МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЯРОСЛАВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА)

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сборник научных трудов по материалам
Национальной научно-практической конференции
6–7 декабря 2017 г.

Ярославль
2018

УДК 631.3
ББК 40.72
И 66

И 66 **Инновационные направления сельскохозяйственного производства и обслуживания сельскохозяйственной техники** [Текст]: сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. 6–7 декабря 2017 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018. – 72 с.

ISBN 978-5-98914-189-0

Сборник содержит материалы, раскрывающие перспективные направления механизации сельскохозяйственного производства и обслуживания сельскохозяйственной техники.

Предназначен для научных работников, преподавателей высших учебных заведений, а также для работников агропромышленного комплекса. Может использоваться в учебном процессе в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ:

Гусар С.А. – главный редактор, и.о. ректора, к.э.н., доцент;

Морозов В.В. – заместитель главного редактора, проректор по научной работе и международным связям, к.ф.-м.н.;

Дорохова В.И. – ответственный секретарь, к.э.н., доцент, начальник управления по научной работе и международному сотрудничеству;

Шешунова Е.В. – редактор, к.т.н., доцент, декан инженерного факультета;

Соцкая И.М. – член совета, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Технический сервис»;

Орлов П.С. – член совета, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электрификация»;

Шмигель В.В. – член совета, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Электрификация»;

Ананьин Г.Е. – ответственный секретарь, к.п.н., менеджер по научной и профориентационной работе инженерного факультета;

Богословская Е.А. – ответственный секретарь, начальник редакционно-издательского отдела.

ISBN 978-5-98914-189-0

© Авторы статей, 2018
© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018

УДК 621.436

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДИЗЕЛЕЙ

А.С. Ладыгин, д.т.н. П.С. Орлов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия),
к.т.н. А.П. Перепелин
(ФГБОУ ВО ЯГТУ, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: топливные системы непосредственного действия, топливные системы аккумуляторного типа, потери энергии, гидравлическая эффективность.

Данная статья посвящена сравнительному анализу гидравлической эффективности топливных систем непосредственного действия и топливных систем аккумуляторного типа.

ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FUEL SYSTEMS OF DIESEL ENGINES

A.S. Ladygin, Doctor of Technical Sciences P.S. Orlov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia),
Candidate of Technical Sciences A.P. Perepelin
(FSBEI HE YSTU, Yaroslavl, Russia)

Key words: fuel system direct action, fuel system battery type, energy losses, hydraulic efficiency.

This article is devoted to the comparative analysis of the hydraulic efficiency of the fuel systems of direct action and fuel systems rechargeable type.

Непрерывное повышение технического уровня дизельной топливной аппаратуры в последнее десятилетие вызывается постоянно ужесточающимися нормами на выбросы вредных веществ (ВВ) двигателями. Для уменьшения образования ВВ при сохранении экономичности дизелей требуется повышение давления впрыска. Поэтому топливные системы (ТС) дизелей развиваются в направлении увеличения создаваемого ими давления до 200–250 МПа. Величина максимально развиваемого давления характеризует достигнутый технический уровень.

Разработка ТС с высокими давлениями выдвигает повышенные требования к их гидравлической эффективности для обеспече-

ния возможно меньшего роста нагрузок на элементы ТС, чтобы не увеличивать значительно их габариты и затраты энергии на привод. В настоящее время с использованием методов электронного управления (ЭУ) получили дальнейшее развитие следующие ТС: разделенная ТС – насос-топливопровод-форсунка с укороченным топливопроводом высокого давления (ИТН); насос-форсунка; аккумуляторная топливная система (АТС) [1, 2].

При нагнетании топлива плунжером только часть работы, которую он совершает, преобразуется в кинетическую энергию струи впрыскиваемого топлива. Так, в ТС непосредственного действия значительная часть механической энергии уносится с потоком топлива в отсечную магистраль, где она переходит в тепловую энергию. В АТС часть механической энергии уносится потоком топлива через управляющий клапан с ЭУ. Поэтому возникает задача поиска путей снижения потерь энергии в ТС и выбора наиболее эффективной ТС. Сравнительному анализу ТС посвящены работы [3–5]. Но в них проводится только сравнение традиционных ТС непосредственного действия с насос-форсунками и не рассматриваются АТС, получившие широкое распространение в последнее время. Кроме того, в указанных работах недостаточно уделено внимания анализу причин возникновения потерь энергии и поиску путей их снижения.

Целью статьи является сравнительный анализ гидравлической эффективности ТС непосредственного действия и АТС, определение источников потерь энергии в ТС, поиск путей их снижения и выбор гидравлически наиболее эффективной ТС.

Для сравнительного анализа ТС были проведены вычисления по программе гидродинамического расчета ТС с определением энергетических показателей.

Высокое давление впрыска, как известно, достигается путем уменьшения эффективного проходного сечения распылителя. Поэтому расчеты были проведены при изменении проходного сечения распылителя.

Предварительные расчеты выполнены применительно к ТС дизелей ЯМЗ размерностью 130/140 типа ЯМЗ-6565 (N_e = 220,6 кВт, n = 1900 мин$^{-1}$), при $q_ц$ = 200 мм^3 и частоте вращения вала насоса n = 950 мин$^{-1}$.

Рассмотрены 4 вида ТС:

– традиционная ТС с топливопроводом длиной 780 мм с ТНВД типа «Компакт-40» при ходе плунжера $h_п$ = 14 мм и диаметре $d_п$ = 12 мм;

– ИТН с топливопроводом длиной 350 мм с ЭУ hп = 16 мм и dп = 10 мм;

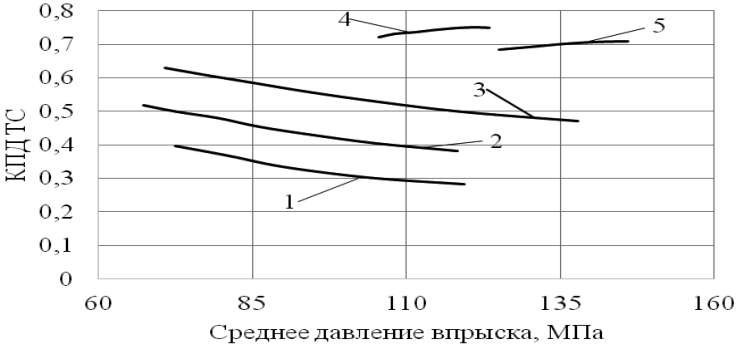
– насос-форсунка с ЭУ с hп = 14 мм и dп = 10 мм;

– АТС с ТНВД типа СР-2 (hп = 15 мм и dп = 8 мм).

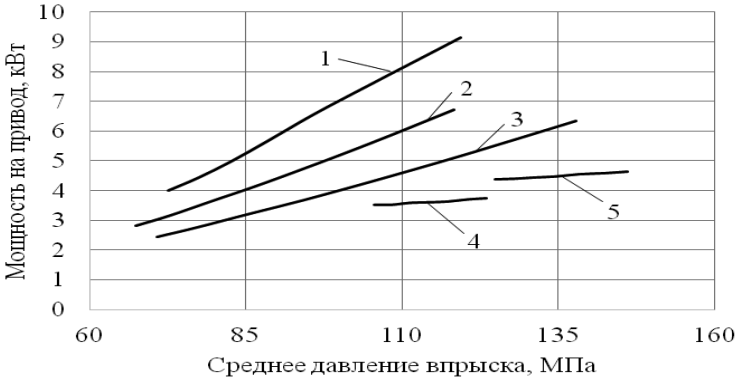
Насос-форсунка рассматривается только как гипотетически возможная, поскольку конструкция дизелей ЯМЗ не позволяет ее устанавливать.

Для критерия гидравлической эффективности ТС целесообразно ввести понятие коэффициента полезного действия (КПД) ТС, равного отношению располагаемой работы топлива, находящегося в распылителе, к работе плунжера, совершаемой за цикл подачи топлива:

$$\eta_{\text{ТС}} = \frac{L_{\text{ф}}}{L_{\text{пл}}}. \qquad (1)$$



а)

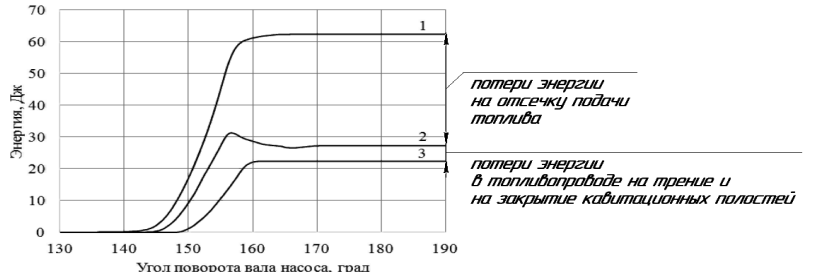


б)

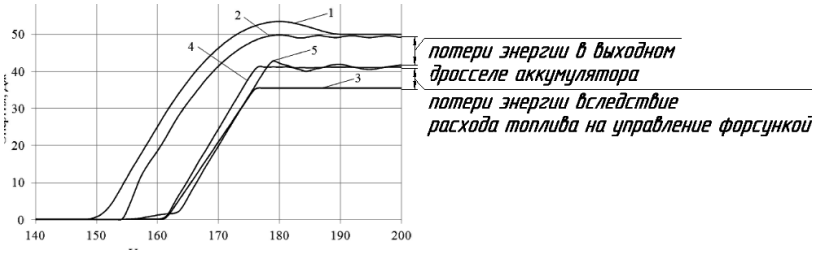
Рисунок 1 – Зависимость КПД ТС (а) и мощности привода ТНВД (б) 6-цилиндрового дизеля ЯМЗ от среднего давления впрыска:
1 – традиционная ТС; 2 – ИТН; 3 – насос-форсунка;
4 – АТС (Ра = 160 МПа); 5 – АТС (Ра = 200 МПа)

Из представленных зависимостей КПД ТС от среднего давления впрыска (рисунок 1а) видно, что наибольшим КПД ≈ 0,7 обладают АТС. Причем КПД практически не зависит от давления впрыска, даже несколько возрастает с его увеличением.

КПД ТС непосредственного действия с ростом среднего давления впрыска заметно снижается. У насос-форсунки КПД ≈ 0,48 при Рфср = 120 МПа. Для традиционной ТС при таком давлении КПД равен 0,3. Это приводит к увеличению затрат мощности на привод ТНВД. Поэтому можно считать, что традиционные ТС не имеют перспектив по существенному повышению давления впрыска. Более высокий КПД насос-форсунки объясняется меньшим объемом линии высокого давления (ЛВД). Таким образом, наименьшие затраты мощности на привод насоса (рисунок 1б) имеют АТС. Например, при среднем давлении впрыска 110 МПа мощность на привод традиционного ТНВД равна 8 кВт, на привод насос-форсунки – 4,7 кВт, на привод ТНВД АТС с давлением в аккумуляторе 160 МПа – 3,7 кВт.



а)



б)

Рисунок 2 – Потоки энергии в традиционной ТС (а) и в АТС (б):
1 – работа плунжера; 2 – поток энергии на входе в топливопровод у ТНВД; 3 – энергия топлива, поступившего в распылитель;
4 – поток энергии на входе в форсунку; 5 – поток энергии на выходе из аккумулятора

Для определения источников потерь энергии в ТС выполнен анализ потоков энергии в различных сечениях ЛВД. Расчеты показывают, что в традиционной ТС (рисунок 2а) наибольшие потери энергии имеют место в ТНВД. Причиной является отсечка топлива при окончании подачи, когда топливо под высоким давлением перетекает в отсечные окна. При этом на плунжер продолжает действовать высокое давление, что приводит к дальнейшему увеличению работы плунжера. Снизить эти потери можно уменьшением внутреннего объема полостей ЛВД, что достигается при использовании насос-форсунок [6].

Для АТС потери давления в ТНВД существенно меньше, так как там нет отсечки топлива (рисунок 2б). Потери энергии топлива в насосе при нагнетании обусловлены необходимостью затраты на работу сжатия топлива. Следует отметить, что часть работы плунжера возвращается к двигателю, поскольку после обратного движения плунжера на него действует высокое давление и, таким образом, происходит некоторый возврат затраченной работы плунжера. Заметные потери энергии также имеют место в выходном дросселе из аккумулятора, который вводится для гашения колебаний давления в топливопроводе между аккумулятором и форсункой. Также имеют место потери энергии, связанные с расходом топлива на управление. Однако все эти потери в АТС существенно меньше, чем в ТС непосредственного действия. Снизить эти потери можно путем увеличения диаметра выходного дросселя ddp, а для демпфирования колебаний можно увеличить объем полости в форсунке, что реализовано в форсунках фирмы Bosch с центральным подводом топлива. Согласно расчетам при увеличении диаметра дросселя с 0,9 мм до 1,3 мм КПД увеличивается с 0,71 до 0,74. При такой конструкции форсунок все полости в них находятся под высоким давлением, что позволяет снизить утечки через зазор в управляющем поршне вследствие уменьшения перепада давления и улучшить уплотнение по торцу втулки управляющего поршня. Снижение расхода на управление форсункой возможно путем применения 2-х запорного управляющего клапана, но этот метод пока не нашел широкого применения. При уменьшении расхода на управление с 40 мм^3 до 20 мм^3 КПД увеличивается с 0,7 до 0,78.

Таким образом, расчетными исследованиями показано, что наибольшим КПД, определяемым как отношение энергии впрыска к работе плунжера, обладают АТС (КПД = 0,71); наиболее близкими по КПД к АТС являются насос-форсунки (КПД = 0,5); традиционные ТС и ИТН не имеют перспектив по повышению давления впрыска из-за низкого КПД и, соответственно, больших затрат мощности и высоких значений максимального крутящего момента на приводе вала насоса.

Литература

1. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей [Текст] / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с.
2. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail. Перевод с английского [Текст]: учебное пособие. – М.: ЗАО «Легион-Автодата», 2014. – 94 с.: ил.
3. Перепелин, А.П. Сравнительный анализ систем топливоподачи современных дизелей [Текст] / А.П. Перепелин // Актуальные вопросы создания топливоподающих систем транспортных дизелей: материалы научно-технической конференции, посвященной 30-летию Ярославского завода топливной аппаратуры 6-7 февраля 2002 г. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2002. – С. 57–59.
4. Roming, B.E. Performance Comparision of Unit Injector and Pump-Line-Nozzle Injection Systems [Text] / B.E. Roming, R.D. Strunk, M.S. Weiner. – SAE Technical Paper Series № 840274, 1984. – 17 p.
5. Борычев, С.Н. Анализ способов применения биологических видов топлива в дизельных двигателях [Текст] / С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, А.А. Иванов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета. – 2017. – № 3 (35). – С. 84–88.
6. Скиданова, И.А. Технологическая подготовка производства [Текст] / И.А.Скиданова, А.Г. Уварова // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: Материалы Международной молодежной науч.-практ. конф. в 2-х томах. – Курск: Курск. гос. с.-х. ак., 2015. – С. 273–277.

УДК 631.313.6

ДИСКОВЫЕ БОРОНЫ CATROS («AMAZONEN-WERKE», «ЕВРОТЕХНИКА») С ЭФФЕКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ В КОНСТРУКЦИИ

д.т.н., профессор В.А. Милюткин, С.А. Толпекин
(ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, Кинель, Россия),
к.т.н., доктор В.Э. Буксман
(компания «AMAZONEN-Werke», Hashergen-Gaste, Германия)

Ключевые слова: дисковые бороны, конструкция, демпферы, индивидуальный поводок, эффективность, надежность.

Проанализированы прогрессивная конструкция и эффективная работа дисковых борон CATROS немецкой компании «AMAZONEN-Werke» и ее завода в России (Самара) ЗАО «Евротехника».

DISC BROWS CATROS (“AMAZONEN-WERKE”, “EUROTECHNICS”) WITH EFFECTIVE FEATURES IN CONSTRUCTION

Doctor of Technical Sciences V.A. Milyutkin, S.A. Tolpekin (FSBEI HE Samara SAA, Kinel, Russia), Candidate of Technical Sciences, Doctor V.E. Buxman (“AMAZONEN-Werke”, Hashergen-Gaste, Germany)

Key words: disc harrows, construction, shock absorbers, leash, efficiency, reliability.

The progressive design and efficient work of the disk harrows CATROS of the German company “AMAZONEN-Werke” and its plant in Russia (Samara) of CJSC “Eurotechnika” are analyzed.

Расширение в земледелии эффективных технологий «Mini-Till», основанных на минимальной низкозатратной обработке почвы [1], в большей части основано на использовании дисковых борон-дискаторов [2]. Комплексное решение энерго-влаго-ресурсосберегающих технологий немецкой компанией «AMAZONEN-Werke» и ее завода в России (г. Самара) ЗАО «Евротехника» обеспечивается высокоэффективными современными сеялками ДМС, Condor [3, 4, 5] и др., а также отечественными сеялкам [6] по продискованному фону. Интенсивное измельчение растительных остатков и перемешивание их с почвой обеспечивает значительное снижение потерь влаги и получение хороших урожаев даже при засухах [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Методика

Компанией «AMAZONEN» разработана большая номенклатура дисковых борон-дискаторов CATROS. Для квалифицированного выбора наиболее подходящих для агропредприятий различного уровня дисковых борон-дискаторов произведена их классификация с построением номограммы, отражающей влияние ширины захвата и рабочей скорости на производительность и, соответственно, выработку дисковых борон-дискаторов за смену, сутки, агросрок [14].

