анимации и графики позволит разработчикам динамических систем, в т. ч. и в области строительного и дорожного машиностроения принимать наиболее обоснованные решения, свести к минимуму конструкторские ошибки, обусловленные влиянием интуиции, максимально сократить области неопределенности вызванные влиянием случайных факторов.

В целом, разработка и использование моделей позволят значительно удешевить производство, добиться минимизации по критерию удельных приведенных затрат при эксплуатации техники.

алгебраических и дифференциальных уравнений, реализованные в едином программном коде, обеспечивают приемлемое соответствие электронной и физической моделей исследуемых систем. Такой подход предлагался различными исследователями, например Тарасиком В. П. [6], Кузнецовым Е. В. [7]. Этими авторами предлагалось использовать имитационные модели по структурам данных и методам решений соответствующие физическим моделям и процессам.

Эксперименты, проводимые с имитационными моделями, могут иметь разные цели и делятся на типы. Суть одного из типов компьютерных экспериментов состоит в том, что, проводя вычислительный эксперимент с различными значениями варьируемых факторов, исследователь выясняет, к каким последствиям приведут те или иные изменения факторов, или структуры модели. Например, осуществляя анализ работы машины с различными типами трансмиссий, в одной модели возможно с помощью простых переключателей исследовать работу коробки передач с ручным управлением и гидромеханической трансмиссией с автоматическим управлением при условии наличия соответствующих функциональных элементов в виртуальной модели. Компьютерный эксперимент данного типа обеспечивает решение прямой задачи имитационного моделирования, т.е. проведение вычислений при различных значениях параметров и наблюдением за ее поведением, т. е. проведение эксперимента типа «что-если». В данном случае важным является обеспечение удобного интерфейса и регистрации соответствующих выходных показателей.

Другой тип компьютерного эксперимента представляет собой процедуру оценки влияния значений варьируемых факторов на значения выходных показателей. Анализ реакции модели помогает оценить, насколько чувствительным являются получаемые на основе модели результаты по сравнению со значениями изменяемых параметров. Результаты такого эксперимента позволяют оценить величины возможных отклонений варьируемых факторов и их влияние на конечные результаты с целью минимального отклонения от желаемых значений результирующих показателей, что позволяет использовать более широко технологические возможности производства.

Имитационное моделирование необходимо использовать для выявления области наиболее приемлемых решений. Решением в данном случае называют выбор одного варианта из множества рассматриваемых. Решение является рациональным, когда максимизируется ожидаемая выгода или «полезность» системы. Такое решение необходимо выбирать в соответствии с некоторым критерием, который принимается на основании одного или нескольких показателей эффективности.

Не умаляя сути и важности натурных экспериментов, всего многообразие результатов, которые он может дать, можно с уверенностью сказать, что все большее значение в производстве и эксплуатации машин отводится

механизм, что усложнит кинематику механизма управления и потребует его независимого привода, и через эксцентриковый механизм, позволяющий управлять обоими механизмами посредством одного управляющего вала. На схеме не показан стопорный механизм, исключающий вращение зубчатых венцов сателлита вокруг собственной оси, благодаря чему преобразованное вращение сообщается центральному зубчатому колесу и связанному с ним выходному валу 9. Но даже в этом случае видна конструктивная простота схемы 2 по сравнению со схемой 1 планетарной плавнорегулируемой передачи при значительном сокращении осевых габаритов.

