

Министерство образования Нижегородской области

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Нижегородский государственный
инженерно-экономический институт

ВЕСТНИК

ИГИЭИ

Серия технические науки

Выпуск 5 (6)

Княгинино 2011

УДК 62
ББК 3я5
В 38

Центральная редакционная коллегия:

А. Е. Шамин (главный редактор), Н. В. Проваленова (зам. главного редактора), Б. А. Никитин, А. В. Золотов, О. Ф. Удалов, М. З. Дубиновский, Л. Г. Макарова, Н. В. Оболенский, Е. А. Пучин, А. Н. Скороходов, А. С. Серебряков, С. А. Суслов (секретарь редколлегии)

В38 Вестник НГИЭИ. Серия технические науки.
Выпуск 5 (6). – Княгинино: НГИЭИ, 2011. – 188 с.

Редакционная коллегия серии:

Е. В. Королев (отв. редактор), А. В. Мартьянычев (зам. отв. редактора), Е. В. Воронов, И. В. Волков, В. А. Коченов, В. И. Лашин, А. В. Колпаков, А. Г. Ретивин

Ответственный редактор выпуска В. Л. Осокин

УДК 62
ББК 3я5

© Нижегородский государственный
инженерно-экономический институт, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Щукин С. И., Аванесов В. Л. Стимулирующий аппарат для профилактики и лечения мастита у коров.....	5
Щукин С. И., Петров И. Е. Экспериментальный доильный аппарат	12
Бабанов Н. Ю. О приеме полезного сигнала от динамического нелинейного рассеивателя на фоне помех от других нелинейных рассеивателей	19
Булатов С. Ю. Результаты исследований движения воздушного потока в эжекторе малогабаритного комбикормового агрегата.....	37
Нечаев В. Н. Выбор вентилятора для пневмотранспортирования материала в комбикормовом агрегате.....	46
Казаков С. С., Матвеев Ю. И. Разработка производственной технологии лазерного упрочнения поршневых колец в судоремонтном производстве	55
Савиных П. А., Рындин А. Ю. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения.....	60
Серебряков А. С., Герман Л. А., Дулепов Д. Е. Установка поперечной емкостной компенсации с форсировкой в сетях переменного тока.....	71
Семенов Д. А. Повышение надежности трансформаторов в распределительных сетях.....	78
Кучин Н. Н., Мансуров А. П., Шишкина И. А. Энергетическая и экономическая оценка производства силоса из однолетних бобово-злаковых трав.....	85
Оболенский Н. В., Крайнов Ю. Е., Красиков С. Б. Вихревой (гидродинамический) источник теплоты.....	99
Савиных П. А., Миронов К. Е. Совершенствование способов измельчения зерна.....	109

Денисюк Е. А., Носова И. А. Расчет экономического эффекта от внедрения установки приготовления и регенерации отработанного рассола для посолки сыра	116
Грунин К. Е. Регулировки картофелесажалки GL 34Т фирмы GRIMME.....	125
Серебряков А. С., Герман Л. А., Дулепов Д. Е. Двухступенчатая установка поперечной емкостной компенсации реактивной мощности.....	135
Лиханов В. А., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Изменение параметров процесса сгорания в цилиндре дизеля 2ч 10,5/12,0 при работе на эталоне с двойной системой топливоподачи.....	141
Зонов А. В. Влияние применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания, объема содержания и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от угла поворота коленчатого вала.....	149
Зонов А. В. Влияние применения ЭТЭ на токсические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала.....	168
Лиханов В. А., Чупраков А. И., Зонов А. В., Шаромов И. М. Влияние применения этано-топливных эмульсий на показатели процесса сгорания и характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0/12,5 при снятии скоростных характеристик.....	174
Сушинцев В. Н., Морозов А. Н. Определение защитных свойств противокоррозионных материалов методом ускоренных испытаний.....	181

СТИМУЛИРУЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ МАСТИТА У КОРОВ

С. И. Шукин, к.т.н., доцент кафедры «Механизация и электрификация животноводства», Тверская государственная сельскохозяйственная академия;

В. Л. Аванесов, аспирант кафедры «Механизация и электрификация животноводства», Тверская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация. Разработан доильный аппарат для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров.

Ключевые слова: доильный аппарат, стимуляция, рефлекс, молокоотдача, профилактика, лечение, мастит, коровы.

The STIMULATING DEVICE FOR PREVENTIVE MAINTENANCE AND TREATMENT OF THE MASTITIS AT COWS

S. I. Schukin, the candidate of technical sciences, the docent of the chair «Mechanization and electrification of animal industries», the Tver state agricultural academy;

V. L. Avanesov, the post-graduate student of the chair «Mechanization and electrification of animal industries», the Tver state agricultural academy

Annotation: the milking device is developed for stimulation of a reflex of milk output, preventive maintenance and treatment of mastitis at cows.

Keywords: the milking device, stimulation, a reflex, milk output, preventive maintenance, treatment, mastitis, cows.

Правительство РФ в национальном проекте развития села по направлению «Ускоренное развитие животноводства» до 2020 года предусматривает повышение молока и молочной продукции. В условия рыночной экономики для эффективности отрасли необходимо повышение продуктивности молочного животноводства, т.к. количество голов животных с каждым годом уменьшается. Проблемы стимуляции рефлекса молокоотдачи, полноты выдаивания и уменьшение заболеваемости маститом были и остаются актуальными до настоящего времени.

Существующие серийные отечественные и зарубежные доильные аппараты оказывают стимулирующее воздействие только на среднюю часть соска и сфинктер животного. Это не позволяет стимулировать основание соска и место присоединения его к вымени, где находится наибольшее количество точек, при стимулировании которых увеличивается молокоотдача. [1].