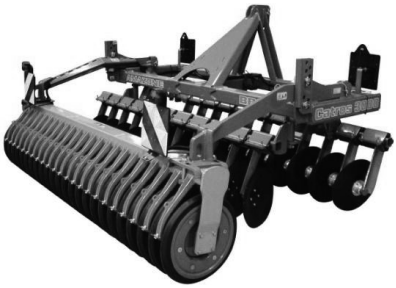
Результаты

Компания «AMAZONEN» многие годы (почти 20 лет) сотрудничает с Самарской сельхозакадемией по адаптации немецкой техники к условиям России, особенно с учетом засушливых условий,

с внесением изменений в конструкции сельхозмашин при необходимости [3, 4, 5, 9, 10, 11, 12].

С полей Учхоза Самарской сельхозакадемии стал интенсивно распространяться на сегодняшний день один из лучших по конструкции, надежности, технологическим и эксплуатационно-экономическим показателям дисковый агрегат-дискатор CATROS, конструктивное исполнение которого составляет сегодня более 15 разновидностей (рисунок 1).

1)



2)

3)

Рисунок 1 – Модификации дискаторов CATROS
с различной шириной захвата: 1) CATROS 6001-2 (6 м);
2) CATROS 3001 (3 м); 3) CATROS12003-2TS (12 м)

Для оптимального технического перевооружения различных агропредприятий России (крупных, средних, мелких), обладающих различной структурой посевных площадей для их обработки в строго лимитированные агротехнические сроки, при различной насыщенности агропредприятий энергетической техникой – тракторами с различной тяговой мощностью, составлена технико-энергетическая классификация дисковых почвообрабатывающих орудий CATROS (таблица 1).

Таблица 1 – Технико-энергетическая классификация дисковых почвообрабатывающих орудий CATROS фирмы «AMAZONEN-Werke» (Германия, Россия)

Индекс агрегата CATROS	Ширина захвата B, м	Тяговая мощность N, л.с.	Производительность W, га/смена, V = 10–15 км/ч; смена – 10 ч
3001	3,0	90	30–45
3501	3,5	105	35–53
4001-2	4,0	125	40–60
5001-2	5,0	150	50–75
6001-2	6,0	180	60–90
750012 T	7,5	240	75–115
9001-KP	9,0	260–280	90–135
12003-2TC	12,0	360	120–180

В таблице 1 представлены конструктивные параметры (ширина захвата) различных модификаций CATROS с эксплуатационными показателями – требуемой тяговой мощностью для эффективного агрегатирования и производительность агрегатов при рекомендуемых рабочих скоростях 10 и 15 км/час.

Из рисунка 2 можно определить часовую производительность агрегатов CATROS при различной ширине захвата и рабочей скорости, что дает возможность агропредприятиям с учетом структуры посевных площадей, с учетом агротехнических сроков качественно проводить обработку почвы.

Дискаторы CATROS, имея гладкие и вырезные диски диаметром 510 мм с жесткой навесной или гидравлически складываемой рамой, производят обработку почвы на глубину 5–10 см. Для большей глубины обработки (20 см) компания «AMAZONEN» производит тяжелую компактную дисковую борону Certos TX со сферическими вырезными дисками диаметром 660 мм. В связи с большой собственной массой Certos TS обеспечивает интенсивное смешивание органического материала и более глубокую обработку даже тяжелых почв. Модельный ряд Cetros TX предлагается с шириной захвата 4, 5, 6 и 7 м.

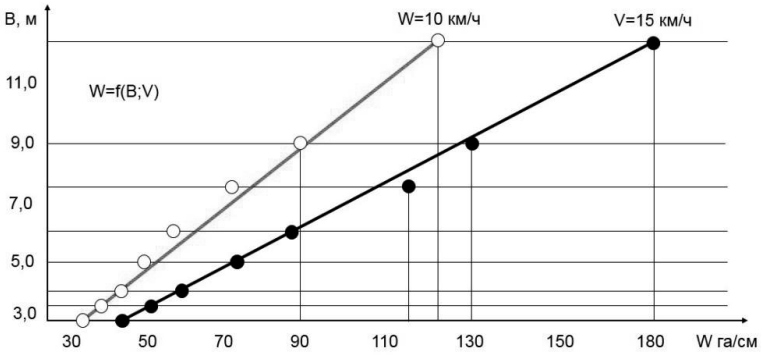
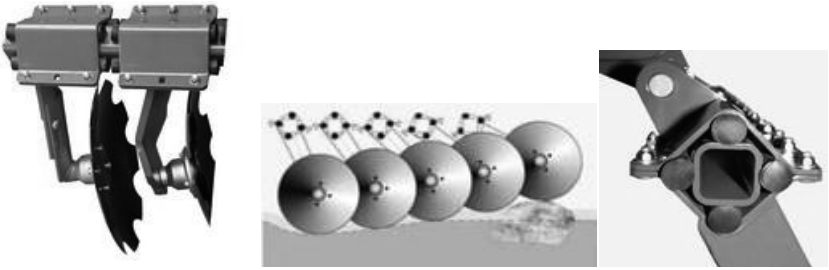


Рисунок 2 – Производительность (W, га/смену) дисковых почвообрабатывающих агрегатов CATROS в зависимости от ширины захвата (B, м) и рабочей скорости (V, км/ч: 0–10 км/ч, 0–15 км/ч)

Компания «AMAZONEN» в конструкциях CATROS использовала отличительные от других известных дисковых борон новинки:

1. Индивидуальная поводковая система крепления каждого диска к раме в отличие от расположения дисков на одном общем вале (в основном у отечественных дисковых борон) позволяет, в соответствии с исследованиями Самарской ГСХА, лучше копировать рельеф и не забиваться растительными остатками (рисунок 3а).

2. Крепление поводка к раме на дисковых боронах CATROS выполнено через резиновые демпферы, которые снижают ударную нагрузку на диск и защищают его от повреждения (рисунок 3б).



а) б)

Рисунок 3 – Конструктивные особенности дисковых борон CATROS: а – индивидуальное поводковое крепление дисков и эффективное копирование рельефа; б – резиновое демпферное крепление поводка к раме

3. Для крупных предприятий разработанная компанией «AMAZONEN» широкозахватная дисковая борона CATROS-12-003-2TS, награжденная серебряной медалью на Международной отраслевой выставке Агросалон-2016 в г. Москва, обеспечивает оптимальное копирование рельефа почвы за счет разделения бороны на четыре отдельных сегмента, гибко соединенных между собой с предварительным напряжением на элементах рамы специальными гидроаккумуляторами и системой ContourFrame.

Выводы

1. Проведенный системный анализ технико-технологических показателей дисковых почвообрабатывающих агрегатов CATROS фирмы «AMAZONEN-Werke» позволил разработать номограмму для подбора соответствующих марок наиболее эффективных агрегатов для различных агропредприятий, использующих технологии «Mini-Till», с учетом условий эксплуатации (агротехнические сроки, структура посевных площадей, наличие или планируемые для приобретения энергетические средства).

2. Особенности конструкции дисковых борон CATROS за счет индивидуальной поводковой системы крепления дисков, резиновых демпферов и секционной рамы позволяют эффективно обрабатывать почву при технологиях «Mini-Till» и других технологиях.

Литература

1. Милюткин, В.А. Мировое развитие сберегающих технологий и перспективы в Российской Федерации [Текст] / В.А. Милюткин // Аграрная Россия. – 2002. – № 6. – С. 20.

2. Кушнарев, А.С. Дискатор – новое почвообрабатывающее орудие, обеспечивающее переход от традиционной технологии производства сельскохозяйственной продукции к энергосберегающей NO-till: монография [Текст] / А.С. Кушнарев, Н.И. Есьман, В.И. Ницко, А.Д. Ткачук, В.А. Милюткин, С.А. Кушнарев, Е.В. Бобровный. – Белая Церковь, 2010. – 72 с.

3. Милюткин, В.А. Эффективная комплектация агропредприятий высокотехнологичными и высокопроизводительными сеялками фирмы «AMAZONEN-WERKE», АО «Евротехника» (Германия; Самара, Россия) [Текст] / В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // Сборник «Пути повышения эффективности аграрной науки в условиях импортозамещения». – Махачкала, 2017. – С. 282–289.

4. Буксман, В.Э. Преимущественные особенности сеялки PRIMERA DMC (Германия – Россия) при сберегающем земледелии / В.Э. Буксман, А.П. Цирулев, В.А. Милюткин [Текст] // Сборник материалов международной научно-практической конференции Красноярского ГАУ «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития». – Красноярск, 2017. – С. 49–51.

5. Милюткин, В.А. Оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятия при выборе сельхозмашин (сеялок) по основным технико-технологическим показателям [Текст] / В.А. Милюткин, С.А. Соловьев, З.В. Макаровская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 122–124.

6. Милюткин, В.А. Эффективность почвообрабатывающе-посевного агрегата АУП-18 [Текст] / В.А. Милюткин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – № 3. – С. 9–13.

7. Милюткин, В.А. Разработка машин для подпочвенного внесения удобрений на основании агробиологических характеристик растений [Текст] / В.А. Милюткин, М.А. Канаев, А.В. Милюткин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С.9–13.

8. Милюткин, В.А. Система мониторинга и управления плодородием почвы в режиме ON-LINE / В.А. Милюткин, М.А. Канаев, М.А. Кузнецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 34–39.

9. Милюткин, В.А. Использование природных явлений при борьбе с засухой влагосберегающими технологиями – техникой «AMAZONEN-Werke» (Германия, Россия) [Текст] / В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // Сборник «Экологические проблемы региона и пути их решения». Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, проводимой в рамках Сибирского экологического форума «Эко-ВООМ». – Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 207–212.

10. Милюткин, В.А. Управление производством сельскохозяйственных культур созданием оптимальных параметров влажности и температуры почвы [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин, З.П. Антонова, А.А. Александров, М.А. Канаев // Harvard of Fundamental and Applis. – 2015. – Т. 11. – С. 34–39.

11. Милюткин, В.А. Эффективные технологические приемы в земледелии, обеспечивающие оптимальное влагонакопление и влагопотребление [Текст] / В.А. Милюткин, В.В. Орлов, Г.В. Кнурова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (56). – С. 69–72.

12. Милюткин, В.А. Эффективная технология борьбы с засухой при возделывании сельскохозяйственных культур с использованием техники «AMAZONEN-Werke» (Германия – Россия – Самара) для засушливых условий России [Текст] / В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // Сборник «Современные проблемы сохранения плодородия черноземов». Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.В. Докучаева, 2016. – С. 298–303.

13. Милюткин, В.А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энерго-ресурсосберегающих технологиях [Текст] / В.А. Милюткин, А.В. Милюткин, М.А. Беляев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 4. – С. 73–74.

14. Милюткин В.А. Эффективное техническое перевооружение сельхозпредприятий дисковыми почвообрабатывающими орудиями CATROS (Германия-Россия) [Текст] / В.А. Милюткин, С.А. Толпекин // Нива Поволжья. – 2017. – № 3 (44). – С. 90–95.

УДК 621.184

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА-УТИЛИЗАТОРА И УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО РАБОТЫ

к.т.н. О.Г. Несиоловский, Р.Д. Адакин
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: энергосбережение, теплообменник, утилизатор теплоты.

В статье рассматриваются актуальные вопросы энергосбережения на тепловых установках малой мощности с помощью тепло-

обменника-утилизатора, основой которого являются тонкостенные алюминиевые пластины. Для повышения эффективности работы утилизатора предлагается выполнять пластины гофрированными. С целью исследования работы пластин такого типа разработана опытная установка, принцип работы изложен в статье. Рекомендуется провести компьютерное моделирование процессов перед натурными испытаниями.

COMPUTER MODELING OF THE HEAT EXCHANGER AND INSTALLATION FOR EXPERIMENTAL STUDIES OF HIS WORK

Candidate of Technical Sciences O.G. Nesiolovskiy, R.D. Adakin
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: energy saving, heat exchanger, heat recovery unit.

The article deals with topical issues of energy saving in thermal systems low-power heat exchanger-heat exchanger which are based on thin-walled aluminum plates. To improve the efficiency of the heat exchanger is proposed to comply with the corrugated plate. With the aim of the research work of plates of this type designed by experienced, the principle of operation is described in the article. It is recommended to conduct computer modeling of processes before full-scale tests.

Один из основных видов энергии, потребляемых в мире, – тепловая энергия, в том числе в сельском хозяйстве, в пищевой промышленности и для бытовых нужд. Одна из существенных проблем современности заключается в том, что необходимо экономить энергетические ресурсы. Цены практически на все виды топлива имеют тенденцию к постоянному росту. Наиболее перспективные пути экономии теплоты и топлива основаны на использовании возобновляемых и вторичных источников энергии. Большой энергосберегающий потенциал содержится в продуктах сгорания топлива, сжигаемого в производственных и бытовых устройствах. Уходящие из установок продукты сгорания несут, как правило, значительное количество теплоты. Эта теплота может быть полезно использована. В мощных теплогенерирующих установках (от нескольких сотен киловатт и более) уже достаточно давно применяют различные

устройства для утилизации теплоты отработавших газов. Это, как правило, теплообменные устройства или целые системы для подогрева воздуха или воды. Подобные устройства и системы имеют значительные габариты, вес и стоимость и поэтому крайне редко применяются в маломощных установках, сжигающих органические топлива [1].

Для маломощных генераторов теплоты (хлебопекарно-кондитерские печи, котлы систем отопления, водогрейные газовые колонки и т.д.) требуются специальные эффективные малогабаритные и недорогие теплоутилизирующие устройства и системы.

В этом устройстве в качестве вторичного энергоресурса используются отработавшие газы, поступающие от теплогенерирующего устройства в рекуперативный теплообменник. Забор воздуха подводят через соответствующие входные патрубки из помещения или снаружи помещения. Имеется заслонка, которая позволяет контролировать забор воздуха с улицы. При движении потоков через теплообменник происходит передача теплоты через стенки от отработавших газов к холодному, приточному воздуху. Затем эти потоки выводят из теплообменника и далее через соответствующие выходные патрубки отработавшие газы на улицу, а нагретый воздух – в помещение. Далее воздух идет на технологические нужды или на теплоснабжение (отопление).

Основой системы является теплообменник. Он прост и недорог в изготовлении, так как состоит из системы алюминиевых гофрированных пластин, в которой горячий и холодный теплоносители движутся между этими пластинами, не перемешиваясь друг с другом (рисунок 1). На основе одних и тех же пластин можно производить несколько теплообменников различной тепловой мощности, меняя только их количество. Он имеет высокую эффективность теплообмена (большая площадь контакта через пластины и малое термическое сопротивление самих пластин), относительно невысокую стоимость и удобство в эксплуатации (можно заменять кассету с пластинами, не производя их чистку). В настоящее время ведется работа по созданию методики расчета подобных устройств [2, 3].

Разработана опытная установка для испытания и исследования теплообменника-утилизатора малой мощности. Принципиальная схема представлена ниже (рисунок 2).

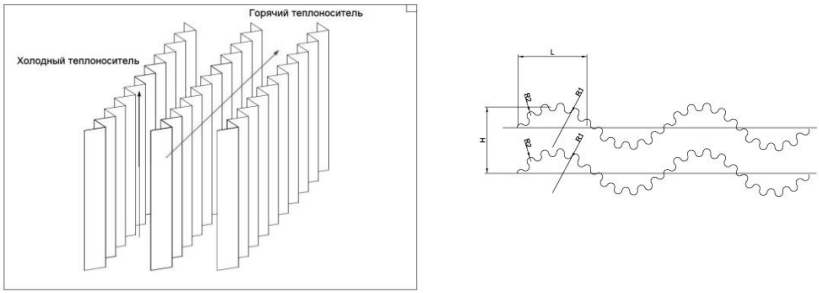


Рисунок 1 – Расположение пластин в пакете, пластины с двойным гофрированием

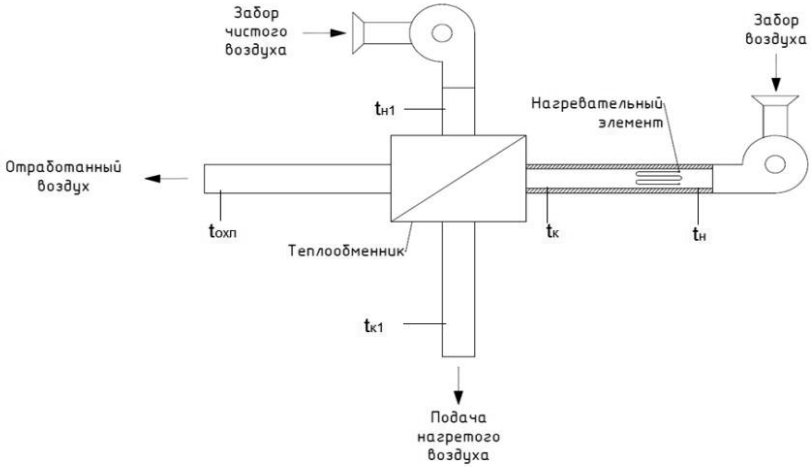


Рисунок 2 – Схема опытной установки для испытания и исследования теплообменника-утилизатора малой мощности

Теплогенерирующее устройство представлено в виде электрического нагревательного устройства. Будут производиться замеры температуры tн и объема воздуха при заборе и замер температуры tк после прохождения воздуха через нагревательный элемент. Также будут сделаны замеры температуры воздуха tн1 при заборе из помещения (или воздуха снаружи помещения) и tк1 и tохл после прохождения теплообменника, расход горячего и холодного теплоносителей, а также потери давления по трактам обоих теплоносителей.

Таким образом, сравнивая начальные и конечные температуры, расходы теплоносителей и потери давления, будет определена эффективность теплообменного устройства. Для проведения натурных опытов желательно знать примерную геометрию пластин

теплоутилизатора (расстояние между пластинами, шаг гофрирования). Геометрические параметры пластин можно определить компьютерным моделированием, подобрав наиболее эффективный вариант (рисунок 3).