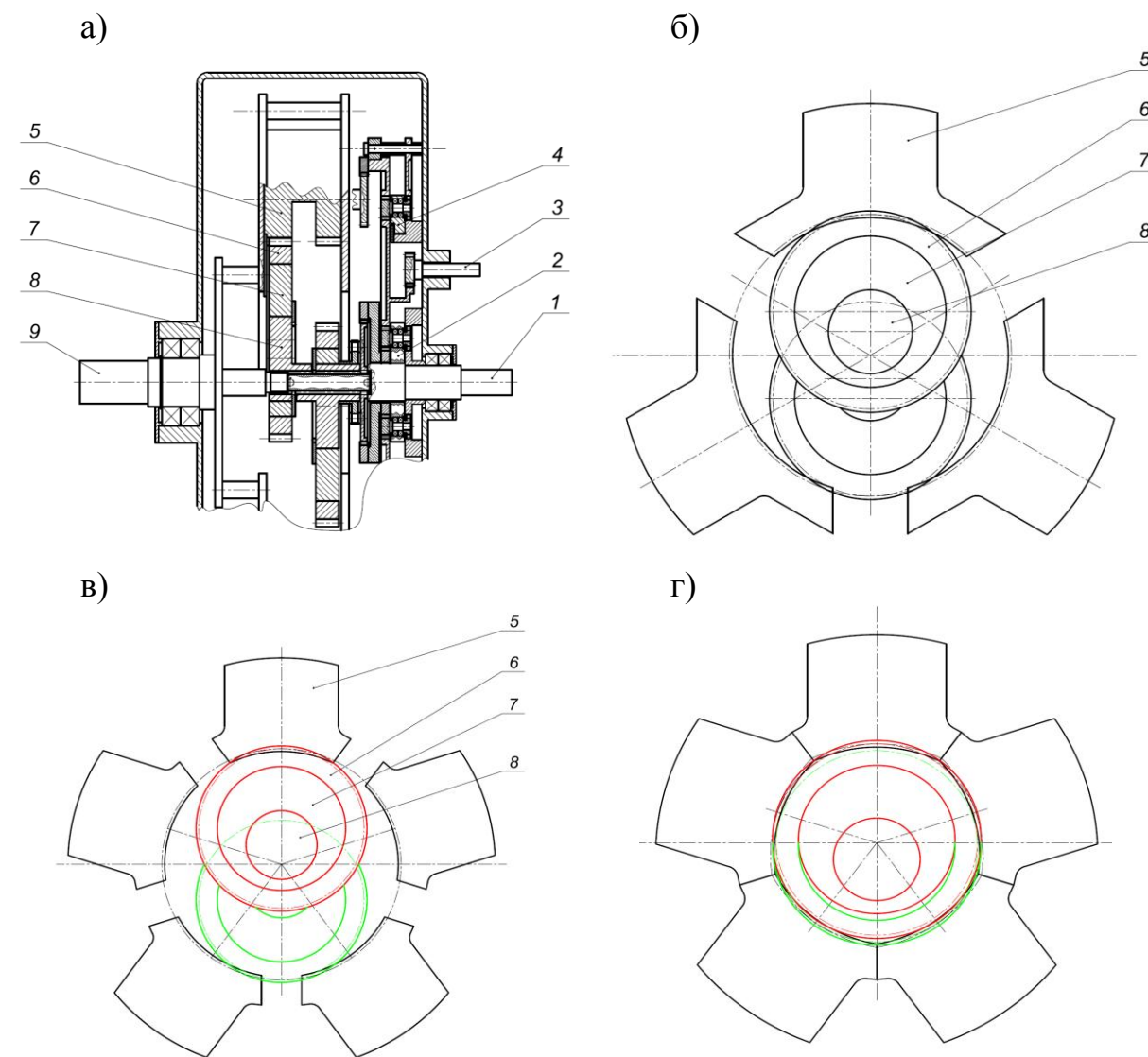


Рис. 6. Компонировка планетарной плавнорегулируемой передачи по схеме 2: а – принцип действия передачи; б – схема расположения секторов центрального зубчатого колеса; в – пятисекторное центральное зубчатое колесо при минимальном передаточном отношении передачи; г – пятисекторное центральное зубчатое колесо при максимальном передаточном отношении передачи

Вследствие оппозитной установки не вращающихся вместе с ведущим

валом зубчатых венцов сателлита снижается острота проблемы балансировки масс, связанных с ведущим валом и, кроме того, зубчатые сектора центрального зубчатого колеса, принадлежащие к различным силовым потокам, нецелесообразно размещать в шахматном порядке, как этого требует схема 1 передачи. Они могут быть расположены друг за другом, как на рис. 6, б, из которого легко усматривается возможность использовать в каждом силовом потоке до 5 секторов вместо трех. На рис. 6, в представлена схема их расположения при минимальном передаточном отношении передачи, а на рис. 6, г – при максимальном передаточном отношении.

Очевидным недостатком передачи является невозможность выполнить зубчатые венцы сателлита с минимальным по условиям прочности начальным диаметром.

Выводы.

1. Использование принципа фрагментации основных функциональных элементов механических передач позволяет компоновать основанные на трении и зацеплении плавнорегулируемые передачи.

2. Функциональный анализ конструкций предложенных передач позволяет констатировать как улучшение их эксплуатационных характеристик (повышение нагрузочной способности у фрикционного и цепного вариаторов), так и наличие у них новых функций (плавное регулирование передаточного отношения зубчатых развернутой и планетарной передач).

Если натурный эксперимент правильно организован, обычно исследователь получает точный ответ на поставленный вопрос, но проведение эксперимента требует точного соблюдения условий эксплуатации, чему могут препятствовать объективные условия. Во время постановки опытов необходимо использование средств измерения и регистрации полученных результатов. Часто требуется повторение опытов, для исключения случайных результатов и получения адекватных значений. Кроме того, нежелательна постановка некоторых опытов по разным причинам, например по требованиям безопасности. В целом, натурные эксперименты – это дорогостоящие мероприятия, а иногда их проведение невозможно, т. к. системы просто не существуют.

В условиях недостаточной информации для обработки и анализа, что характерно для натурального эксперимента часто проблема решается на основе интуиции и «здравого смысла» на основании общих предположений о поведении системы. Однако, для сложных систем «очевидные» на первый взгляд решения часто оказываются неверными. Поэтому основанные на интуиции методы прогноза и традиционные методы «волевого» принятия решения во многих случаях оказываются неверными для сложных технических систем. Моделирование и проведение компьютерного эксперимента, как правило, позволяет избежать указанных недостатков, в связи с чем, этот подход завоевал большую популярность.

Компьютерная модель позволяет проигрывать ситуации, в том числе и те, которые трудно, нежелательно или невозможно получить при натурном эксперименте. Модель позволяет выполнять вычислительные эксперименты многократно, варьируя различными параметрами, повторяя исходные данные, обращая внимание на детали, которые при наблюдении реального процесса могут остаться незарегистрированными. Во время проведения натурального эксперимента регистрация всех изменений системы может потребовать дополнительных свойств измерительного и регистрирующего оборудования, т. к. исследователь на основании предварительной информации не всегда может предположить, какие именно параметры являются значимыми. Неоднократно прогоняя компьютерную модель в различных масштабах времени, исследователь часто может получить значительно больше информации, наблюдая анимацию картины процессов и сопоставляя результаты анимации с численными значениями регистрируемых параметров, чем при обработке натурального эксперимента.

При проведении любого эксперимента, в том числе и компьютерного необходимо установить структуру системы и выделить факторы варьирования, изменяя значения которых необходимо анализировать поведение модели и ее различных характеристик. Например, для моделирования рабочего оборудования можно использовать подходы [3], когда структура модели соответствует структуре исследуемой систем. Особенностью данного подхода является то, что структуры представления данных и системы

исходных данных модели, анализа и обработки графической информации [5]. Тем не менее, и в то время, по мнению многих ученых, использование имитационных моделей позволяло с достаточно низкими затратами проводить анализ поведения объекта с целью выявления параметров, оказывающих наиболее сильное влияние на поведение системы и выбора наиболее оптимальных из них.

Имитационное моделирование предоставляет инженерам и исследователям целый ряд преимуществ: низкая стоимость исследований, по сравнению с проведением натурных экспериментов; небольшое время, необходимое для постановки опыта, по сравнению со временем необходимым для проведения эксперимента и обработки его результатов; обеспечение повторяемости начальных условий, исключение влияния случайных величин, не поддающихся учету во время постановки натурального эксперимента; точность, определяемая современными математическими методами; наглядность, предоставляемая современными системами визуализации поведения объектов, что позволяет представить полученное решение, объяснить заложенные идеи; универсальность определяемая возможностью решения задач из любых областей производства.

Применение имитационных моделей может привести к существенному сокращению затрат на проектирование и одновременно к значительному улучшению характеристик машин. Из-за специфических свойств строительных и дорожных машин, применения в них разных исполнительных систем, систем управления, многообразия рабочего оборудования, особенностей взаимодействия с внешней средой, отношений между моделируемыми системами имеющими, как правило, нелинейный характер, содержание стохастических компонентов во взаимодействующих элементах имитационные модели таких машин в широкой практике отсутствуют.

Для понимания поведения таких систем и закономерностей их работы требуется глубокий анализ, знание процессов и особенностей поведения систем и машины в целом, что часто относится к различным областям научных и инженерных знаний и затрудняет создание универсальных компьютерных моделей машин в целом.

На современном этапе имеется возможность визуализации поведения компонентов и процессов; возможен анализ параллельно функционирующих взаимодействующих компонентов, имеется возможность оперативного анализа численной и графической информации.

Разумеется, разработка универсальной, точной и экономичной модели машины – это сложная задача, требующая от исследователя высокой квалификации, больших затрат времени, знаний разнообразных областей исследований. Однако, это практически единственный способ получить представление о поведении машины и провести ее анализ на стадии проектирования, что особенно ценно при выборе основных параметров, компоновке систем, проектировании систем управления.

УДК 621.43

Е. В. Кузнецов, канд. техн. наук, доц.

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПЕРСПЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ПОДАЧИ ТОПЛИВА ДИЗЕЛЯ

В статье проанализированы исследования двигателей для малогабаритной техники и систем питания дизелей, ведущиеся на кафедре строительных, дорожных и подъёмно-транспортных машин Белорусско-Российского университета, предложены направления совершенствования этих систем и механизмов. Представлена методика расчета параметров электронной системы ограничения подачи топлива системы питания дизелей.

Важное место в подготовке молодых инженеров по специальности «Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование» принадлежит дисциплине «Тягово-транспортные машины». До 2011 г. эта наука называлась «Двигатели внутреннего сгорания и автотракторное оборудование». Целью преподавания является ознакомление студентов с конструкцией и основами теории двигателей и шасси самоходных машин. Преподавалась данная учебная дисциплина сначала доц. Аتمانки Э. Б., затем доц. Антипенко Г.Л. В настоящее время курс лекций читает доц. Кузнецов Е. В. На кафедре СДПТМиО имеется специализированная лаборатория и полигон со стендами, макетами, плакатами и действующей дорожно-строительной техникой. Освоены мультимедийные лекции с множеством учебных и научных фильмов.

Научная работа в рамках данной дисциплины ведётся по двум направлениям:

- разработка и исследование двигателей для малогабаритной техники;
- разработка и исследование систем питания дизелей.

Как известно, важнейшей частью системы питания является система подачи топлива. В дизелях самоходных машин применяют системы подачи топлива следующих типов:

1) неаккумуляторные, которые в свою очередь, делят на:

а) разделённого типа, где топливный насос высокого давления (ТНВД) и форсунки выполнены в виде отдельных узлов, связанных довольно длинными трубопроводами;

б) неразделённого типа, т. е. с насос-форсунками;

2) аккумуляторные.

Каждая из указанных систем имеет как достоинства, так и недостатки. Наиболее популярной в настоящее время является аккумуляторная система подачи топлива *Common-Rail*. Она имеет электромагнитные или пьезоэлектрические форсунки, управляемые электронным блоком. Это позволяет регулировать цикловую подачу топлива, используя большое количество информационных переменных, а также обеспечивать двух и трёхступенча-

тый впрыск, что уменьшает динамические нагрузки и улучшает экономические и экологические показатели. Однако данная система имеет и существенные недостатки:

1) большое количество прецизионных пар, что увеличивает стоимость;

2) низкий КПД системы по сравнению с другими из-за значительного расхода топлива, подаваемого на слив в процессе впрыска и поддержания постоянного давления в гидроаккумуляторе.

Традиционная для нашего отечества система разделённого типа имеет такие основные недостатки:

1) регулирование цикловой подачи топлива осуществляется по ограниченному количеству информационных переменных (чаще всего по угловой скорости коленчатого вала двигателя ω_d , положению педали акселератора γ_d и давлению наддува p_k), что связано с отсутствием электрического исполнительного элемента регулятора, а, значит, с невозможностью использования электронного блока управления;

2) трудности в идентичности цикловых подач по цилиндрам при использовании ТНВД секционного типа, что приводит к увеличению крутильных колебаний коленчатого вала и как следствие снижает надёжность мотора и трансмиссии, а также повышает их материалоемкость.