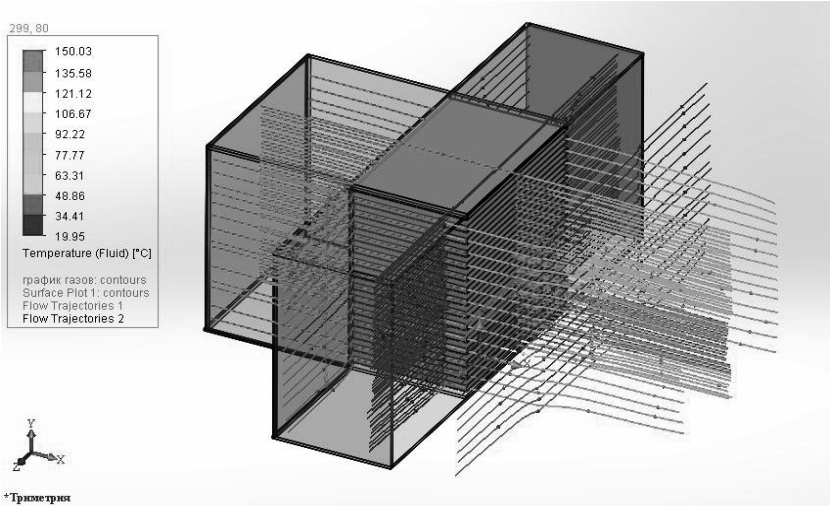


Рисунок 3 – Распределение температур внутри теплообменника

Выводы

1. Необходимо провести испытания на предлагаемой опытной установке для того, чтобы определить наилучшие геометрические параметры теплообменных пластин и всего теплообменника в целом, используя предварительные данные по компьютерному моделированию.

2. Требуется разработать методику расчета теплообменника-утилизатора пластинчатого типа для газообразных теплоносителей при малом их расходе и относительно низкой температуре. Подтвердить адекватность методики опытными данными.

Литература

1. Байгалиев, Б.Е. Теплообменные аппараты: учебное пособие [Текст] / Б.Е. Байгалиев, А.В. Щелчков, А.Б. Яковлев, П.Ю. Гортышов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. университета, 2012. – С. 43–59.

2. Черноногова, И.В. Особенности методики расчета теплообменника-утилизатора пластинчатого типа [Текст] / И.В. Черноногова, О.Г. Несиоловский // Сборник научных статей «История и перспективы развития транспорта на севере России» / под ред.

проф. О.М. Епархина. – Ярославль: Ярославский филиал МИИТ, 2017. – С. 159–161.

3. Моделирование теплового процесса нанесения покрытий [Текст] / М.Н. Горохова, Ю.А. Юдаев, М.Л. Санникова, А.А. Горохов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 90. – С. 397–407.

УДК 629.114

АНАЛИЗ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ДВС

к.т.н. О.Г. Несиоловский, к.т.н. В.П. Дмитренко, к.т.н. И.М. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: системы охлаждения ДВС, автоматическое управление тепловым состоянием.

В статье проводится анализ перспективных систем охлаждения и регулирования теплового состояния ДВС. Отмечены тенденции применения микропроцессорной техники и управляемых приводов агрегатов системы охлаждения, а также расширение функций этой системы.

ANALYSIS OF REGULATION OF THE THERMAL STATE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Candidate of Technical Sciences O.G. Nesiolovskiy, Candidate of Technical Sciences V.P. Dmitrenko, Candidate of Technical Sciences I.M. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: system of engine cooling, automatic control of the thermal condition.

The article presents the analysis of advanced cooling systems and regulating the thermal state of the engine. Observed trends in the application of microprocessor technology and controlled drive units of the cooling system, as well as expanding the functions of the system.

Исследования авторов и более ранние исследования предшественников показали, что каждый ДВС (бензиновый или дизель-

ный) обладает определенным тепловым состоянием, при котором достигаются наилучшие экономические показатели работы и наименьший износ трущихся деталей. Это состояние достаточно точно задается температурой одной из деталей цилиндропоршневой группы (например, гильзой цилиндра). Значение температуры детали, при котором достигаются наилучшие показатели работы на различных режимах, изменяется мало [1].

В наибольшей мере приблизить тепловое состояние двигателя к наилучшим значениям, а следовательно, получить от этого максимальную экономию топлива можно при использовании процессорного управления жидкостной системой охлаждения, организованного на следующих рекомендациях:

– использование в качестве определяющего фактора температуру гильзы цилиндра;

– раздельное регулирование вентилятора и жидкостного насоса;

– использование для регулирования жидкостного насоса алгоритма, специально разработанного для этой системы;

– поддержание оптимального теплового состояния двигателя на большинстве режимов работ.

Этим принципам соответствует предлагаемая авторами система управления. В качестве основного управляющего устройства используется микропроцессор, получающий сигналы с датчиков, установленных на дизеле. Для обеспечения работы требуются данные, получаемые со следующих датчиков: температуры гильзы цилиндра, температуры охлаждающей жидкости, частоты вращения коленчатого вала, нагрузки (перемещение рейки насоса). Сигналы проходят обработку в микропроцессоре, после чего выдаются команды на исполнительные устройства. Этими устройствами являются управляемые по частоте вращения вентилятор и жидкостной насос. Для привода вентилятора дизеля средней мощности наиболее целесообразно применять гидромуфту. В нашем случае поступление в гидромуфту масла будет управляться микропроцессором. Для привода жидкостного насоса перспективным представляется применение магнитно-вязкостной муфты, легко сопрягающейся с электронным управлением и имеющей малую потребляемую мощность тока.

Вся система в целом будет действовать следующим образом. Управляемый по частоте вращения вентилятор в основном бу-

дет поддерживать температуру охлаждающей жидкости, которая, вследствие более точного и оперативного управления, может быть выше стандартной, что приводит к уменьшению тепловых потерь в системе охлаждения и снижению затрат мощности на привод вентилятора.

Управляемый жидкостной насос будет поддерживать наилучшую для каждого режима работы дизеля температуру стенки цилиндра. Эта температура может быть неодинакова для различных режимов. Управление температурой будет осуществляться изменением частоты вращения насоса и, как следствие, изменением расхода жидкости через полости охлаждения. Обороты насоса и температура будут связаны друг с другом по зависимостям. Такое управление позволяет оперативно регулировать температуру стенки цилиндра, что особенно важно при движении автомобиля с частой сменой нагрузки (например, городской режим движения). В тех случаях, когда насос не справляется с регулированием температуры, дополнительно для этой цели используется вентилятор, который будет работать на поддержание температуры стенки цилиндра, пока она не достигнет оптимального значения для заданного режима. Система должна предусматривать и аварийные ситуации. В случае слишком быстрого возрастания нагрузки или выхода из строя какого-либо элемента системы, подается сигнал на полное включение вентилятора и насоса, что предотвратит существенные поломки двигателя вследствие перегрева.

Для быстрого прогрева при холодном пуске и управления тепловым режимом двигателя в случае выхода из строя микропроцессорной системы управления в системе охлаждения сохраняется термостат.

Управлять системой можно следующими способами:

– алгоритмом, созданным на базе расчетных формул;
– номограммой.

Представленная выше схема управления тепловым состоянием имеет, пожалуй, единственный недостаток – сложность. В первую очередь сложность реализации из-за высоких затрат на проведение опытно-конструкторских и доводочных работ. По этой причине авторами была разработана автоматическая система управления тепловым состоянием, основанная на серийных автотракторных комплектующих. Подобную систему можно построить на следующих рекомендациях:

– использование в качестве определяющего фактора температуру гильзы цилиндра;

– использование блока электрических насосов вместо жидкостного насоса системы охлаждения и электрических вентиляторов вместо вентилятора системы охлаждения с клиноременным приводом;

– раздельное регулирование двух электрических вентиляторов и блока электрических насосов;

– поддержание оптимального теплового состояния двигателя на большинстве режимов работы.

Вся система в целом будет действовать следующим образом.

Управляемый блок электрических насосов (состоящий из трех электронасосов автомобиля ГАЗ) вместо жидкостного насоса будет поддерживать наилучшее тепловое состояние гильзы цилиндра для каждого режима работы двигателя. Управление температурой будет осуществляться от датчиков температуры стенки гильзы, для разных диапазонов температур посредством последовательного включения или выключения двух насосов. Датчики температуры стенки гильзы цилиндра будут располагаться в верхнем поясе гильзы, в районе верхнего компрессионного кольца. Датчики должны быть отрегулированы на различные температуры для последовательного включения и выключения насосов при прогреве и охлаждении двигателя. Для обеспечения постоянной циркуляции охлаждающей жидкости в двигателе один из насосов будет работать постоянно. Два вентилятора, управляемые датчиками температуры, в основном будут поддерживать температуру охлаждающей жидкости, которая, вследствие более точного и оперативно управления, может быть выше стандартной, что приводит к уменьшению тепловых потерь в системе охлаждения.

Близкой к вышеизложенным системам по своей «идеологии» является следующая система [2].

Вариант схемы такой модернизированной системы показан на рисунке 1. Она, как видим, не намного сложнее традиционной схемы, но значительно превосходит традиционную по эффективности. Во-первых, благодаря электронному блоку управления режимы работы такой системы точно соответствуют режимам работы двигателя. Во-вторых, механический КПД выше, чем обычной системы. В-третьих, двигатель после пуска гораздо быстрее выходит на рабочий температурный режим, поскольку отсутствие циркуля-

ции жидкости при прогреве полное: не работает насос и термостат надежно отсекает «малый» ее круг от «большого».

В традиционных системах охлаждения с термомеханическим термостатом, насосом с механическим приводом и вентилятором оптимизировать тепловое состояние двигателя внутреннего сгорания (ДВС) практически невозможно из-за отсутствия управляющих взаимосвязей между этими тремя важнейшими узлами системы.

В начале 90-х годов прошлого века начаты разработки систем охлаждения, включающие интегрированные элементы электронной автоматики [3, 4].

Задача предлагаемой системы охлаждения – обеспечение стабильного температурного режима ДВС и оптимизация режима его работы при переменном характере нагрузки.

Задача решается за счет того, что в системе охлаждения ДВС привод агрегатов (насосов, вентилятора) осуществляется при помощи индукторного электродвигателя.

Основным контролируемым параметром работы системы охлаждения является температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя, измеряемая с помощью датчиков температуры.

Обороты коленчатого вала, частота вращения вентилятора, температура охлаждающей жидкости, положение заслонки радиатора контролируются при помощи цифровых датчиков (на схеме не указаны).

Указанная совокупность контрольно-измерительных элементов, функциональных электронных устройств обеспечивает контроль соответствующих параметров и позволяет блоку управления 6 на основании полученных данных осуществлять управление работой электропривода жидкостного насоса 9, вентилятора 4, заслонки 3, клапана термостата 8.

Возможность получения любой точной скорости вращения крыльчатки насоса обеспечивается при помощи управляемого индукторного электродвигателя – обратимой бесконтактной электрической машины синхронного типа.

Обязательным условием работы системы охлаждения является обеспечение оптимального температурного режима. Для этого электроприводом (рисунок 1) жидкостного насоса 9 выводится на номинальную производительность, заслонки жалюзи 3 поворачи-

ваются на угол 90° для более полного доступа потоков воздуха. Интенсивность циркуляции воздушных потоков обеспечивается электроприводом 7. При этом работа насоса и вентилятора бесступенчато регулируется контроллером 6 в зависимости от теплового состояния двигателя. Таким образом, достигается необходимый баланс между расходами жидкости и воздуха в системе охлаждения двигателя, что позволяет снизить затраты мощности на привод насоса. Соответственно обеспечивается экономия топлива при одновременном снижении углеводородов CH и оксида углерода CO.

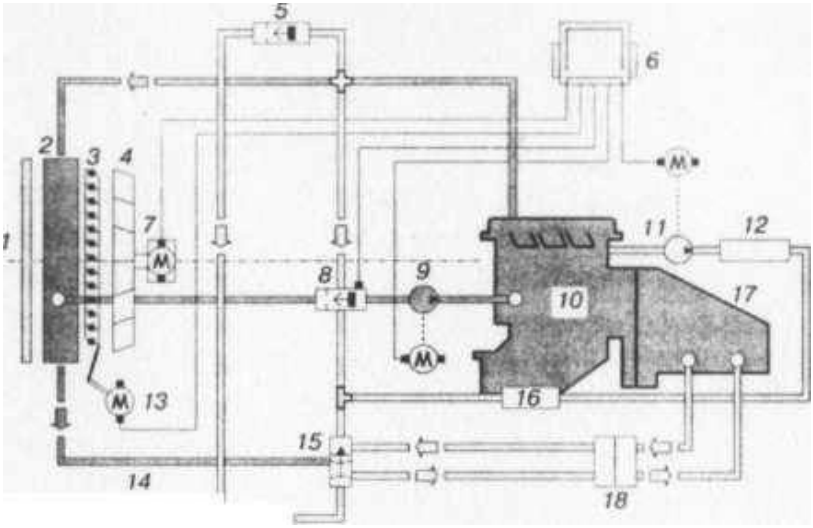


Рисунок 1 – Схема системы охлаждения с электроприводным насосом: 1 – решетка радиатора; 2 – радиатор охлаждения; 3 – заслонка; 4 – вентилятор; 5 – термостат; 6 – электронный блок управления; 7 – электропривод вентилятора; 8 – термостат с электронным управлением; 9 – насос системы охлаждения с индукторным электродвигателем; 10 – двигатель внутреннего сгорания; 11 – электромотор и насос; 12 – управление нагревателем; 13 – шаговый двигатель; 14 – низкотемпературный контур; 15 – низкотемпературный регулятор; 16 – масляный радиатор; 17 – трансмиссия; 18 – радиатор трансмиссионного масла

В настоящее время предлагаются системы охлаждения нескольких источников тепла, существующих на современных автомобилях [3]. Любая машина, будь то тепловой или электрический

двигатель, электрогенератор или иной силовой преобразователь, в процессе работы выделяет избыточную теплоту. Причем ее количество тем больше, чем больше мощность машины. Поэтому, чтобы машина не перегревалась со всеми вытекающими отсюда последствиями, для ее надежности ее оснащают системой охлаждения. Типичный пример тому – система охлаждения автомобильного ДВС.

Однако конструкции систем охлаждения тепловых машин непрерывно усложняются. Скажем, в систему охлаждения автомобильного ДВС давно уже включен радиатор отопителя, а сейчас к ней все чаще подключают бортовой кондиционер. На автомобилях же с комбинированными (гибридными) силовыми установками речь уже идет об охлаждении не только ДВС, но и электрогенераторов, тяговых электродвигателей и различных гидроприводов. Причем со временем положение будет только усложняться. То есть контурность систем охлаждения будет только возрастать, в их состав будут включаться все новые и новые подсистемы, отличающиеся друг от друга по тепловыделению и гидравлическому сопротивлению. Значит, усложнится и задача расчета таких систем.

Тем не менее решить ее, по мнению авторов, все-таки можно. И один из путей такого решения – использование объемных делителей потока охлаждающей жидкости.

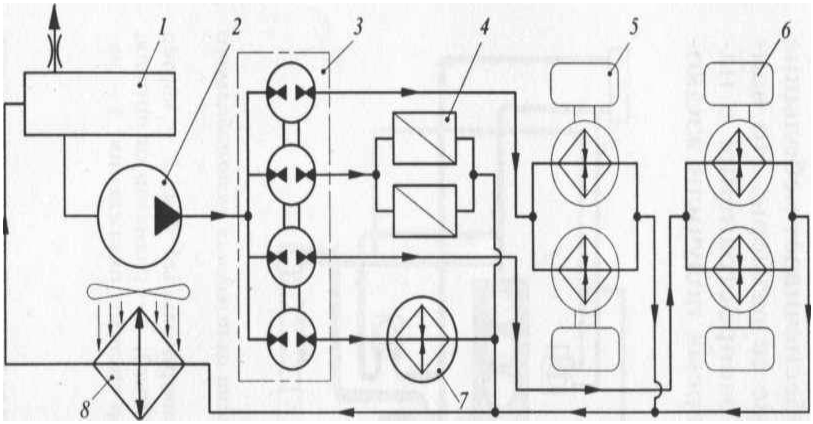


Рисунок 2 – Схема многоконтурной системы охлаждения:
1 – расширительный бак; 2 – насос; 3 – объемный делитель потока охлаждающей жидкости; 4 – силовой преобразователь; 5, 6 – тяговый электродвигатель; 7 – электрогенератор; 8 – радиатор с вентилятором

Возьмем, например, систему (рисунок 2), состоящую из четырех контуров силового преобразователя 4, тяговых электродвигателей 5 и 6 и электрогенератора 7. Работает такая видоизмененная схема следующим образом.

Насос 2 забирает охлаждающую жидкость из расширительного бака 1 и подает ее в объемный делитель 3, который делит ее пропорционально на объемы, необходимые для надежного охлаждения каждого из источников теплоты. В нашем случае это коллекторы силовых преобразователей 4, тяговых электродвигателей 5, б и генератора 7. Проходя этот коллектор, потоки, так же как и в одноконтурной системе, нагреваются, а затем объединяются в обратном трубопроводе и направляются в радиатор 8, где и охлаждаются потоком воздуха, нагнетаемого вентилятором. Охлажденная таким образом жидкость поступает в насос, и цикл повторяется.

Применение объемного делителя потока позволяет перераспределять расходы жидкости по контурам наилучшим образом, причем без повышения мощности циркуляционного насоса.