Поэтому, чтобы избавиться от недостатков как системы *Common-Rail*, так и традиционной, и в то же время не утратить их достоинств, предложено в перспективной системе подачи топлива применить ТНВД распределительного типа. Но регулирование цикловой подачи в нём осуществлять с помощью электромагнитного клапана слива топлива из нагнетательной полости ТНВД, т. е. как в форсунках *Common-Rail*. Это решение закреплено патентом.

На рис. 1 показан эскиз опытного образца ТНВД, разработанный автором. С помощью математического моделирования на ЭВМ выбраны его рациональные параметры [1].

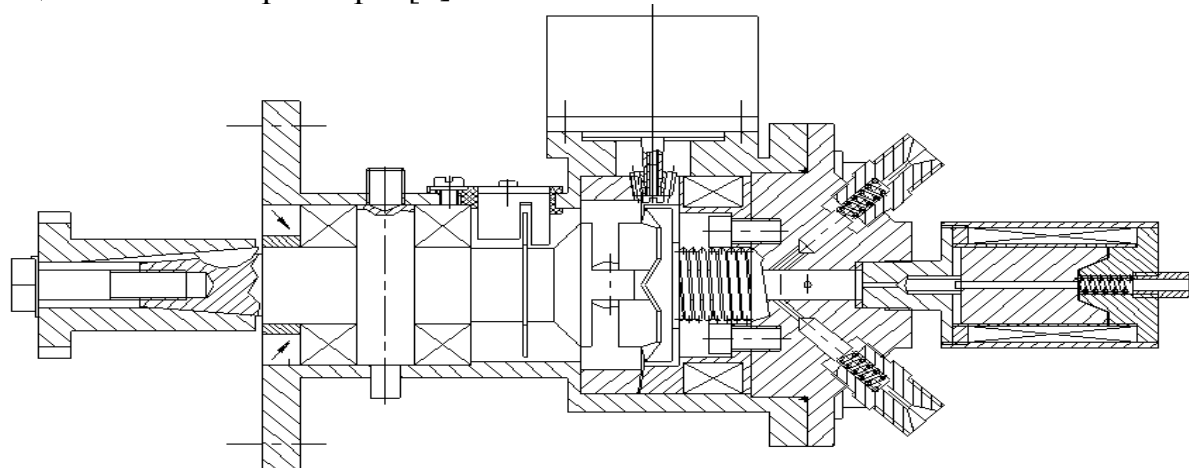


Рис. 1. Эскиз опытного образца перспективного ТНВД

В области строительного и дорожного машиностроения имитационное моделирование наиболее часто применяется для решения задач, связанных с проектированием металлоконструкций [3]. В этом случае исследователями и конструкторами применяются программные продукты, использующие методы конечных элементов.

За последние 10–15 лет методы анализа металлоконструкций с помощью таких программных продуктов, как “Cosmos”, “Nastran”, “Patran”, “Ansys” и др. применяются широко и эффективно. Программные продукты, предоставляющие возможность моделирования обеспечивают не только расчет напряжений и деформаций, соответствующих заданным ограничениям, но и возможность имитации поведения объекта. Большое значение в данном направлении имеет необходимость определения усилий, возникающих при нагружении металлоконструкций с помощью дополнительных исследований, лежащих вне сферы применения МКЭ.

Как правило, в настоящее время при определении усилий, нагружающих металлоконструкцию, используются простейшие расчетные схемы и статические методы расчетов. На практике же многие машины, в т. ч. и строительно-дорожные работают в динамическом режиме, причем нагрузки на рабочее оборудование меняются во времени, либо в зависимости от особенностей технологического процесса и других внешних и внутренних факторов.

Особенности динамических режимов в настоящее время обычно учитываются с помощью коэффициентов динамичности. Такой подход не всегда удовлетворяет запросы конструкторов и исследователей. Использование коэффициента динамичности в прочностных расчетах, предполагает применение допущений в виде определения характера нагружения, как симметричного или несимметричного, хотя этот характер может меняться в пределах одного технологического цикла. В результате может быть получена конструкция с завышенной прочностью и массой, т. к. не учитывается амплитудно-частотная характеристика режима нагружения, неизвестен его характер, отсутствует информация о видах циклов. В настоящее время такую информацию можно получить при проведении опытных испытаний, однако этот путь является наиболее дорогостоящим. Другим направлением является имитационное моделирование, т. е. разработка и выполнение на компьютере системы, отражающей структуру и функционирование моделируемого объекта во времени [4].

Моделированию рабочих процессов строительных и дорожных машин уделялось внимание ведущими учеными этой области А. Н. Зелениным, В. И. Баловневым, К. А. Артемьевым, Ю. А. Ветровым еще в середине XX века. Уровень развития вычислительной техники предполагал использование методов, основанных на дифференциальном исчислении. Элементная база, существующих в то время ЭВМ не давала возможности создания удобного пользовательского интерфейса, оперативного изменения

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В статье проанализированы способы применения имитационного моделирования в области строительного и дорожного машиностроения, преимущества, появляющиеся с применением данного вида исследований, определены направления, в которых использование имитационных моделей позволяет получить наилучший результат.

В современной науке и технике, в т. ч. и в строительном и дорожном машиностроении для решения задач, посвященных выбору оптимальных параметров машин на стадии проектирования, все чаще применяют имитационное моделирование. Следует отметить, что в настоящее время различные издания, в т. ч. и электронные ресурсы приводят несколько определений данного термина [1, 2].

Имитационное моделирование:

– метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику;

– метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с моделью называют имитацией (имитация – это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте);

– частный случай математического моделирования. Существует класс объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, либо не разработаны методы решения полученной модели. В этом случае аналитическая модель заменяется имитатором или имитационной моделью.

– получение частных численных решений сформулированной задачи на основе аналитических решений или с помощью численных методов.