Литература

1. Несиоловский, О.Г. Принципы проектирования и общее устройство системы управления тепловым состоянием ДВС [Текст] / О.Г. Несиоловский, И.Е. Чекалев // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания. Материалы Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение». Вып. 6. – СПб.-Киров, 2009. – С. 146–149.

2. Алиев, А.Я. Электроприводной насос системы охлаждения поршневого двигателя с индукторным электродвигателем [Текст] / А.Я. Алиев, О.М. Айдемиров, С.А. Алиев // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 7. – С. 15–16.

3. Карелин, Д.Л. Многоконтурные системы охлаждения на основе объемного делителя потока [Текст] / Д.Л. Карелин, В.М. Гуреев, В.Л. Мулюкин // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 5. – С. 13–15.

4. Перспективные методы диагностирования систем мобильной техники в сельском хозяйстве [Текст] / В.В. Акимов, В.В. Фокин, Р.В. Безносюк [и др.] // Международный научный журнал − 2017. − № 2. − С. 100–105.

УДК 631.51

СДВИГ ПОЧВЫ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ОТВАЛОМ ПЛУГА

д.т.н. В.А. Николаев
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: корпус плуга, грудь отвала, почва, упругое сжатие, сдвиг почвы в вертикальной плоскости, затраты энергии.

Рассмотрено взаимодействие груди отвала корпуса плуга с почвой. Определены затраты энергии, необходимой для осуществления упругого сжатия и сдвига почвы в вертикальной плоскости отвалом плуга при вспашке одного кубического метра почвы.

THE SHIFT OF THE SOIL IN THE VERTICAL PLANE OF THE PLOW BLADE

Doctor of Technical Sciences V.A. Nikolaev
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: plough body, chest, dump, soil, elastic compression, shear of the soil in the vertical plane, the cost of energy.

The interaction of the chest of the blade housing of the plow with soil. Determined energy costs needed to implement elastic compression and shear of the soil in the vertical plane of the blade of the plow when plowing, one cubic meter of soil.

Взаимодействие груди отвала корпуса плуга с почвой сопровождается комплексом взаимосвязанных процессов. Как утверждает В.И. Максимов [1], при поступлении пласта на рабочую поверхность корпуса плуга в почве происходит:

– взаимное смещение структурных микро- и макроагрегатов и отдельных почвенных частиц;

– разрушение отдельных структурных агрегатов вследствие трения почвы о рабочую поверхность и почвы о почву;

– выдавливание воды и воздуха из пор;

– сжатие защемленного воздуха в замкнутых и тупиковых порах;

– деформация пленок адсорбированной воды в точках взаимного соприкосновения почвенных частиц;

– упругие деформации структурных агрегатов и почвенных частиц;

– пластические деформации органических частиц почвы.

Рыхление пласта почвы способствует прорастанию семян и развитию растений в начальной стадии и в последующем процессе их развития. В начальной стадии рыхление создает условия для уменьшения усилия внедрения между частицами почвы корневого чехлика. В последующем процессе развития рыхление способствует улучшению деятельности микроорганизмов, активизации коагуляционных процессов, образованию новых структурных элементов, минерализации органического вещества.

Ю.Ф. Новиков [2] приходит к заключению: «Проведенные эксперименты с полной убедительностью доказывают, что основная работа рыхления приходится на лемех и переднюю часть отвала… Разрушение происходит вдоль двух поверхностей раздела, первая из которых проходит вертикально и наклонена к стенке борозды под углом, вторая начинается от дна борозды и наклонена к нему под углом, измеренным в плоскости, ортогональной лезвию лемеха. Остальная часть отвала участвует в основном только в транспортировке пласта».

В.В. Кацыгин [3] пишет: «…физические явления, приводящие к крошению почвы, не столько зависят от величины напряжений, сколько от разницы в напряженном состоянии соседних элементов почвы, то есть от градиента напряжений и от характера напряженного состояния всего почвенного пласта».

При вспашке наибольший градиент напряжений создает грудь отвала. На рисунке 1 показаны диагональные трещины в пласте почвы, появившиеся при динамометрировании корпуса классического плуга от воздействия груди отвала.

Обозначим точкой К (рисунок 2) место отделения пласта от массива почвы сбоку, расположив ее условно в стыке лемеха и отвала на полевом обрезе.

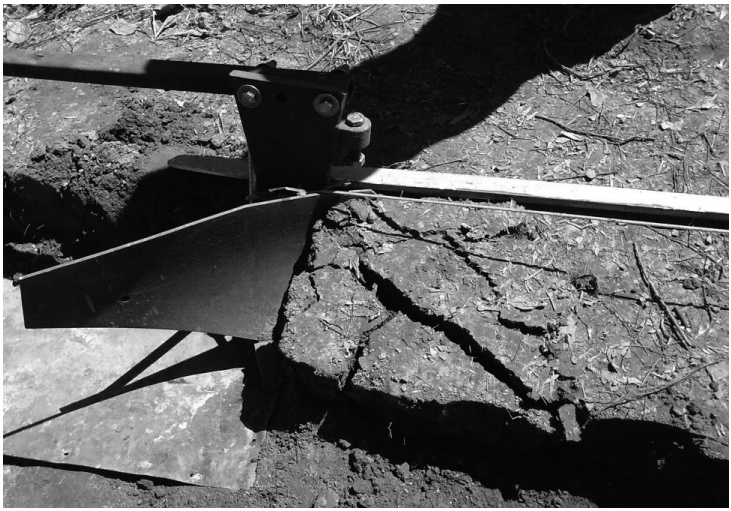


Рисунок 1 – Диагональные трещины в почве, появившиеся при динамометрировании корпуса классического плуга

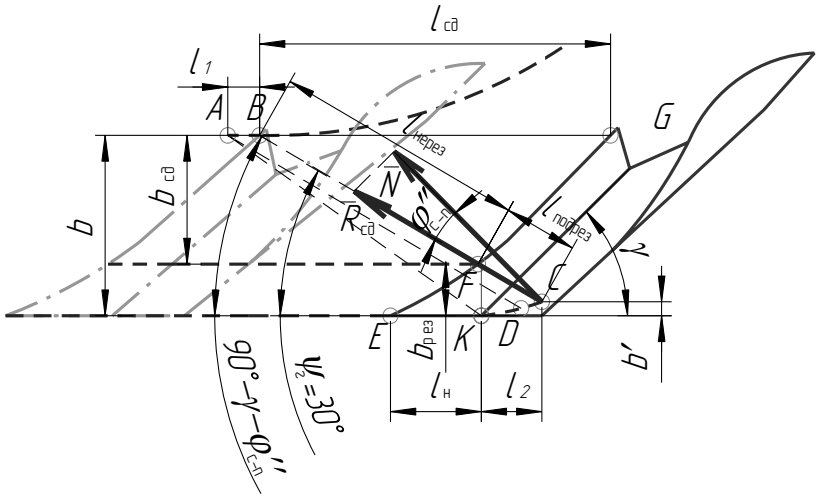


Рисунок 2 – Сдвиг пласта почвы в вертикальной плоскости отвалом плуга при вспашке: γ – угол установки лезвия лемеха к стенке борозды; $\varphi''_{с-п}$ – проекция угла трения почвы о сталь на горизонтальную плоскость; $\psi_г$ – угол между направлением движения корпуса и силой $R_{сд}$, сдвигающей пласт; $l_н$ – условная длина носка лемеха; $l_{подрез}$ – длина части пласта в плоскости сдвига, подрезанного снизу; $l_{нерез}$ – длина массива почвы в плоскости сдвига, не подрезанного снизу

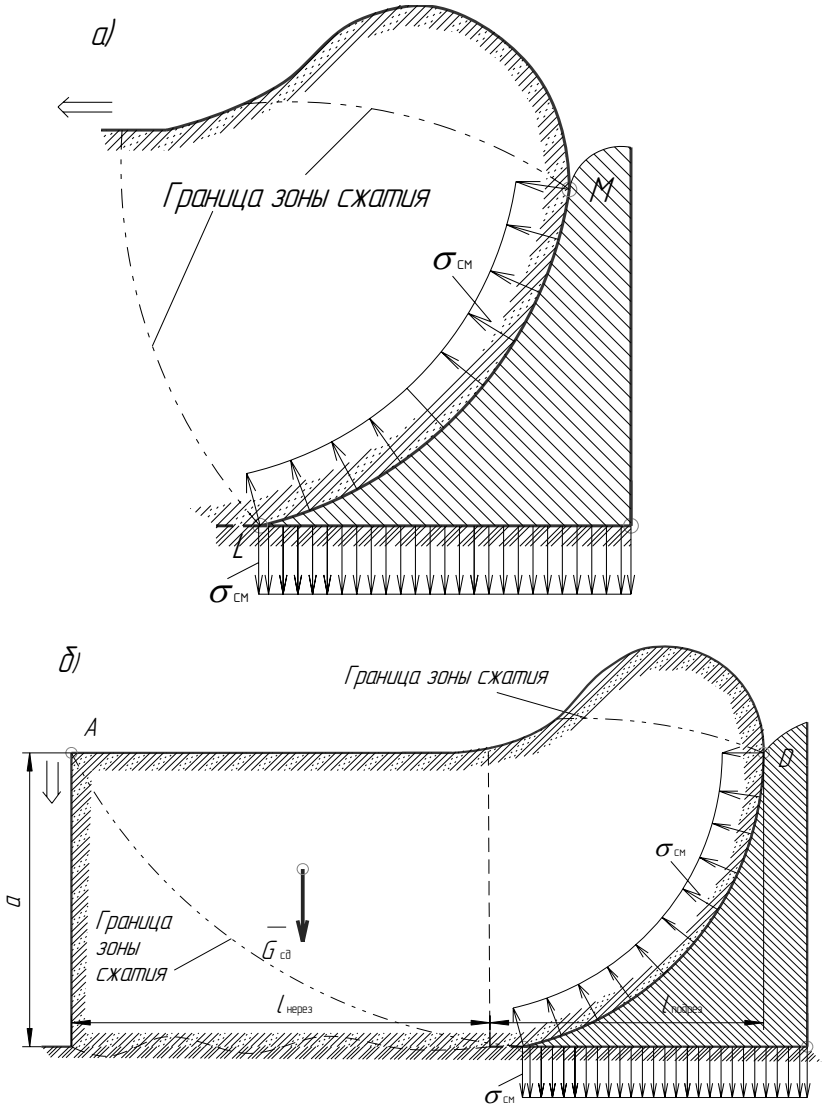


Рисунок 3 – Вертикальное сечение пласта почвы, параллельно силе R: а) между точками *K* и *D* рисунка 2; б) через точки *A* и *D* рисунка 2

В этой точке начинается упругое сжатие отделенного пласта, которое усиливается по мере продвижения пласта по поверхности отвала. Это увеличение связано с изменением формы рабочей по-

верхности. По мере продвижения почвы по отвалу форма рабочей поверхности становится все более вогнутой. Вогнутая форма поверхности рабочих органов обусловливает вогнутую эпюру напряжений смятия (рисунок 3, а), приводящую к появлению зоны сжатия почвы, которая все более увеличивается.

Девиаторная составляющая напряжений сжатия, направленная по осевой линии дуги *LM*, также увеличивается. Появляется шаровая составляющая тензора напряжений, которая имеет тенденцию к увеличению по мере увеличения вогнутости рабочей поверхности. При этом почва над рабочей поверхностью отвала разрушается на фрагменты самым энергозатратным способом объемного сжатия.

Граница зоны сжатия достигает поверхности пласта и распространяется внутрь его, как показано двойной стрелкой. Точка *D* на рисунке 3, б соответствует положению частицы почвы на рабочей поверхности отвала, когда зона сжатия достигнет точки *A* на бороздной плоскости пласта. В этот момент нормаль к рабочей поверхности корпуса плуга в крайней верхней точке контакта расположена горизонтально.

По мере дальнейшего перемещения пласта почвы по рабочей поверхности отвала граница зоны сжатия смещается вниз. От линии *AD* (рисунок 2) до линии BC продолжается упругое сжатие почвы в пласте, достигая предела прочности на сдвиг.

Расстояние от *AD* до *BC* обусловлено физико-механическими свойствами почвы, формой рабочей поверхности корпуса плуга, скоростью движения агрегата. По линии *BC* происходит первый сдвиг пласта. При дальнейшем продвижении пласта почвы по рабочей поверхности отвала происходит смещение почвы в сторону и оборот пласта. Сдвиг почвы будет состоять из периодических микросдвигов [4]. Микросдвиги обусловлены превышением предела прочности почвы в отдельных участках рассматриваемого сечения. После микросдвига почвы напряжение в каком-либо участке уменьшится на некоторую величину, затем вновь возрастет до предела прочности на сдвиг за счет давления отвала, передаваемого через слой почвы и т.д.

Следует обратить внимание на два важных аспекта сдвига почвы в вертикальной плоскости отвалом плуга при вспашке. Во-первых, след плоскости сдвига *BC* (рисунок 2) существенно длиннее, чем ширина захвата корпуса плуга:

$$l_{BC} = \frac{(b - b')}{\sin\left(90^0 - \gamma - \varphi''_{\text{с-п}}\right)}, \qquad (1)$$

где γ – угол установки лезвия лемеха к стенке борозды.

Если проекция угла трения на горизонтальную плоскость, то площадь сдвига:

$$S_{\text{сд}} = \frac{a\,(b - b')}{\sin\left(90^0 - \gamma - \varphi_{\text{с-п}}\right)}, \qquad (2)$$

где α – глубина обработки почвы.

Плоскость, следом которой на горизонтальной проекции является линия *BC*, можно считать вертикальной лишь ориентировочно. Во втором приближении ее можно считать наклонной плоскостью под некоторым углом ψ к горизонту, средняя горизонтальная линия которой проходит по линии BC. Ее площадь во втором приближении увеличится:

$$S_{\text{сд}} = \frac{a\,(b - b')}{\sin\left(90^0 - \gamma - \varphi_{\text{с-п}}\right)\cos\psi}. \qquad (3)$$

В третьем приближении это не плоскость, а криволинейная поверхность, проходящая через линию *BC*, площадь которой еще более возрастает. Наконец, в реальном процессе вспашки это сложная поликриволинейная поверхность, меняющаяся по величине во времени, математическое описание которой затруднено. Для упрощения в расчете определим площадь сдвига пласта почвы по формуле (2), приняв согласно [2] угол $\psi_{\text{г}} = 90^0 - \gamma - \varphi''_{\text{с-п}} = 30^0$.

Во-вторых, из рисунка 2 очевидно, что меньшая часть плоскости сдвига проходит через пласт, подрезанный снизу $l_{\text{подрез}}$, а большая часть этой плоскости проходит через массив почвы, не подрезанный снизу $l_{\text{нерез}}$. Если бы пласт был полностью подрезан снизу, его деформация была бы другой: пласт под воздействием отвала в основном не сдвигался бы, а отгибался. Если пласт не подрезан снизу, происходит его сдвиг. При сдвиге массива почвы, не подрезанного снизу, корпус плуга отламывает фрагменты почвы не только в вертикальной плоскости, по диагонали пласта, но и частично снизу.

Определим энергию, необходимую для осуществления сдвига почвы отвалом плуга при вспашке, исходя из типичных условий вспашки тяжелых суглинков дерново-подзолистых почв. Геоме-

трические параметры определим, воспользовавшись точным построением согласно принятым условиям и допущениям.

Затраты энергии для осуществления сдвига почвы отвалом плуга при вспашке складываются из энергии:

- $u_{уп}$ – на упругое сжатие пласта;
- $u_{сд}$ – на пластическую деформацию сдвига и смещения почвы в сторону.

Энергию на преодоление силы трения между пластом и поверхностью отвала, энергию на подъем пласта по отвалу и преодоление силы инерции почвы учтем при расчете оборота пласта. Задача определения энергии на упругое сжатие пласта осложняется тем, что на участке продвижения частицы почвы по поверхности отвала от K до D (рисунок 2) пласт сжимается не весь сразу, а постепенно. Поскольку затраты энергии на упругую деформацию, особенно объемного сжатия, значительны, разумно исходить из зависимости между удельным сопротивлением почвы и ее деформацией при исследовании твердости почвы [4].

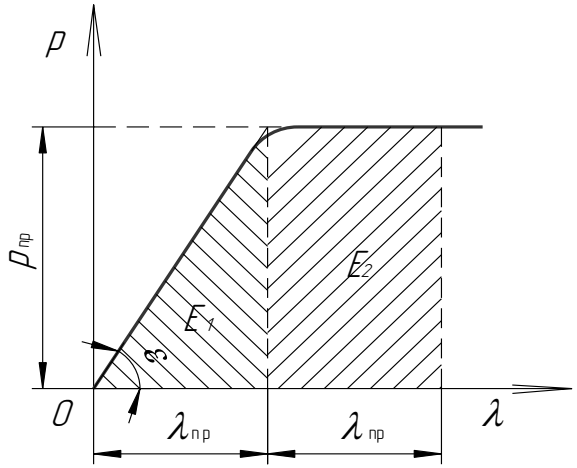


Рисунок 4 – Зависимость между удельным сопротивлением почвы $p_{пр}$ и ее деформацией $\lambda_{пр}$ при исследовании твердости почвы

В фазе уплотнения наблюдается линейная зависимость (рисунок 4), а энергия E_1, необходимая для накопления упругой деформации в почве перед сдвигом, приблизительно равна половине энергии E_2, необходимой для ее сдвига. Определив энергию, необходимую для сдвига почвы в плоскости, проходящей через линию *BC* (рису-

нок 2), можно в первом приближении оценить энергию, затраченную на накопление упругой деформации.