При этом **имитационная модель – логико-математическое описание объекта, которое может быть использовано для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.**

Основными элементами данного насоса являются: корпус с поворотными роликовыми упорами; приводной вал с насосом подкачки, индуктором датчика Холла и муфтами; кулачковая шайба с плунжером; головка с нагнетательными клапанами; система управления, состоящая из двух модулей:

- 1) системы управления цикловой подачи топлива;
- 2) системы управления опережением впрыска топлива.

Структурная электрическая схема системы управления ТНВД представлена на рис. 2.

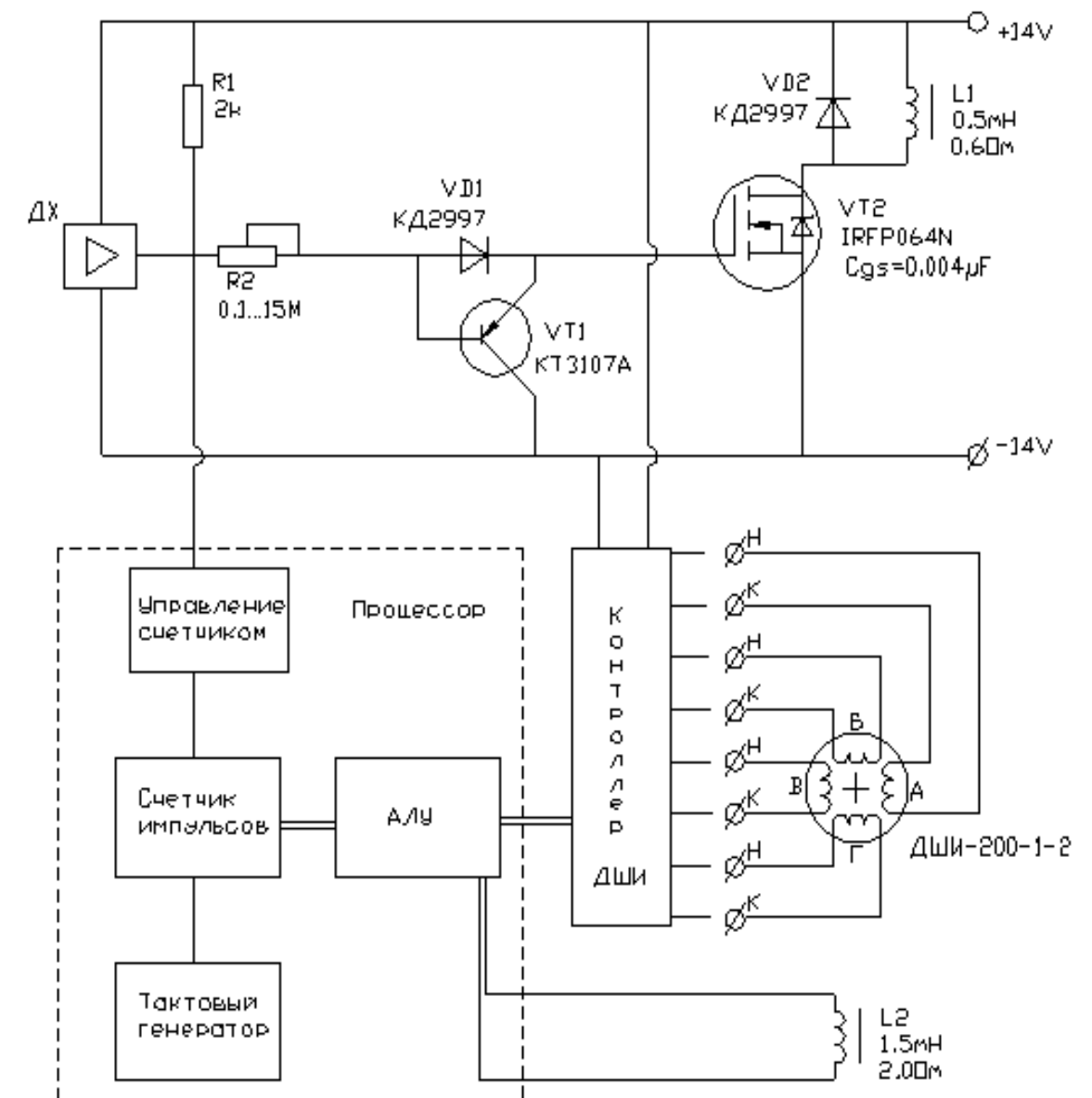


Рис. 2. Структурная схема системы управления ТНВД

Выходным элементом системы управления цикловой подачи топлива $q_{ц}$ ТНВД является электромагнитный клапан. Через него заполняется надплунжерная полость насоса, и он же прекращает её подачу.

Основные параметры электроклапана ТНВД следующие:

1) максимальный ход якоря электромагнита $\delta = 0,5$ мм (такой малый ход выбран с целью максимизации электромагнитной силы притяжения якоря для минимизации времени срабатывания электроклапана);

2) диаметр дросселя, через который связаны надплунжерная полость и электроклапан $d_c = 1$ мм (выбран с целью минимизации силы давления топлива на клапан и якорь);

3) преднатяг пружины $F_{пр.0} = 80$ Н (зависит от d_c и максимального давления впрыска топлива $p_{вп}^{max}$);

4) диаметр якоря электромагнита $d_я = 25$ мм;

5) число витков катушки электромагнита $n = 180$;

6) диаметр провода катушки $d_{пр} = 1,0$ мм.

Эти параметры выбраны для $p_{вп}^{max} \approx 100$ МПа. При таком давлении (без учёта сил инерции) и принятом диаметре плунжера 10 мм на него, кулачковую шайбу, упоры, головку и её крепёж действует сила 7500 Н.