Приложенная в момент сдвига сила $R_{сд}^{max}$ создает пластическую деформацию сдвига пласта почвы и смещает не подрезанную снизу часть пласта в сторону:

$$R_{сд}^{max} = \tau^{в}_{сд} S_{сд} + f_{п\text{-}п} G_{см}, \qquad (4)$$

где $\tau^{в}_{сд}$ – предел прочности почвы на сдвиг; $S_{сд}$ – площадь поверхности сдвига; $f_{п\text{-}п}$ – коэффициент трения почвы по почве; $G_{см}$ – сила тяжести почвы, вовлеченной в смещение.

Приложенная сила является функцией физико-механических свойств почвы, площади сдвига и массы почвы, вовлеченной в смещение. При этом массу почвы в пределах подрезанной лемехом части пласта не учитываем, поскольку она будет в основном подвержена не деформации сдвига, а изгиба. Она будет служить своеобразным демпфером между рабочей поверхностью отвала и сдвигаемой частью пласта. Ее движение и энергию, необходимую для обеспечения этого движения, проанализируем при расчете оборота пласта.

Часть объема почвы в пределах не подрезанной части пласта равна объему, сосредоточенному под треугольником *FGB* на рисунке 2. Площадь треугольника *FGB*:

$$S_{н\,п} = l_{сд} l_{нерез} \sin\psi_{г}, \qquad (5)$$

где $l_{сд}$ – расстояние от пятки лемеха до выхода плоскости сдвига на обрез борозды; $l_{нерез}$ – расстояние в плоскости сдвига, на котором пласт не подрезан снизу; $\psi_{г}$ – угол между направлением движения корпуса и силой сдвига.

Объем почвы под треугольником *FGB*:

$$V = S_{н\,п} a, \qquad (6)$$

где a – глубина обработки почвы. Вес обрабатываемой почвы под треугольником FGB: $G_{сд} = \rho g V$. Из рисунка 3 определим площадь сдвига:

$$S_{сд} = l_{нерез} a, \qquad (7)$$

а затем максимальную силу сдвига $R_{сд}^{max}$.

Так как сдвиг пласта состоит из периодических микросдвигов, вычисленную энергию следует учитывать не полностью, а сделать поправку на коэффициент микросдвигов $k_{мсд}$. Его физический смысл заключен в соотношении среднего усилия воздействия на почву груди отвала и усилия в момент сдвига. К сожалению, данные о величине этого соотношения в литературе носят противоречивый характер. Примем среднее усилие $R_{сд}$ воздействия на

почву груди отвала равным половине усилия в момент сдвига, $k_{мсд} = 0,5$, что подтверждают экспериментальные данные [2].

$$R_{сд} = k_{мсд} R_{сд}^{max}, \quad (8)$$

а удельная энергия, необходимая для сдвига пласта почвы,

$$u_{сд} = R_{сд} s \cos\psi_{г}, \quad (9)$$

где s – путь, проходимый корпусом плуга при вспашке одного кубического метра почвы; s = 14,28 *м*, если ширина захвата корпуса b = 0,35 *м*.

Энергия, расходуемая на наращивание упругой деформации почвы, из рисунка 4,

$$u_{у п} = \frac{u_{сд}}{2}. \quad (10)$$

Общая энергия, необходимая для осуществления упругого сжатия и сдвига почвы в вертикальной плоскости отвалом плуга при вспашке одного кубического метра почвы,

$$u_{сд в} = u_{у п} + u_{сд}. \quad (11)$$

Поскольку плоскость начала сдвига почвы от действия отвала пересекает пласт по диагонали, на которой точка В (рисунок 2) выдвинута далеко вперед, существует вероятность заклинивания почвы между отвалом и полевой доской предыдущего корпуса. Возникновение заклинивания почвы может резко увеличить затраты энергии на вспашку. Наличие и степень заклинивания зависят от расстояния между корпусами и физико-механических свойств почвы.

Необходимо отметить также большое влияние скорости вспашки на затраты энергии для сдвига пласта почвы грудью отвала. При большой скорости вспашки, во-первых, значение силы $R_{сд}$ увеличится в связи с изменением угла $\psi_{г}$. Во-вторых, коэффициент $k_{мсд}$ следует скорректировать в сторону увеличения. Поэтому затраты энергии на сдвиг пласта почвы в вертикальной плоскости грудью отвала при вспашке с большой скоростью существенно увеличатся.

Литература

1. Максимов, В.И. Энергетический подход к оценке почвообрабатывающих машин и орудий [Текст] / В.И. Максимов, И.И. Максимов // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – № 5. – С. 25–28.

2. Новиков, Ю.Ф. Основы теории и механико-технологическое исследование процесса вспашки [Текст]: дис. … д-ра техн. наук / Ю.Ф. Новиков. – Ростов-на-Дону, 1970. – 340 с.

3. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин [Текст]: дис. … д-ра техн. наук / В.В. Кацыгин. – Минск, 1964. – 412 с.

4. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины [Текст] / Н.И. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2008. – 816 с.

УДК 620.9

ПОДБОР ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФИЛЬТРА

к.т.н. И.М. Соцкая, д.т.н. П.С. Орлов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: фильтр для очистки жидкости, регенерация фильтрующих элементов, пьезоэлектрический ультразвуковой излучатель, динамический клапан, полимерный материал.

Для очистки нефтепродуктов наибольшее распространение получило их фильтрование через пористые перегородки. Авторами предложена конструкция фильтра для очистки жидкостей. Для регенерации фильтра предусмотрена периодическая очистка фильтрующих элементов от загрязнений по мере повышения перепада давления через фильтр с помощью ультразвукового излучателя в целях продления ресурса работы фильтра. Для исключения попадания воды в топливо предлагается изготавливать фильтрующие элементы из жесткого мелкопористого термопластичного материала с добавкой наноразмерных частиц фторопласта. Предложенные технические решения позволят повысить надежность очистки топлив и масел и повысить ресурс работы фильтра.

SELECTION OF FILTERING MATERIALS FOR THE FILTER

Candidate of Technical Sciences I.M. Sotskaya,
Doctor of Technical Sciences. P.S. Orlov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: filter for liquid cleaning, regeneration of filter elements, piezoelectric ultrasonic radiator, dynamic valve, polymer material.

For the purification of petroleum products, their filtration through porous partitions has become most common. The authors proposed a filter design for cleaning liquids. To regenerate the filter, periodic cleaning of the filter elements from contamination is provided as the pressure drop across the filter increases with the help of an ultrasonic radiator in order to prolong the life of the filter. To prevent water from

entering the fuel, it is proposed to make filter elements from a rigid, finely porous thermoplastic material with the addition of nano-sized fluoroplastic particles. The proposed technical solutions will improve the reliability of cleaning fuels and oils and increase the life of the filter.

Сохранение качества топлива в процессе эксплуатации автотракторной, сельскохозяйственной и другой мобильной техники обеспечивает ее надежное функционирование.

Для смазки двигателя должна обеспечиваться бесперебойная подача масла к трущимся поверхностям с целью снижения потерь мощности на трение, уменьшения износа деталей, защиты их от коррозии, отвода тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей. От исправного состояния системы смазки, своевременного проведения технического обслуживания и устранения неисправностей в процессе эксплуатации зависит эффективная и безаварийная работа машин [7].

Очистка нефтепродуктов от загрязнений обеспечивает снижение концентрации токсичных веществ при эксплуатации двигателей. Для очистки нефтепродуктов наибольшее распространение получило их фильтрование через пористые перегородки. Преимущество этого метода заключается в простом аппаратном исполнении, при этом необходимая эффективность удаления из продуктов загрязнений обеспечивается только при использовании высококачественных фильтрующих материалов. При фильтровании нефтепродукта с различным содержанием механических загрязнений улавливание их фильтрующим материалом зависит от его удельной пропускной способности и коэффициента проницаемости, а также от концентрации загрязнений в нефтепродукте и коэффициента полноты фильтрования. Структурные показатели фильтрующего материала играют важную роль при его применении, от них непосредственно зависят функциональные показатели – фильтрационные, гидравлические и ресурсные. Пропускная способность фильтрующего материала Q (м^3/с) для ламинарного потока однофазной жидкости оценивается уравнением Дарси [1]:

$$Q = K_{П} S \frac{\Delta P}{\mu H}, \qquad (1)$$

где S – площадь фильтрующего материала, м^2;

ΔP – перепад давлений на фильтрующем материале, Па;

Н – толщина фильтрующего материала, м;

μ – динамическая вязкость фильтруемой жидкости, Па·с;

Кп – коэффициент проницаемости фильтрующего материала.

Входящий в это выражение коэффициент проницаемости фильтрующего материала является количественной мерой проницаемости материала – одной из его основных структурных характеристик как пористой среды.

Задача технического решения – повышение эффективности эксплуатации фильтра за счет увеличения ресурса работы фильтрующего элемента, изготовленного из высокоэффективных полимерных материалов, снижения его гидравлического сопротивления, упрощение конструкции и технологии его изготовления, а также уменьшение количества деталей фильтра.

В качестве аналога предлагаемой конструкции взят фильтр для очистки жидкостей с двухступенчатым фильтрующим элементом, первая ступень которого выполнена из жесткого крупнопористого полимерного материала, а вторая ступень размещена коаксиально первой ступени и выполнена из жесткого мелкопористого полимерного материала. Технология изготовления подобных фильтров отработана и позволяет получать заданный диаметр пор.

В представленном фильтре предусмотрены мероприятия по периодической очистке фильтрующих элементов от загрязнений по мере повышения перепада давления через фильтр с помощью ультразвукового излучателя для продления ресурса работы фильтрующих элементов.

В целях защиты трубопроводов от гидравлических ударов, возникающих при работе ультразвукового излучателя, фильтр снабжен малоинерционным динамическим клапаном. Такие клапаны надежны и просты в изготовлении и оправдали себя в эксплуатации.

Предлагаемый фильтр для очистки жидкостей [2] содержит цилиндрический корпус с днищем и патрубком в центральной части обечайки, крышку с осевым патрубком, двухступенчатый фильтрующий элемент, первая ступень которого выполнена из жесткого крупнопористого полимерного материала. Первая ступень размещена с кольцевым зазором относительно обечайки корпуса, вторая ступень размещена коаксиально первой ступени и выполнена из жесткого мелкопористого полимерного материала. Размеры пор полимерного материала первой dП1 и второй dП2 ступеней при требуемой тонкости очистки (δ, мкм) определяет соотношение:

$$d_{П1} < 3d_{П2},\ d_{П2} > \delta,\ d_{П2} < 3\delta. \qquad (2)$$

Для восстановления работоспособности забитого осадками фильтра (при снижении давления в трубопроводе за фильтром) осуществляется очистка фильтрующих элементов пьезоэлектрическим ультразвуковым излучателем импульсов.

Предлагаемый фильтр позволяет защитить дизельный двигатель от механических примесей в топливе и смазочных маслах, отрицательно влияющих на работу двигателя и его топливной аппаратуры при попадании их на трущиеся поверхности [3].

Основными применяемыми фильтрационными материалами в технике являются следующие: бумага, войлок, различные виды тканей (фильтродиагональ, фильтрасванбой, фторлон, ацетохлорин, капрон, нитрон), металлические сетки, тканые и нетканые синтетические материалы, металлокерамика. Отечественной промышленностью освоен выпуск высокопористых полимерных материалов, имеющих глобулярную структуру (ПГС-полимеры). Эти материалы могут изготавливаться на основе широкого ассортимента исходных мономеров, обладающих заданными эксплуатационными свойствами: стирола, винилпиридина, метилметакрилата, акрилонитрила, бутадиена и др. К достоинствам ПГС-полимеров относятся их хорошие конструкционные свойства – высокая прочность до 50 МПа на давление и до 20 МПа на разрыв, сочетаемость с другими материалами (металлами, пластмассами, волокнами и т.п.), возможность обработки химическими реагентами. ПГС-пролимеры могут использоваться для очистки нефтепродуктов при заправке сельскохозяйственной техники, регенерации отработанных смазочных масел. Подтверждается возможность неоднократного использования ПГС-полимеров с периодической промывкой или продувкой этих материалов [4]. Этот материал можно рекомендовать для изготовления фильтрующих элементов очистки предлагаемого фильтра (рекомендуемый размер пор – 20–30 мкм).

Следует отметить, что наличие воды в дизельном топливе и в смазочных маслах приводит к закупорке фильтрующих элементов фильтров и плунжеров насосов высокого давления, форсунок двигателей продуктами коррозии, эрозии, увеличению эксплуатационных расходов, ускоренному износу гильз и поршневых колец, загрязнению топлива и смазочных масел микроорганизмами, снижающими срок службы фильтров, топливных насосов и форсунок; кроме того, вода способствует коагуляции взвесей [5].

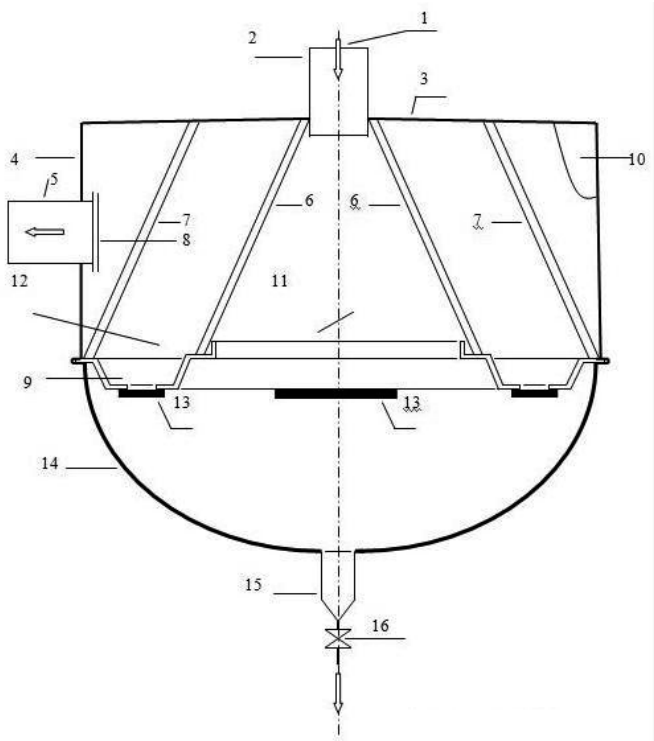


Рисунок 1 – Фильтр:
1 – жидкость; 2,5,15 – патрубок; 3 – днище корпуса; 4 – корпус фильтра; 6 – фильтрующий элемент первой ступени; 7 – фильтрующий элемент второй ступени; 8 – динамический клапан; 9 – заглушка; 10 – пьезоэлектрический ультразвуковой генератор; 11 – буртик; 12 – отверстия; 13 – клапан; 14 – крышка фильтра; 16 – кран

При взаимодействии микрокапли воды с пористой перегородкой огромную роль играет сила поверхностного натяжения на границах раздела фаз и краевой угол смачивания фильтрующей поверхности жидкостью. В условиях равновесия системы вода – фильтрующий материал взаимодействие ее составных частей описывается уравнением:

$$\mathrm{Cos}\theta = (\sigma_{ВП} + \sigma_{ФП}\mathrm{Cos}\alpha)/\sigma_{ФВ}, \qquad (3)$$

где θ, α, $\sigma_{ВП}$, $\sigma_{ФП}$, $\sigma_{ФВ}$ – краевой угол смачивания, угол кривизны перегородки, поверхностное натяжение на границах раздела вода – перегородка, фильтруемая жидкость – перегородка, фильтруемая жидкость – вода.

При больших значениях краевого угла смачивания перегородка обладает гидрофобными свойствами. Продавливание капель воды через поры гидрофобной перегородки происходит только при критическом давлении, создаваемом потоком фильтруемой жидкости [6]:

$$P_{КР} = 4\sigma_{ВП}/d_{П}, \qquad (4)$$

где $d_{П}$ – диаметр пор, м.

Недостатки гидрофобных перегородок проявляются в блокировании микрокаплями воды проходного сечения фильтра, но наличие ультразвукового устройства очистки фильтрующих поверхностей от загрязнений позволяет по мере повышения перепада давления через фильтр продлевать ресурс работы фильтрующих элементов.

Для повышения надежности очистки топлив и масел в качестве фильтрующего материала для второй ступени очистки предлагается использовать жесткий мелкопористый термопластичный полимерный материал с примесью фторопласта с наноразмерными частицами 20 Нм.

В настоящее время рассматривается вопрос об изготовлении опытной партии фильтров в целях отработки технологии его изготовления. Внедрение предлагаемой конструкции фильтра и подобранных фильтрационных материалов позволит повысить качество фильтрации жидкостей и ресурс работы фильтра, так как все элементы конструкции прошли многолетние испытания и показали свою надежность.

Литература

1. Коваленко, В.П. Оценка качества фильтрующих материалов для очистки нефтепродуктов при эксплуатации сельскохозяйственных и транспортных машин [Текст] / В.П. Коваленко, А.Ю. Краснов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2005. – № 1 (11). – С. 142–147.

2. Фильтр для очистки жидкости [Текст]: пат. № 154484 Рос. Федерация: B01D 29/11 / Соцкая И.М., Орлов П.С., Казакова А.Н., Мухарьямов М.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – № 2014150714; заявл. от 15.12.14, опубл. 27.08.15, Бюл. № 24.

3. Соцкая, И.М. Повышение ресурса работы фильтра для очистки жидкостей [Текст] / И.М. Соцкая, П.С. Орлов // Вестник АПК Верхневолжья – 2017. – № 3 (39). – С. 84–87.