Анализ экспериментальных переходных характеристик опытного образца электроклапана позволяет сделать вывод, что время срабатывания его составляет 0,5 мс. Опираясь на эти данные, выбран конструктивный угол $\varphi_1 = 10^\circ$ по углу поворота вала насоса между началом закрытия индуктором щели в датчике Холла (ДХ), т. е. поступлением сигнала с ДХ на прекращение подачи топлива, и началом набегания кулачков шайбы на упоры, т. е. началом сжатия и подачи топлива плунжером.

Включение катушки L1 электроклапана ТНВД осуществляется выходным транзистором VT2, который по результатам испытаний должен выдерживать ток до 100 А. Поэтому в качестве VT2 принят полевой транзистор IRFP064N, выдерживающий максимальный ток 110 А и имеющий свою ёмкость «затвор-исток» $C_{gs} = 0,004$ мкФ. При отключении L1 (запирание транзистора VT2) вступает в работу диод VD2, через который происходит разряд токов самоиндукции катушки L1.

Выходной транзистор VT2 включается с задержкой времени t_3 от начала поступления сигнала с ДХ. Эта задержка определяет величину цикловой подачи топлива $q_{ц}$. Чем больше t_3 , тем больше топлива поступает в цилиндр. Максимальная величина $q_{ц}$ должна быть при запуске мотора и составляет (без учёта утечек, зависящих от радиального зазора между плунжером и головкой, вязкости топлива и герметичности электроклапана)

$$q_{ц.зап} = A_{п} h_{п} = \frac{\pi d^2}{4} h_{п} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} 4 = 314 \text{ мм}^3, \quad (1)$$

где $A_{п}$ – площадь торца плунжера, мм²; $h_{п}$ – ход плунжера (высота кулачков шайбы), мм; d – диаметр плунжера, мм.

При этом кулачковая шайба повернётся на выбранный угол максимального подъёма кулачка $\varphi_{п} = 20^\circ$ по углу поворота вала насоса, а плун-

Система управления опережением впрыска (упорами) включает в себя помимо шагового электродвигателя также электромагнитный тормоз (ЭТ). На схеме управления ЭТ показан в виде катушки L2. Данный тормоз должен надёжно фиксировать упоры при набегании на них кулачковой шайбы, так как окружные силы, стремящиеся повернуть упоры в сторону вращения вала насоса, при максимальном давлении впрыска ориентировочно могут составлять до десятой части от сил давления топлива, т. е. примерно 750 Н.

Как показали результаты моделирования на ЭВМ, многоступенчатый впрыск можно обеспечить путём повышения быстродействия электроклапана ТНВД за счёт, например, увеличением напряжения электропитания с 14 до 50 или даже 70 В, что, кстати, имеет место в системах *Common-Rail*.

Применение данного ТНВД с серийно выпускаемыми форсунками, например, ФД-22, позволит получать любые характеристики дизеля при существенно меньшей стоимости системы подачи топлива в сравнении с *Common-Rail*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, Е. В. Структура и выбор параметров перспективной топливной системы дизеля / Е. В. Кузнецов // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 13–16.