4. Коваленко, В.П. Использование ПГС-полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве [Текст] / В.П. Коваленко, К.Я. Лесной, С.С. Гусев, К.Я. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – 2003. – Выпуск № 1. – С. 84–89.

5. Коновалов, В.В. Применение пористых наноматериалов для очистки дизельного топлива [Текст] / В.В. Коновалов // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 3. – С. 120–123.

6. Коваленко, В.П. Очистка атмосферного воздуха, поступающего в топливные баки мобильных машин и цистерны автотопливозаправщиков [Текст] / В.П. Коваленко, А.Н. Воробьев, О.В. Ерохин, А.И. Косых // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 2. – С. 105–111.

7. Пат. РФ №2607852. Способ диагностирования технического состояния фильтрующего элемента гидросистемы / А.А. Голиков, А.В. Старунский, В.В.Акимов [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. – № 2015124080; заявл. 12.10.2015; опубл. 20.01.2017, Бюл. № 2.

УДК 644.36

ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ ВЫГОНКИ ДЕКОРАТИВНОГО РАСТЕНИЯ ХОСТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

д.т.н. В.В. Шмигель, Е.В. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: светодиодные лампы, фитолюминесцентные лампы, люминесцентные лампы, поле коронного разряда, растения, выгонка, хоста, защищенный грунт.

В статье рассматривается инновационный способ выгонки декоративного растения хоста с применением искусственного досвечивания и поля коронного разряда в разработанном лабораторном устройстве для выращивания цветочных культур в защищенном грунте и последующее развитие хост в открытом грунте. Анализируются полученные данные исследуемых объектов.

INNOVATIVE METHOD OF CRACKING PLANT HOSTA IN THE PROTECTED GROUND

Doctor of Technical Sciences V.V. Shmigel, E.V. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: light-emitting diodes, phytoluminescent lamps, fluorescent lamps, corona discharge, plants, cracking, host, protected ground.

The article considers an innovative method of forcing a decorative plant host using artificial illumination and a corona discharge field in a developed laboratory device for growing flower crops in a sheltered ground and the subsequent development of the host in an open field. The obtained data of the investigated objects are analyzed.

Искусственное досвечивание достаточно широко применяется в различного рода научных исследованиях. О.В. Аверчева рассматривала в своей исследовательской работе физиологические эффекты узкополосного красно-синего освещения растений (на примере китайской капусты Brassica chinensis L.) [1]. А.А. Фокин изучал применение светодиодных светильников для электродосвечивания овощей в защищенном грунте [2]. Р.А. Валеев выстраивает свое исследование в области повышения эффективности облучения меристемных растений с использованием светодиодных установок [3]. Д.С. Мороз вела активную работу по влиянию светодиодного освещения на продукционный процесс и параметры водообмена растений томата Lycopersicon esculentum mill [4]. А.Н. Ерохин проводил исследование по оптимизации системы освещения растений для конвейерной цилиндрической салатной оранжереи как компонента СЖО пилотируемого космического корабля [5]. Одновременное применение искусственного досвечивания и поля коронного разряда не изучено, поэтому имеет практический и научный интерес.

Методика

Для выгонки цветочных растений – хост – в защищенном грунте разработан инновационный способ, который включает в себя одновременное воздействие на растения искусственного досвечивания и поля коронного разряда. Растения проходят период вегетации в разработанном лабораторном устройстве. Составляющие устройства: светодиодный светильник LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH, светодиодные лампы PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216, фитолюминесцентные лампы OSRAM L36W/77, люминесцентные лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H, рамка с коронирующими электродами, осадительные электроды – заземляющие пластины, регулировочный винт для опускания и поднимания рамки с коронирующими электродами, боксы с грунтом, разделяющие стенки из диэлектрика (рисунок 1). В трех экспериментальных ячейках со светодиодными и фитолюминесцентными лампами одновременно с досветкой работает поле коронного разряда, в контрольной ячейке с люминисцентными лампами используется только досвечивание.

а) б) в) г)

Рисунок 1 – Устройство для выращивания цветочных культур в защищенном грунте:
а) контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H; б) экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216; в) экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH; г) экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77

В эксперименте изучается процесс выгонки хост от первоначальных всходов ростков до формирования листьев в защищенном грунте (рисунок 2), а также последующее развитие в открытом грунте. В ходе исследования производятся замеры параметров каждого этапа роста растения, контролируется уровень освещенности при помощи специального прибора – Light meter-CEM DT-1300.

Рисунок 2 – Процесс выгонки хост под воздействием поля коронного разряда и светодиодного досвечивания

Результаты

Экспериментальные исследования с использованием корневищ растения хоста начаты 27 февраля 2017 года. В четыре ячейки: три экспериментальные и одну контрольную было высажено по 4 корневища декоративных растений. По итогам проведенных замеров выявлены основные параметральные характеристики развития хост (таблица 1, 2).

Таблица 1 – Длина самого крупного листа хост в контрольной и экспериментальной ячейках, см

Даты измерений	Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H				Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/ CL ALS55WH			
	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4
24.04.2017	Посадка в защищенный грунт							
26.04.2017	Появление ростков и формирование листьев							
28.04.2017	3,5	2,5	4,5	2	5,5	4	4,5	3,5
02.05.2017	5	3,5	5,5	2	7	4,5	7,5	5,5
05.05.2017	8,5	8,5	6,5	4	10,5	11,5	12,5	9,5
10.05.2017	11	10,5	7,5	6	12,5	12,5	15	11,5
12.05.2017	14	12,5	9,5	8,5	13	13	16	13,5
15.05.2017	14,5	13	10,5	9,5	14	13,5	17,5	14
17.05.2017	15,5	13,5	11	10,5	15,5	15	18,5	14,5

Таблица 2 – Длина самого крупного листа хост в экспериментальных ячейках, см

Даты измерений	Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216				Экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77			
	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4
24.04.2017	Посадка в защищенный грунт							
26.04.2017	Появление ростков и формирование листьев							
28.04.2017	3,5	3,5	7	5,5	3,7	2,2	3,7	1,5
02.05.2017	4,2	4,5	8	6	5,5	2,5	5	3,5
05.05.2017	8,5	7,5	11,5	8	10	5	10,5	6,8
10.05.2017	10,5	9	12	10,5	11,5	5,5	13,5	9
12.05.2017	11,5	10,2	12,5	12	13,5	8	16,5	12,5

Продолжение таблицы 2

Даты измерений	Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216				Экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77			
	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4
15.05.2017	13	10,7	13,5	13,5	14	8,2	17	13,5
17.05.2017	14	11,7	15	15,5	14,7	8,7	17,5	14

Суммируя данные из каждой ячейки, мы выявили среднюю длину самого крупного листа хост: в экспериментальной ячейке со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH – 15,9 см, в экспериментальной ячейке со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 – 14 см, в контрольной ячейке с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H – 12,6 см, в экспериментальной ячейке с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77 – 13,7 см. Ячейки со светодиодным досвечиванием и полем коронного разряда оказались эффективнее. Динамика развития листьев хост в защищенном грунте по дням измерений представлена на рисунке 2.

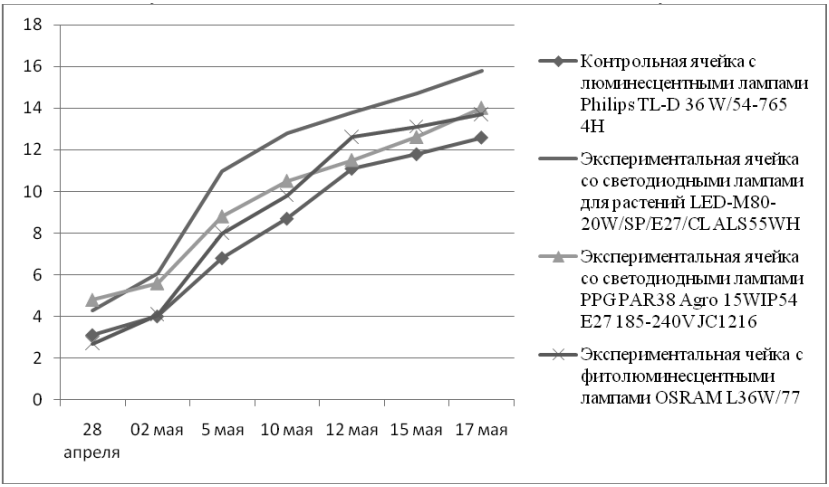


Рисунок 2 – Динамика развития листьев хост в защищенном грунте

Экспериментальные исследования в защищенном грунте продолжались с 24.04.2017 по 19.05.2017 г. и составили 26 дней. Вы-

садка в открытый грунт осуществлена 19.05.2017 г. при температурном режиме воздуха +18°С. За летний период и начало осени хосты полностью сформировались, за исключением хост из контрольной ячейки. Растения обладали развитой кустистостью благодаря большому количеству листьев (таблица 3).

Таблица 3 – Количество листьев хост, шт. (дата измерений – 08.10.2017)

Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H				Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH				Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216				Экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77			
хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4
7	8	12	13	37	53	63	38	33	24	34	27	22	15	23	15

Из таблицы 3 видно, что по количеству листьев заметно лидируют хосты, выращенные в экспериментальных ячейках со светодиодным досвечиванием. Также сравнительно полноценно развита кустистость растений благодаря листве, выращенной под воздействием фитолюминесцентных ламп.

В открытом грунте развитие хост проходило достаточно эффективно, сформировались полноценные кустики, имеющие красивый декоративный вид. Не сформировались кустики хост, выращенных в контрольной ячейке, листья всех кустиков имеют повреждения в виде дыр от насекомых-вредителей (рисунок 3). Хосты, выращенные под фитолюминесцентными лампами, также частично повреждены вредителями. Важно отметить, что хосты, выращенные под светодиодным досвечиванием из обеих экспериментальных ячеек, не имеют повреждений ни со стороны насекомых, ни со стороны климатических изменений (рисунок 4). Высота кустиков соответствовала параметрам хост 2–3 лет развития, посаженных обычным способом в открытый грунт (таблица 4).

По высоте кустиков хосты, выращенные под светодиодным досвечиванием из обеих экспериментальных ячеек со светодиодными лампами, опережают остальных. Под воздействием фитолюминесцентных ламп также неплохие показатели, но немного ниже светодиодных. Контрольная ячейка имеет низкие показатели по высоте растений.

Рисунок 3 – Сформированные кустики хост в открытом грунте, выращенные в контрольной ячейке (сентябрь 2017 г.)

Рисунок 4 – Сформированные кустики хост в открытом грунте, выращенные в экспериментальной ячейке со светодиодным досвечиванием (сентябрь 2017 г.)

Таблица 4 – Высота хост, см (дата измерений – 08.10.2017)

Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H				Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/ SP/E27/ CL ALS55WH				Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216				Экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77			
хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4	хоста 1	хоста 2	хоста 3	хоста 4
10	7	8	9	14	15	16	15	13	14	13	12	13	11	11	10

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что хосты, посаженные в экспериментальных ячейках, под воздействием светодиодного досвечивания и поля коронного разряда развивались более продуктивно, чем аналогичные растения в остальных ячейках. Положительный результат светодиодного досвечивания и одновременной обработки полем коронного разряда отразился в насыщенности цвета листьев растения, яркости листового окраса. Проявлялась стойкость к различного рода воздействиям со стороны окружающей среды: дождей, насекомых, вредоносных болезней. Кусты сформировались полностью, что характерно для хост 2–3 лет развития, а не первой посадки корневищем поздней весной. Благодаря обработке полем коронного разряда и искусственному досвечиванию мы добились формирования декоративного растения хоста в первый год посадки, что может быть рекомендовано к практическому применению.

Литература

1. Аверчева, О.В. Физиологические эффекты узкополосного красно-синего освещения растений (на примере китайской капусты Brassica chinensis L.) [Текст]: дис. … канд. б. н. / О.В. Аверчева. – М., 2010. – 137 с.

2. Фокин, А.А. Обоснование применения светодиодных светильников для электродосвечивания овощей в защищенном грунте [Текст]: дис. … канд. т. н. / А.А. Фокин. – Мичуринск-наукоград РФ, 2013. – 132 с.

3. Валеев, Р.А. Повышение эффективности облучения меристемных растений с использованием светодиодных установок [Текст]: дис. … канд. т. н. / Р.А. Валеев. – М., 2014. – 149 с.

4. Мороз, Д.С. Влияние светодиодного освещения на продукционный процесс и параметры водообмена растений томата Lycopersicon esculentum mill [Текст]: дис. … канд. б. н. / Д.С. Мороз. – Минск, 2016. – 123 с.

5. Ерохин, А.Н. Оптимизация системы освещения растений для конвейерной цилиндрической салатной оранжереи как компонента СЖО пилотируемого космического корабля [Текст]: дис. … канд. т. н. / А.Н. Ерохин. – М., 2015. – 120 с.

УДК 531

АВТОТРАКТОРНЫЕ ТРАНСМИССИИ С НЕРАЗРЫВНЫМ ПОТОКОМ МОЩНОСТИ

д.т.н. Г.М. Щеренков, к.т.н. Д.С. Карпов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: сцепление, пара трения, крутящий момент, фрикционные элементы, износ, дефекты, работа буксования, износостойкость.

В статье дается краткая характеристика, обзор конструктивных схем, преимущества и недостатки автотракторных трансмиссий с неразрывным потоком мощности.

AUTOMOTIVE POWERTRAIN HAVING AN UNBROKEN FLOW OF POWER

Doctor of Technical Sciences G.M. Shcherenkov,
Candidate of Technical Sciences D.S. Karpov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: clutch, friction pair, twisting moment, friction linings, deterioration, defects, work slipping, wear resistance.

The article provides brief characteristics, a review of structural layout, the advantages and disadvantages of automotive transmission having an unbroken flow of power.

По способу передачи силового потока (мощности и крутящего момента M_K) такие трансмиссии можно подразделить на механические, гидравлические, электрические и комбинированные. При этом управление может быть автоматическим, полуавтоматическим и ручным, а передаточное число трансмиссии изменяется бесступенчатым, ступенчатым или комбинированным способом.

Вначале такие трансмиссии появились в производстве легковых автомобилей в середине XX века. Они были механического типа (фрикционные, ременные), но из-за низкой надежности и долговечности их производство развития не получило.

Электрические трансмиссии в полной мере отвечают требованиям по автоматическому бесступенчатому изменению параметров силового потока от двигателя к двигателю. В настоящее время они

применяются на мощных грузовых автомобилях (типа БелАЗ) и на легковых электромобилях. Их дальнейшее распространение будет зависеть от решения проблем с источниками энергии (например аккумуляторами).

К гидравлическим относятся трансмиссии гидрообъемного, гидромеханического и гидродинамического типа. Гидрообъемные и гидродинамические трансмиссии обеспечивают бесступенчатое изменение передаточного числа трансмиссии, но имеют высокую стоимость, сложное техобслуживание и ремонт, большую массу, низкий КПД, недостаточную надежность и сегодня имеют ограниченное применение в промышленных тракторах и спецмашинах.

Достаточно большое применение на автомобилях всех классов, автобусах и тракторах получили гидромеханические трансмиссии. Их конструкции очень разнообразны, но в основе лежит схема «гидротрансформатор – ступенчатая коробка передач». Их недостатки такие же, что были отмечены выше при общей характеристике трансмиссий гидравлического типа.

Трансмиссии с неразрывным потоком мощности широко применялись достаточно давно, например, на тракторах Т-150К и К-701. Применительно к ним понятие «неразрывный поток» достаточно условное, т.к. при переходе с одной передачи на другую внутри диапазона (ряда) трактор продолжал движение, а при переходе с одного диапазона на другой – останавливался. При этом управление коробкой было ручное. В последнее время на автомобилях все большее распространение получают автоматические трансмиссии (АКПП), где механическая коробка передач (КП) имеет постоянное зацепление шестерен, а передачи переключаются фрикционными и зубчатыми муфтами. Они получили название «роботизированные коробки передач с двумя сцеплениями». Впервые такие АКПП появились около 30 лет назад на гоночных автомобилях «Порше». Сегодня ими комплектуются легковые автомобили Германии, Японии, Франции, Италии и других стран. Общим для АКПП этого типа является наличие следующих систем:

– механическая коробка передач с двумя фрикционными сцеплениями;

– компьютер с подсистемой выбора режима работы;

– привод управления переключателем передач и включением – выключением сцеплений (актуатор);

– дополнительные системы.

Такая система относится к полуавтоматическому типу управления по изложенной выше классификации, так как требует участия

водителя в выборе режима движения автомобиля. Однако отсутствие педали сцепления значительно облегчает работу. Кроме того, такие АКПП имеют следующие важные достоинства: быстрота и плавность переключения передач, повышение экономичности (до 10%), практически постоянное ускорение при разгоне автомобиля, т.е. повышенная комфортабельность.

Рассмотрим подробно конструкции и работу таких систем на примере АКПП модели DSG концерна «Фольксваген». Кинематическая схема коробки передач представлена на рисунке 1.

По принятой в нашей стране классификации эта коробка передач с неподвижными осями, двухвальная (без промежуточного вала), шестиступенчатая, четырехходовая, с постоянным зацеплением шестерен.

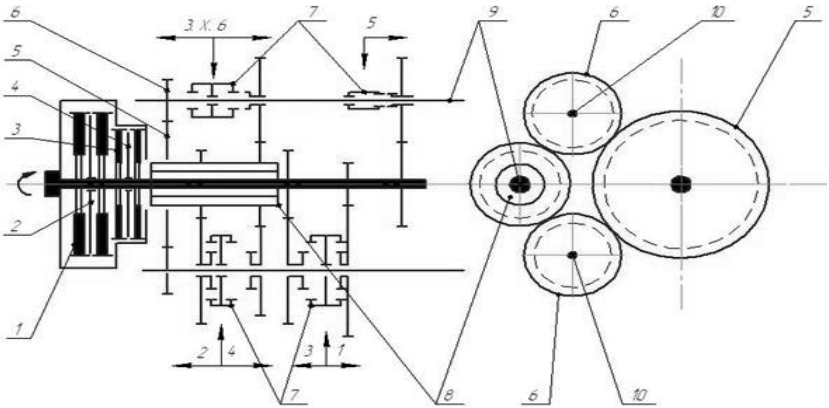


Рисунок 1 – Кинематическая схема АКПП DSG:
1 – ведущие диски ФМN1; 2 – ведомые диски ФМN1; 3 – ведущие диски ФМN1; 4 – ведомые диски ФМN2; 5 – ведомая шестерня ГП; 6 – ведущие шестерни ГП; 7 – каретки; 8 – первичный вал № 2; 9 – первичный вал № 1; 10 – вторичные валы

Главной особенностью коробки передач этого типа является наличие двух фрикционных сцеплений, соединенных общим кожухом с валом двигателя. Ведомые диски 2 сцепления № 1 связаны с первичным валом 9, на котором жестко закреплены ведущие шестерни нечетных передач. Ведомые диски 4 сцепления № 2 связаны с первичным валом 8, на котором закреплены ведущие шестерни четных передач. Количество ведомых и ведущих дисков зависит от типа используемых в сцеплениях трения (сухое или в масле), нажимного усилия и диаметра дисков. Ведущие

диски 1 и 3 делаются из закаленной легированной стали типа ст. 65 г. Ведомые диски 2 и 4 состоят из стального диска-держателя, шлицевой ступицы и фрикционного элемента в виде кольца с канавками различного узора или в виде кнопок различной формы. Применяются материалы на полимерном связующем, приформованные или приклеенные к диску-держателю, углеродные композиты и спеченные материалы. В сцеплениях, работающих в масле, часто применяется фрикционная пара «сталь – сталь».

Тип трения в сцеплении (сухое или в масле) влияет на работу всей АКПП, которая должна одновременно обеспечивать плавное без рывков и дерганий быстрое (сотые доли секунды) включение сцепления, а также «чистое» выключение сцепления для быстрого и безударного переключения ступеней в коробке.

Второй особенностью рассматриваемой конструкции является наличии двух первичных (ведущих) валов 8 и 9. Вал 8 – пустотелый, а вал 9 вставлен в него. Силовой поток на них передается через сцепление № 2 и № 1 соответственно. В сочетании с двумя вторичными валами 10 это значительно уменьшит длину коробки, что позволяет разместить достаточно мощные силовые агрегаты, т.е. двигатель, коробку и главную передачу, поперек продольной оси автомобиля.

Компьютер предназначен для сбора и обработки информации о режимах работы двигателя, трансмиссии и автомобиля, выбора соответствующего алгоритма (программы) и подачи команды на исполнительные системы. Информация поступает от датчиков, установленных на колесе автомобиля (датчик скорости), на первичных валах коробки, отслеживающих число оборотов, в антиблокировочной системе ABS, в антизаносной системе ESP.

На месте привычного рычага переключения передач установлена панель, которая может иметь прорези различного рисунка. В рассматриваемом примере это продольные и поперечные прорези, в которых перемещается селектор (джойстик). Селектор в продольной прорези панели предусматривает четыре положения: движение вперед, или «драйв», D, движение назад, или реверс, R, нейтраль N и парковка P. Поперечная прорезь панели предназначена для перехода на ручное управление коробкой передач из положения N. Переход на ручное управление может также осуществляться с помощью подрулевых лепестков (например «Тойота Камри») или кнопок.

В автоматическом режиме командный сигнал с компьютера подается на привод (актуатор) включения-выключения сцепления и кареток 7 в коробке передач. Роботизированные коробки передач могут иметь гидравлический или электрический привод. Послед-

ний имеет шаговый электромотор с обычным механическим исполнительным механизмом (рычаги, вилки, ползуны). Раздельные актуаторы для сцеплений и коробок передач в последнее время вытесняются одним электромагнитным. При этом изменяется масса и габариты механизмов и время переключения передач.

Дополнительные системы современных роботизированных коробок передач очень разнообразны по числу выполняемых функций и поэтому здесь отметим наиболее распространенные. Большинство конструкций предусматривают наряду с автоматическим и ручной режим управления. В этом случае на панели показаны положения селектора «+» и «–», а также «M/S».

Все конструкции имеют противооткатную систему, которая работает при торможении перед светофором и при трогании с места на подъемах.

Для удержания автомобиля на месте в течение длительного времени (стоянка) предусмотрен парковочный тормоз (положение P на панели селектора), который включается при остановке двигателя (кроме движения накатом в положении селектора N).

Различные типы систем предполагают и различные особенности, и приемы в управлении автомобилем. Их освоение достигается не столько изучением инструкции по эксплуатации, сколько навыком вождения. Рассмотрим работу АКПП автомобиля «Мерседес-С 200» на одном основном режиме работы – трогание с места с последующим разгоном до нужной скорости. Заводится двигатель, выключается парковочный тормоз, оба сцепления (рисунок1) выключены. Селектор ставится в положение D на панели. Компьютер дает команду на включение каретки 7, соединяющей ведущую и ведомую шестерни первой передачи, и на включение сцепления № 1. Одновременно готовится переход на вторую передачу, для чего при выключенном сцеплении № 2 включается каретка 7 второй передачи. Подобным образом осуществляется переход на другие передачи от низшей к высшей и наоборот практически без разрыва потока мощности. Такая подготовка быстрого перехода с одной передачи на другую получила название «преселективной».

К недостаткам АКПП, имеющей роботизированную коробку передач с двумя сцеплениями, следует отнести:

– провалы и рывки при активном (спортивном) стиле вождения;
– высокая первоначальная стоимость;
– высокая стоимость ремонта и обслуживания и низкая профессиональность сервиса.

Для их устранения требуется некоторое время, но уже в ближайшие 10 лет трансмиссии различных типов с неразрывным потоком мощности будут основными на транспортных и тяговых машинах. Поэтому для студентов инженерного факультета совершенно необходимо ввести в дисциплину «Устройство автомобилей и тракторов» раздел «Автоматизированные трансмиссии» в виде, например, цикла лекций и других видов учебных занятий.

УДК 629.119

ВАКУУМНАЯ ДИАГНОСТИКА ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЯ

д.т.н. М.М. Юрков
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия),
к.т.н. Д.Б. Шмулевский
(ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны», Ярославль, Россия)

Ключевые слова: дизель, диагностика, вакуум.

Рассмотрены возможности экспресс-диагностики дизельного двигателя по вакуумным характеристикам воздушного канала системы питания.

VACUUM DIAGNOSTICS OF CYLINDER-PISTON GROUP DIESEL

Doctor of Technical Sciences M.M. Yurkov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia),
Candidate of Technical Sciences D.B. Shmulevskiy
(Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense, Yaroslavl, Russia)

Key words: diesel engine, diagnostics, vacuum.

Considered the possibility of Express-diagnostics of diesel engine characteristics vacuum air channel of the power system.

Диагностирование ЦПГ и прогнозирование остаточного ресурса осуществляется различными способами. Замер компрессии по цилиндрам – это самый распространенный способ [2]. Информа-

ция, получаемая с помощью этого прибора, безусловно, важна и необходима, но все-таки недостаточна для выявления причин, вызывающих отклонения величины компрессии в цилиндрах от номинальных значений.

Недостатки компрессиметра известны, у прибора большая погрешность – до 10%. Кроме того, его нетрудно обмануть: масло, которое остается на стенках цилиндра при изношенном скребке маслосъемного кольца, уплотняет компрессионные кольца, а излишнее количество топлива размывает масляный клин, уменьшая величину компрессии. В таких случаях показания прибора могут не совпадать с реальностью. Также на показатели компрессии влияют пусковые обороты коленчатого вала и температура двигателя. При разряженном (севшем) аккумуляторе потеря компрессии составляет в среднем 1–1,5 атм. Кроме того, на показатели компрессии изношенной ЦПГ сильное влияние будут оказывать такие факторы, как сопротивление во впускном патрубке, температура масла, паразитный объем переходного устройства. В одном случае компрессия в двигателе с большим пробегом составила 11–12 атм, что соответствует норме нового двигателя, а расход масла на угар превысил 1,2–2,0 кг на 1000 км пробега.

В другом случае двигатель машины с малым пробегом имел меньшую компрессию, около 7 атм, из-за неисправности системы топливоподачи в цилиндры поступало топливо, оно смывало масло со стенок цилиндров, и снижалась компрессия. Недостаток диагностической информации влечет неоправданные потери времени, снижает доверии к результатам оценки. Случается, что из-за «закоксовывания» колец или неплотного прилегания клапана двигатель разбирают целиком, не сумев определить причину нарушения его нормальной работы.

При правильной оценке достаточно заменить маслосъемные колпачки или попробовать «размочить» кольца специальными присадками.

Применяется также оценка состояния ЦПГ по расходу картерных газов. В этом случае определяется расход прорвавшихся газов в картер из всех цилиндров двигателя. Двигатель герметизируется, и газы направляются в одно русло, где измеряется расход с помощью калиброванных отверстий и микроманометра. Такой метод имеет недостаточную точность, обусловленную влиянием утечек газов через сальниковые уплотнения. Свести к минимуму влияние

утечек возможно лишь при принудительном отсасывании газов из картера, для обеспечения в нем атмосферного давления при измерении расхода, что весьма трудоемко.

На показания индикатора влияет также уровень вибрации двигателя. Кроме того, данный метод не позволяет определить отдельный неисправный цилиндр и тем более определить первопричины снижения работоспособности ЦПГ, а к утечкам через клапан вообще нечувствителен. По этим причинам устройства, оценивающие состояние ЦПГ по расходу картерных газов, вполне справедливо были названы индикаторами.

Методика

Техническое состояние ЦПГ и ГРМ можно оценить по утечке сжатого воздуха из надпоршневого пространства. Для этой цели используются пневмотестеры, использующие внешние источники сжатого воздуха.

Перед проверкой цилиндра выворачивают свечу или форсунку, а поршень выставляют в ВМТ на такте сжатия. Наконечник пневмотестера заворачивают в отверстие от свечи зажигания в бензиновом двигателе или от форсунки в дизеле.

Результаты

Нарушение герметичности надпоршневого пространства вследствие износа деталей ЦПГ и ГРМ вызывает утечку воздуха через зазоры и уменьшение давления в камере сгорания. Измеренное манометром давление показывает степень герметичности пространства. В пространстве находится поршень с компрессионными и маслосъемными кольцами, перемещающийся в гильзе. Также прокладка, уплотняющая соединение блока цилиндров, гильз и головки двигателя, и клапаны, соединяющие систему впуска и удаления газов. Все перечисленные элементы изнашиваются и могут влиять на герметичность надпоршневого пространства, где происходит процесс сгорания топлива и вследствие чего силовое воздействие на КШМ.

Техническое состояние ЦПГ и ГРМ можно оценить по утечке сжатого воздуха из надпоршневого пространства. Для этой цели выпускаются пневмотестеры, например, приборы К-69М или К-272.

Нарушение герметичности надпоршневого пространства вследствие износа деталей ЦПГ и ГРМ вызывает утечку воздуха через зазоры и уменьшение давления в камере, измеряемое манометром. Для повышения чувствительности прибора поступление воздуха в камеру ограничивается калиброванным жиклером, проходное сечение которого эквивалентно величине сечения среднего зазора в ЦПГ и ГРМ.

Утечки воздуха через клапаны обнаруживают органолептически или при помощи фонендоскопа прослушиванием шипения воздуха во впускном и выпускном коллекторах двигателя.

Утечки воздуха через прокладку головки блока цилиндров определяют по пузырькам воздуха, появляющимся в горловине радиатора, расширительном бачке системы охлаждения или в плоскости разъема головки и блока цилиндров.

Рассмотренный метод обладает достаточной чувствительностью, весьма трудоемкий, имеющий значение при выбраковке двигателя.

Существуют методы, где для определения состояния механизмов по характеру вибросигнала используется виброизмерительное оборудование. Мотор-тестеры комплектуются вибродатчиками и по колебаниям, вызванным ударным взаимодействием деталей в сравнении с различными вариантами износа механизма, оценивается его состояние.

Совершенствование средств диагностики двигателя позволяет сократить трудовые ресурсы и повысить надежность используемых машин. В одном случае оценка состояния износа ведется по избыточному давлению в камере сгорания или в картере двигателя, в другом – по значению вакуума, создаваемого на пути от заборного отверстия воздухоочистителя до надпоршневого пространства на такте всасывания.

По уровню вибрации в среднегеометрическом спектре октавных частот можно получить характеристику работающего двигателя, отражающую состояние ЦПГ, ГРМ, КШМ и других систем. Выявить искомую информацию не всегда возможно и при этом способе оценки, поскольку индивидуальные характеристики вибрации двигателей различаются.

Остаточное время работы всего двигателя и его систем может прогнозироваться по времени эксплуатации или по количеству израсходованного топлива.

Схема 1 – Способы определения состояния основных систем двигателя

В схеме 1 сведены возможные способы определения состояния основных систем двигателя. Определение значимости диагностирования может сократить усилия на проведение работ. При этом возможно использование простейших способов оценки. Состояние износа КШМ можно определить по давлению в смазочной системе, а состояние ЦПГ – по мощности двигателя и выбросу картерных газов. В некоторых случаях показатель износа трактора можно определить по погектарному расходу топлива.

Выводы

Проблема диагностики не всегда отвечает потребностям эксплуатации двигателя и машины в целом. Тем не менее существующие и разрабатываемые методы способствуют развитию техники и совершенствованию ее систем.

Литература

1. Суранов, Г.И. Снижение износа деталей машин [Текст] / Г.И. Суранов. – Ухта: Ухт. индустр. ин-т, 1999. – 224 с.

2. Королев, А.Е. Оценка качества обкатки двигателей [Текст] / А.Е. Королев, Е.И. Мамчистова, А.Н. Бачурин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. – № 2. – С. 56–60.

УДК 623.437.42

ОЦЕНКА СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА

д.т.н. М.М. Юрков, А.М. Юрков, А.А. Загуляев
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: виброизоляция, виброизоляторы.

Путем расчета определены характеристики виброизоляторов и применимости в защите оператора от динамических воздействий.

EVALUATION OF MEANS OF REDUCING VIBRATION IN THE WORKPLACE MOBILE UNIT

Doctor of Technical Sciences M.M. Yurkov,
A.M. Yurkov, A.A. Zagulayev
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: vibration isolation, vibration isolators.

By calculating the characteristics of vibration isolators and applicability in protection of the operator against dynamic influences are determined.

При действии на организм общей вибрации страдает, в первую очередь, нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения – для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения – для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуло-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно – потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением угле-

водного, белкового, ферментного, витаминного и холестеринового обменов, биохимических показателей крови. Нормы вибрации устанавливаются санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.5.8566-96, ГОСТ 12. 2.019–96.

Основными методами борьбы с разного рода шумами и вибрацией являются: уменьшение шума и вибрации в источнике их возникновения: совершенствование конструкции (расчет фундамента, системы амортизаторов или виброизоляторов).

Методика

Виброизоляция заключается в уменьшении передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними [2]. Необходимо выявить параметры защиты от вибрации, имеющей характерные признаки.

Результаты

Для виброизоляции чаще всего применяют виброизолирующие опоры типа упругих прокладок, пружин или их сочетания (рисунок 1).

Определим требуемый уровень снижения вибрации, дБ:

$$\Delta L_{тр} = L - L_{доп}, \qquad (1)$$

где L – уровень вибрации без виброизоляции, дБ;

$L_{доп}$ – допустимый по нормативам уровень вибрации.

$$\Delta Lтр = 158 - 135 = 23 \text{ дБ}.$$

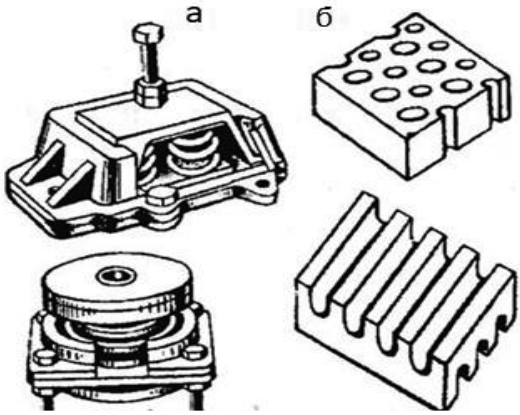


Рисунок 1 – Виброизолирующие опоры:
а) пружинные; б) резиновые виброизоляторы

Эффективность виброизоляторов оценивают коэффициентом передачи (КП), равным отношению амплитуды виброперемещения, виброскорости, виброускорения защищаемого объекта или действующей на него силы к соответствующему параметру источника вибрации:

$$КП = F_{осн} / F_{ист}. \quad (2)$$

Виброизоляция только в том случае снижает вибрацию, когда КП < 1. Чем меньше КП, тем эффективнее виброизоляция. Для виброизолированных систем, в которых можно пренебречь трением:

$$КП = [f / f_0)^2 - 1]^{-1}, \quad (3)$$

где f – частота вынужденных колебаний; f_0 – собственная частота виброизолированной системы.

Как видно из приведенной формулы, только при $f / f_0 >$ КП < 1, т.е. снижает передачу вибрации на защищаемый объект. По конструктивным и экономическим соображениям существует оптимальное значение $f / f_0 = 3–4$, что соответствует КП = 1/8–1/15.