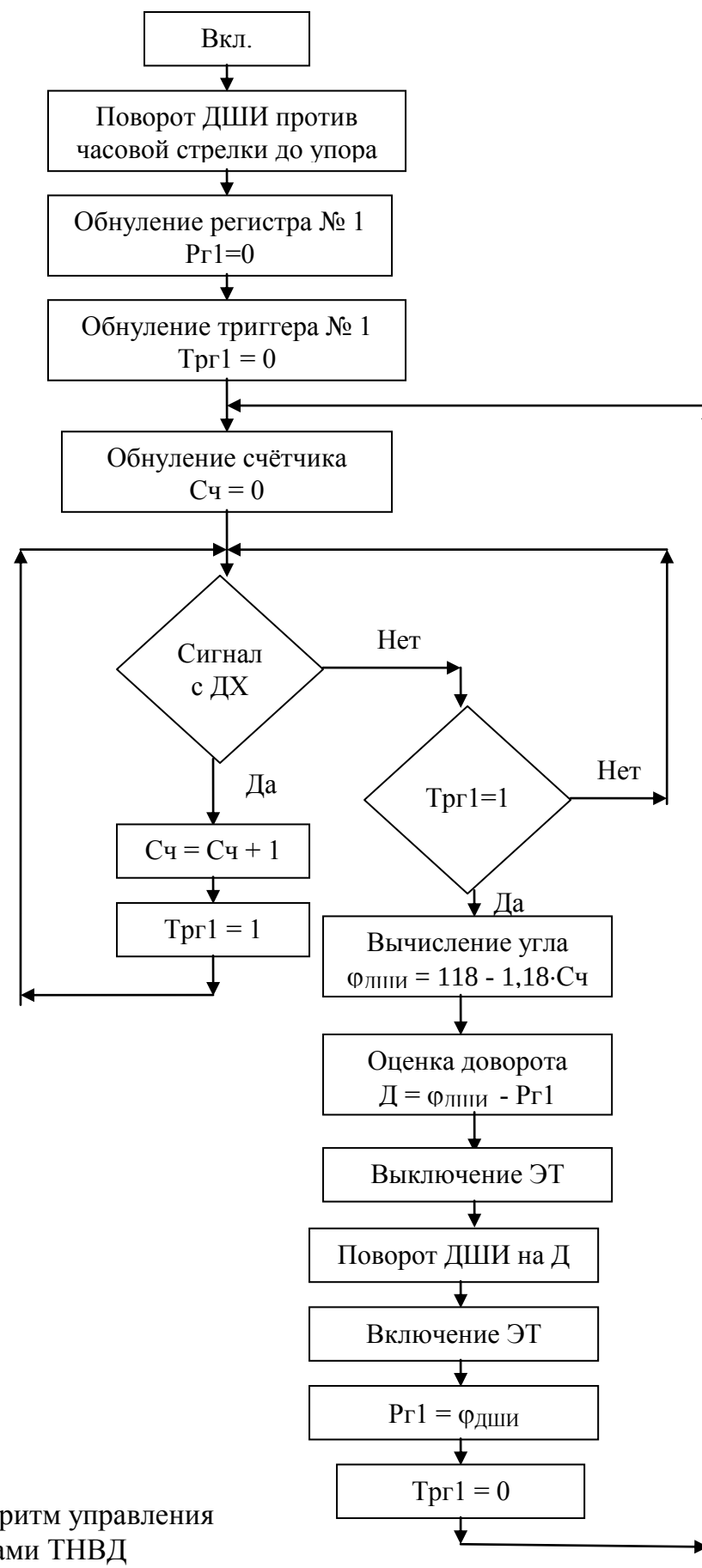


Рис. 4. Алгоритм управления упорами ТНВД

жер поднимется на 4 мм (максимальная выбранная высота кулачков шайбы), и только после этого при запуске мотора должен включиться электроклапан, открывая надплунжерную полость для заполнения топливом от насоса подкачки, производительность которого в пластинчатом варианте составляет (без учёта утечек) 420 мм³/цилиндр.

Отключение клапана должно произойти не менее, чем через выбранный угол опускания плунжера (угол сбег кулачка) $\phi_0 = 20^\circ$, чтобы полностью наполнилась надплунжерная полость топливом от насоса подкачки.

На номинальном режиме работы мотора цикловая подача топлива в 2 раза меньше пусковой, т. е. $q_{ц,н} = 157 \text{ мм}^3$. Отсюда следует, что данный ТНВД подходит к безнаддувному четырёхцилиндровому дизелю с рабочим объёмом до

$$iV_h = i \frac{\rho_t}{\rho_v} \alpha k q_{ц,н} = 4 \frac{850}{1,2} 1,5 \cdot 14,5 \cdot 157 \cdot 10^{-3} = 9600 \text{ см}^3 = 9,6 \text{ л} , \quad (2)$$

где i – количество цилиндров дизеля; ρ_t – плотность топлива, кг/м³; ρ_v – плотность воздуха, кг/м³; α – средний коэффициент избытка воздуха в цилиндре дизеля; k – стехиометрический коэффициент реакции горения топлива.

Для дизеля с наддувом рабочий объём уменьшается на величину π_k – степень повышения давления наддува ($\pi_k = 1,5 \dots 2,5$). Например, для дизеля Д-145Т имеем $iV_h = 4,5 \text{ л}$; $\pi_k = 1$.

Время задержки t_3 включения VT2 зависит от параметров RC-цепочки, т. е. от сопротивления резистора R2 и емкости «затвористок» VT2, где резистор R2 является датчиком положения педали (рычага) управления подачей топлива (педаль «газа»). Чем сильнее водитель нажимает на педаль управления подачей топлива, тем больше сопротивление переменного резистора R2. Значит, больше задержка времени от момента поступления сигнала с ДХ и включением VT2, т. е. началом падения давления и слива топлива из надплунжерной полости ТНВД. Поэтому больше топлива поступит в цилиндр дизеля.

Для нормальной работы датчика Холла ВА3-2108 в схеме необходим резистор подпитки R1 номиналом 2 килоома между «плюсовым» проводом датчика и информационным (средним). Из этих же требований, минимальное сопротивление цепи между информационным проводом и «минусовым» ДХ, т.е. сопротивление переменного резистора R2, должно быть не менее 100 килоом ($R_{2\min} = 100 \text{ к}$).

Прекращение подачи топлива в цилиндры при максимальной частоте вращения коленчатого вала дизеля Д-145Т ($n_{х.х}^{\max} = 2200 \text{ об/мин}$) должно производиться через 10° ($0,17 \text{ рад}$) поворота вала насоса от момента поступления сигнала с ДХ, т. е. через выбранный угол ϕ_1 . В этом случае время задержки включения L1 равно

$$t_3^{\min} = \frac{\varphi_1}{\omega_{\text{н.х.х}}^{\max}} = \frac{0,17}{110} = 0,0015 \text{ с}, \quad (3)$$

где $\omega_{\text{н.х.х}}^{\max}$ – угловая скорость вала насоса на максимальном холостом ходу дизеля, рад/с.

Зная емкость «затвор-исток» VT2 и $t_3^{\min}$ можно определить минимальное сопротивление резистора R2_{min} (педаль «газа» не нажата)

$$R2_{\min} = \frac{t_3^{\min}}{3 C_{gs}} = \frac{0,0015}{3 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 125000 = 125 \text{ кОм}, \quad (4)$$

где C_{gs} – емкость «затвор-исток» VT2, Фарад.