Собственная частота виброизолированной системы:

$$f_0 = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{g}{x_{ст}}}, \quad (4)$$

где $x_{ст}$ – статическая осадка виброизоляторов под действием силы тяжести машины.

Эффективность виброизоляции в дБ можно определить по формуле:

$$\Delta L = 20lg\frac{1}{кп} = 20\lg\left[\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1\right], \quad (5)$$

где L – уровень вибрации без виброизоляции, дБ; Lдоп – допустимый по нормативам уровень вибрации.

Находим требуемое отношение частот и требуемое значение собственной частоты виброизолированной системы:

$$\left(\frac{f}{f_0}\right)_{тр} = \sqrt{10^{\frac{\Delta L_{тр}}{20}} + 1}.$$

Требуемая собственная частота виброизолированной системы, Гц:

$$f_{0тр} = \frac{f}{\sqrt{10^{\Delta L_{тр}/20} + 1}}.$$

Находим требуемую статическую осадку виброизолятора ($x_{ст}$) м:

$$x_{ст} = \frac{g}{4\pi^2 f_{0тр}^2}, \quad h_{тр} = \frac{x_{ст}}{\sigma_{доп}}, \quad S = \frac{mg}{\sigma_{доп}N},$$

где E (Н/м²), $\sigma_{доп}$ (Н/м²) – соответственно модуль упругости и допустимое удельное напряжение (определяются свойствами материа-

ла прокладки), m (кг) – масса вибрирующего агрегата, N – число прокладок, $h_{тр}$, S – требуемая толщина и площадь виброизоляции. Требуемая статическая осадка виброизолятора – 0,0057 м при собственной частоте системы – 7 Гц.

Далее выбираем материал и определяем параметры виброизолятора. Расчет определяется типом виброизолятора – пружинный или упругие (резиновые) прокладки. Для упругих прокладок определяют требуемую толщину (0,004) и площадь одной прокладки (0,1 м²). Ожидаемое снижение вибрации (рисунок 2).

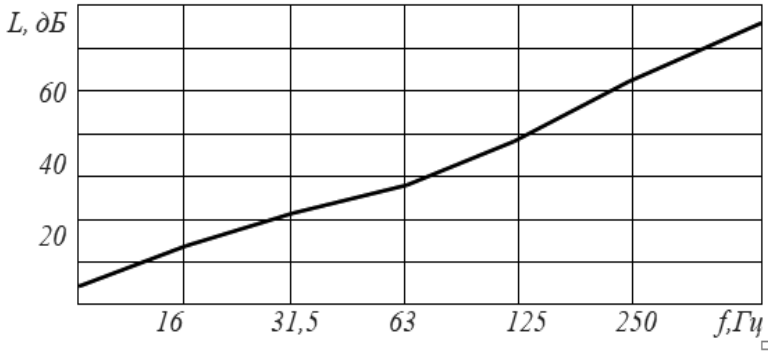


Рисунок 2 – Эффективность виброизоляции
в частотном спектре

Расчет показывает, что на низких частотах стандартные методы виброизоляции недостаточны.

Выводы

Для защиты от низкочастотных вибродинамических воздействий необходима разработка специальных систем с амортизирующими устройствами.

Литература

1. Суворов, Г.А. Производственная вибрация / гигиенические аспекты [Текст] / Г.А. Суворов, З.М. Бутковская, Л.Л. Хунданов. – М., 1996. – 72 с.

2. Старунский, А.В. Теория и методика определения неуравновешенности вращающихся изделий [Текст] / А.В. Старунский // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017. – С. 315–320.

УДК 631.3.784.5

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА

д.т.н. М.М. Юрков, А.М. Юрков
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: низкие частоты, виброизоляция.

Предложены пути исследования и снижения вибродинамических воздействий на оператора мобильных агрегатов.

WAYS TO REDUCE VIBRODYNAMIC INFLUENCE ON THE MOBILE UNIT

Doctor of Technical Sciences M.M. Yurkov, A.M. Yurkov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: low frequency, vibration.

The ways of research and reduce of vibrodynamic influence on the operatir of mobile units are suggested.

Исследования особенностей механического эффекта общей вибрации показали следующее. Тело человека благодаря наличию мягких тканей, костей, суставов, внутренних органов представляет собой сложную колебательную систему, механическая реакция которой зависит от параметров вибрационного воздействия. При частоте менее 2 Гц тело отвечает на общую вибрацию как жесткая масса. На более высоких частотах тело реагирует как колебательная система с одной или несколькими степенями свободы, что проявляется в резонансном усилении колебаний на отдельных частотах. Для сидящего человека резонанс находится на частотах 4–6 Гц, в положении стоя выявлены 2 резонансных пика: в 5 и 12 Гц. Собственная частота колебаний таза и спины – 5 Гц, а грудь-живот – 3 Гц.

При длительном воздействии общей вибрации возможны механические повреждения тканей, органов и различных систем организма (особенно при возникновении резонанса собственных колебаний тела и внешних воздействий). Вот почему механическое воздействие вибрацией часто ведет к возникновению много-

образных патологических реакций у водителей грузовых машин, трактористов, летчиков.

Влияние вибрации на человека до конца не изучено. Вредные последствия от вибрации вызывают хронические заболевания, которые практически не лечатся. Действие вибрации на конечности может вызвать сдвиг тканей в коже и в мышцах. Но из-за подвижности конечностей вибрация передается на участки конечностей и не предается на корпус [3]. Последствия действия вибрации на конечности не так велики, как действие на корпус человека, где находятся все жизненно важные органы. Голова подвижна относительно корпуса и воспринимает динамические воздействия через него. Конечности, корпус и голова представляют систему, воспринимающую различные вибродинамические воздействия.

Действие вибрации на вестибулярный аппарат приводит к возникновению разнообразных вестибулосоматических и вестибуловегетативных реакций. Воздействие на зрение, особенно на резонансных частотах 20–40 и 60–90 Гц, увеличивает амплитуду колебаний глазного яблока и ухудшает остроту зрения, снижает цветовую чувствительность, суживает границы поля зрения.

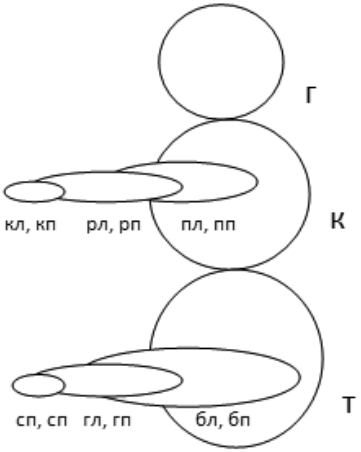


Рисунок 1 – Схема опорно-двигательного аппарата человека

Схема опорно-двигательного аппарата включает систему соединенных масс, в которых находятся различные органы единого организма. Верхние и нижние конечности состоят из трех элементов. Ступни ног и кисти рук с соединительными частями.

Соединяются части через суставы запястный, локтевой, плечевой, ступневой, коленный, тазобедренный. Позвоночник связывает голову, корпус и таз, с большей свободой движения в шейной и поясничной части.

В голове находятся органы зрения, слуха, обоняния и вкуса, головной мозг, включающий вестибулярный аппарат человека и анализатор. В корпусе и тазу – органы жизнеобеспечения. Конечности представляют силовое осуществление решений анализатора.

Представленную схему можно рассматривать приемником вибродинамических воздействий. Воздействия на оператора мобильной машины могут быть через конечности: рулевое колесо, рычаги, педали, пол и корпус через сиденье и его спинку.

Диапазон частот воздействия связан с характеристиками силовой установки машины. Основная полоса среднегеометрических частот октавного спектра на мобильных машинах в области моторных частот – 63 Гц. Вибродинамические воздействия включают вибрацию машины и действия от ее движения по поверхности и от рабочих органов сельскохозяйственных машин. Суммарные динамические воздействия имеют сложный характер из-за их периодичности, критическим уровням и разнонаправленности. Эти причины усложняют исследования степени их воздействия на организм.

Методика

Теоретические и экспериментальные исследования проводились на основе существующих методов исследований и стандартов испытаний тракторов ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний».

Решение

Требуемая эффективность системы защиты от динамического воздействия на организм оператора, или требуемое снижение уровня вибрации при периодических импульсах, или величина демпфирования при отдельных импульсах должна определяться с учетом всего набора исходных в источниках образования первичных импульсов и их характеристик влияния технико-эксплуатационных показателей МТА и условий распространения импульсов.

Эффективность системы защиты от динамических воздействий должна удовлетворять условиям:

– требуемое снижение уровня динамического воздействия;

– предельный допустимый уровень динамического воздействия (норма) на рабочем месте;

– фактический уровень динамических воздействий на рабочем месте;

– величина перепада уровня динамического воздействия от источника к корпусу МТА;

– величина перепада уровня динамического воздействия от корпуса к кабине;

– величина перепада уровня динамического воздействия от кабины к посадочному месту (подушка сиденья и спинка);

– коэффициент фиксации тела оператора с сиденьем (жесткость подушки, приводных ремней и др.).

Многокомпонентная защита от динамических воздействий может быть осуществлена за счет использования подвески, включающей сиденье оператора и вместе с ним органы управления в одном блоке (рисунок 2). Сиденье оператора вместе с рычагами управления подвешено под потолком кабины на упругой подвеске с демпфированием.

При воздействиях сигнал передается через кабину к пневматическому демпферу, на котором монтируется рама поста управления. Жесткие связи исключаются путем введения гибких магистралей передачи управляющей команды.

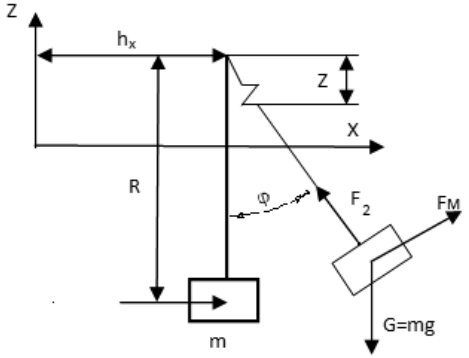


Рисунок 2 – Схема подвески сиденья с органами управления

Рассмотрим движение сиденья оператора МТА в продольной плоскости X0Z, где ось 0X направлена по движению трактора и ось 0Z по вертикали. Будем считать по схеме, что точка подвески в статическом состоянии имеет координаты (h_x, h_z), которые в про-

цессе движения трактора изменяются по времени в соответствии с подпрыгиванием и галлопированием трактора на основных упругих узлах (колесах и амортизаторах).

Пусть X и Y – координаты центра тяжести груза подвижного кресла вместе с водителем, тогда имеем:

$$X = h_x + R\sin\varphi,$$
$$Z = h_Z - R\sin\varphi. \qquad (1)$$

Будем считать угол φ достаточно малым в случае конкретной конструкции, при ходе центра тяжести на 150 мм и радиусе 1300 мм, имеем:

tg φ_{min}150/1300–0,115, откуда φ_{max} = 0,115 рад (6,6°).

Таким образом, после линеаризации имеем уравнение (1) в виде:

$$X = h_X + R\varphi,$$
$$Z = h_Z - R \qquad (2)$$

Отсюда имеем

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dh_x}{dt} + \frac{d\varphi}{dt} + \frac{dR}{dt}\varphi \cong \frac{dh_x}{dt} + R\frac{d\varphi}{dt};$$
$$\frac{dz}{dt} = \frac{dh_z}{dt} - \frac{dR}{dt};$$
$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2h_x}{dt^2} + R\frac{d^2\varphi}{dt^2}; \qquad (3)$$
$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{d^2h_z}{dt^2} - \frac{d^2R}{dt^2}.$$

После преобразований введем безразмерные величины:

$$\overline{\varphi} = \frac{b}{e}\varphi; \quad \frac{\alpha}{\beta} = P; \quad \beta t = \tau. \qquad (4)$$

Тогда решение:

$$\varphi = e^{-\alpha t}(C_1\cos\beta t + C_2\sin\beta t) - \frac{e}{b};$$
$$\overline{\varphi} = e^{-P\tau}(\cos\tau + P\sin\tau) - 1. \qquad (5)$$

Здесь параметр P с учетом обозначений (4) представляет собой функции от коэффициента демпфирования K1 и коэффициента упругости R_0:

$$P = \frac{K_2}{\sqrt{4mR_0K_1 + (2mR_0)^2\frac{q}{R_0} - K_2^2}}\ . \qquad (6)$$

На рисунке 3 приведены изменения в зависимости от и Р. Видно, что чем меньше демпфирование (с уменьшением параметра Р), тем хуже затухают колебании, образовавшиеся в момент трогания. Однако уже при Р = 0,5 затухание достаточно велико.

Представляет интерес реальное значение периода колебаний. Оценку можно провести, положив К2 = 0, тогда при К1 = 0, т.е. в случае чистого маятника, будем иметь:

$$\alpha = 0, \beta = \sqrt{\frac{q}{R_0}}. \qquad (7)$$

В рассматриваемом случае (R_0 = 1,3 м) имеем β = 2,7 $с^{-1}$, тогда период колебания:

$$T = \frac{2\pi}{\beta} = 2{,}3c.$$

Значению τ = 2π = 6,3 соответствует около двух секунд, и после трогания, примерно через секунду, сиденье окажется в заднем положении и через две секунды, если демпфирование будет достаточным (Р = 0,5), окажется в установившемся для данного ускорения положении.

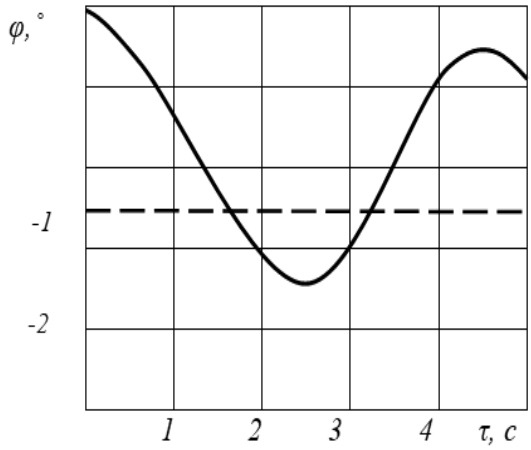


Рисунок 3 – График изменения угла от времени
при использовании предложенной подвески сиденья

Представляет также интерес значение ускорения и, значит, силы инерции, воздействующей на водителя в момент трогания. В результате имеем снижение вибродинамических воздействий.

Выводы

Необходимость снижения воздействий связана с защитой организма оператора и улучшением эргономичности взаимодействия с органами управления. Предложена конструкция подвесного поста управления направленная на решение проблемы. Теоретическим путем установлено, что существенно снижаются вертикальные вибродинамические воздействия и в горизонтальном направлении.

Литература

1. Копылов, Г.Н. Результаты экспериментально-теоретических исследований условий труда оператора газотурбинного трактора [Текст] / Г.Н. Копылов // Охрана труда. Сб. науч. тр. № 1. – Вильнюс: Литовская с.-х. Академия, 1986. – С. 202.

2. Подвеска сиденья транспортного средства [Текст]: пат. 2033932 Рос. Федерация: МПК B60N 2/54 / Юрков М.М. и др.; заявитель и патентообладатель Ленинградский государственный аграрный университет. – № 5059231/11; заявл. 19.08.1992; опубл. 30.04.1995, Бюл. № 12. – 8 с.

3. Олейник, Д.О. Паспорт профессионального здоровья работника агропромышленного комплекса [Текст] / Д.О. Олейник, И.Б. Тришкин, В.С. Генералов // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2008. – № 2. – С. 133–136.

СОДЕРЖАНИЕ

Ладыгин А.С., Орлов П.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия), ***Перепелин А.П.*** (ФГБОУ ВО ЯГТУ, Ярославль, Россия) Анализ путей повышения эффективности топливных систем дизелей 3

Милюткин В.А., Толпекин С.А. (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, Кинель, Россия), ***Буксман В.Э.*** (компания «AMAZONEN-Werke», Hashergen-Gaste, Германия) Дисковые бороны Catros («Amazonen-werke», «Евротехника») с эффективными особенностями в конструкции 8

Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Компьютерное моделирование теплообменника-утилизатора и установка для экспериментального исследования его работы 15

Несиоловский О.Г., Дмитренко В.П., Соцкая И.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Анализ регулирования теплового состояния ДВС 20

Николаев В.А. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Сдвиг почвы в вертикальной плоскости отвалом плуга 28

Соцкая И.М., Орлов П.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Подбор фильтрующих материалов для фильтра 37

Шмигель В.В., Соцкая Е.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Инновационный способ выгонки декоративного растения хоста в защищенном грунте 43

Щеренков Г.М., Карпов Д.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Автотракторные трансмиссии с неразрывным потоком мощности 51

Юрков М.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия), ***Шмулевский Д.Б.*** (ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны», Ярославль, Россия) Вакуумная диагностика цилиндропоршневой группы дизеля 56

Юрков М.М., Юрков А.М., Загуляев А.А. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Оценка средств снижения вибрации на рабочем месте мобильного агрегата 61

Юрков М.М., Юрков А.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Пути снижения вибродинамических воздействий на оператора мобильного агрегата 65

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сборник научных трудов
по материалам Национальной
научно-практической конференции
6–7 декабря 2017 г.

Начальник редакционно-издательского отдела Е.А. Богословская
Технический редактор Е.В. Клименко
Художественный редактор Т.Н. Волкова

Статьи публикуются в авторской редакции.
Авторы несут ответственность за содержание публикаций.

Подписано в печать 06.04.2018 г.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 4,1. Тираж 500 экз. Заказ № 11.

Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

ISBN 978-5-98914-189-0

9 785989 141890