Максимальная величина t_3 имеет место при запуске мотора, когда угловая скорость насоса составляет $\omega_{\text{н.зап}} = 5$ рад/с и педаль «газа» полностью нажата. При этом угол поворота вала насоса от поступления сигнала с ДХ до включения L1 должен составлять 50° (0,87 рад). Этот угол складывается из:

- 1) $\varphi_1 = 10^\circ$ по углу поворота вала насоса;
- 2) угла подъема кулачка $\varphi_{\text{п}} = 20^\circ$ по углу поворота вала насоса;
- 3) угла поворота упоров (разность углов опережения впрыска при запуске, когда $\theta_{\text{н.зап}} = 0^\circ$ от ВМТ, и на номинальном режиме, $\theta_{\text{н.Н}} = 40^\circ$ по углу поворота коленчатого вала (ПКВ)), т. е. $\Delta\varphi_y = 20^\circ$ по углу поворота вала насоса

$$t_3^{\max} = \frac{\varphi_1 + \varphi_{\text{п}} + \Delta\varphi_y}{\omega_{\text{н.зап}}} = \frac{0,87}{5} = 0,1745 \text{ с}. \quad (5)$$

Имея максимальную величину задержки $t_3^{\max}$, которую должна отрабатывать RC-цепочка блока управления, с учетом емкости C_{gs} , можно оценить максимальное сопротивление переменного резистора R2 (педаль «газа» полностью нажата)

$$R2_{\max} = \frac{t_3^{\max}}{3 C_{gs}} = \frac{0,1745}{3 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 15 \text{ МОм}. \quad (6)$$

Т. е. переменный резистор R2 должен иметь диапазон от 125 килоом до 15 мегом.

Транзистор VT1 и диод VD1 необходимы для разрядки емкостей VT2 при отсутствии сигнала с ДХ.

Для управления шаговым электродвигателем (ДШИ), поворачивающим упоры, положение которых определяет угол опережения впрыска $\theta_{\text{н}}$ (по углу ПКВ), необходима схема с датчиком угловой скорости коленчатого вала дизеля или вала насоса. Эту функцию может выполнять тот же ДХ, если организовать в системе управления ДШИ (в процессоре) подсчет импульсов тактового генератора, например, при наличии сигнала с ДХ или наоборот – при отсутствии сигнала. Количество этих импульсов накапливает «счетчик» (Сч), т. е. управляемая ячейка памяти процессора. Количе-

ство импульсов Сч обратно пропорционально угловой скорости вала насоса, т. е. чем быстрее вращается вал, тем меньше Сч, и наоборот. Также процессор должен иметь память (внутреннюю или внешнюю) для хранения программы управления и арифметико-логическое устройство (АЛУ), обеспечивающее сравнение, вычисление, считывание и запись данных.

Алгоритм работы программы процессора должен реализовывать связь между желаемым углом опережения впрыска $\theta_{\text{н}}$ (градусы ПКВ) и угловой скоростью коленчатого вала $\omega_{\text{д}}$ (см. рис. 3, а) или, что то же самое, связь между углом поворота вала шагового двигателя $\varphi_{\text{дши}}$ (градус вала ДШИ) и количеством импульсов тактового генератора в счетчике Сч (см. рис. 3, б).

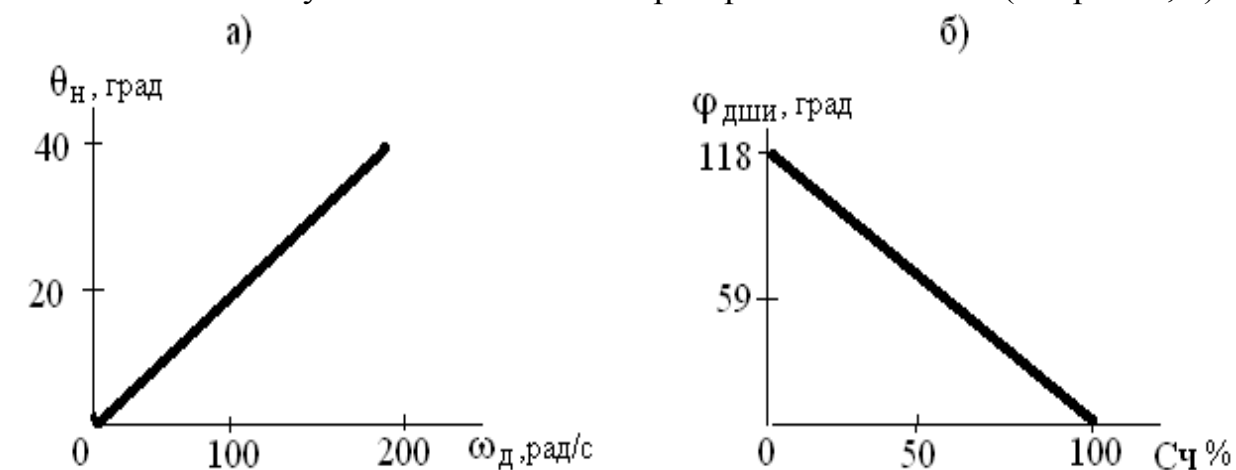


Рис. 3. Зависимость угла опережения впрыска от скорости

Максимальный угол поворота $\varphi_{\text{дши}}^{\max}$ с учётом выбранного передаточного числа конического редуктора привода упоров насоса составляет

$$\varphi_{\text{дши}}^{\max} = \Delta\varphi_y \cdot n_{\text{к}} = 20 \cdot 5,9 = 118^\circ, \quad (7)$$

где $\Delta\varphi_y$ – максимальный угол поворота упоров ТНВД по углу вала насоса; $n_{\text{к}}$ – передаточное число конического редуктора привода упоров.

При этом упоры ТНВД повернуться на $\Delta\varphi_y = 20^\circ$ по углу поворота вала насоса, что соответствует $\theta_{\text{н}} = 40^\circ$ по углу поворота коленчатого вала.

Аналитическая аппроксимация графика на рис. 3, б выражается зависимостью

$$\varphi_{\text{дши}} = 118 - 1,18 \cdot \text{Сч}. \quad (8)$$

Алгоритм работы программы процессора по управлению положением упоров представлен на рис. 4.