На кафедрах «Механизации и электрификации животноводства» (МЭЖ) Тверской государственной сельскохозяйственной академии (ТГСХА) и «Механизации и технологии животноводства» (МТЖ) Московского государственного агроинженерного университета (МГАУ) имени Горячкина В. П. был разработан доильный аппарат для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров.

Рисунок данного доильного аппарата представлен на рис. 1.

Аппарат для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров содержит

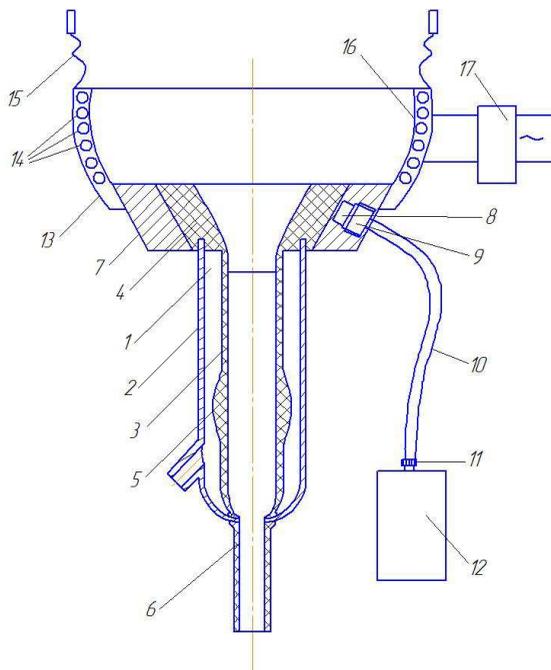


Рис. 1. Доильный аппарат для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров

доильный стакан 1 с гильзой 2 и установленной в гильзе 2 сосковой резиной 3, выполненной из эластичного материала и состоящей из присоска 4, рабочей 5 и отводной 6 частей, при этом середина рабочей части 5 выполнена утолщенной, а нижняя часть – в виде эллипса. Толщина середины рабочей части равна 3,5...4,0 мм. На доильном стакане 1 установлена лазерная насадка, представляющая собой конусообразное кольцо 7, изготовленное из алюминиевого сплава и выполняющее функцию теплоотвода. В конусообразное кольцо 7 встроен излучатель монохроматического света – полупроводниковый лазер 8, закрепленный резьбовой втулкой 9, через которую пропу-

щен гибкий кабель 10, соединяющий полупроводниковый лазер 8 через разъем 11 с аккумулятором 12. Лазер выбран с рабочим диапазоном излучаемых длин волн от 0,62 до 1,06 мкм. Это дает возможность увеличивать глубину проникновения излучения (инфракрасный диапазон), что необходимо для улучшения лечебного эффекта, или работать на меньшей глубине проникновения излучения при воздействии на рефлексогенную зону для повышения молокоотдачи (красный диапазон). В красном диапазоне требуемая выходная мощность полупроводникового лазера 8 может быть уменьшена и, следовательно, уменьшена потребляемая мощность этого лазера, что позволяет увеличить время непрерывной работы лазерной насадки без подзарядки источника питания. [1,2,3].

Выбор импульсного или непрерывного лазера определяется производственными задачами и экономическими соображениями. Непрерывный лазер требует более простого и дешевого источника питания, зато сам дорог. Импульсный лазер более дешев, но требует специального источника питания, поэтому устройство с импульсным лазером характеризуется меньшим результирующим КПД и большими эксплуатационными расходами.

Лазерная насадка посредством конусообразного кольца 7 надевается с небольшим натягом на доильный стакан 1. Небольшой натяг позволяет поворачивать ее вокруг своей оси, снимать с одного доильного стакана и переставлять на другой, что в сочетании с большой глубиной проникновения излучения позволяет адресно направлять излучение лазера на пораженные участки вымени и добиваться не только профилактического, но и лечебного эффекта. [1,4].

На конусообразном кольце 7 лазерной насадки установлено устройство для массажа вымени, чашевидный

корпус 13 которого связан с излучателем колебаний 14 и крепежной оснасткой 15. Излучатель колебаний 14 выполнен в виде индуктора с обмоткой, одна сторона которого, контактирующая с выменем, закрыта эластичной диаманитной пленкой 16, например фторопластиковой (или из специальных сортов пластика), покрытой тонким слоем диаманитного металла (например, меди, алюминия и т.д.), а обмотка подключена к источнику импульсного тока 17. [3,4].

Аппарат для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров работает следующим образом.

Методика работы с аппаратом для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров проста и не требует присутствия высококвалифицированного персонала. После подсоединения аппарата к вымени животного чашевидный корпус 13 фиксируют посредством оснастки 15. Оператор включает сначала устройство для массажа вымени, затем лазерную насадку, спустя некоторое время после начала массажа вымени. Обмотку излучателя 14 подключают к источнику импульсного тока 17. Излучатель колебаний 14 начинает работать, с одной стороны, как вибратор за счет того, что со стороны вымени он закрыт тонкой пленкой 16, например фторопластиковой (или из специальных сортов пластика), покрытой тонким слоем диаманитного металла (например, меди, алюминия и т.д.), при этом имеет место эффект, наблюдаемый в магнитоимпульсных установках – механическое давление, передаваемое на вымя, и может регулироваться в очень широких пределах, как по амплитуде, так и частоте, с другой стороны, поскольку пленка 16 покрыта диаманитным металлом, импульсное электромагнитное воздействие от излучателя 14 (в данном случае действующего как

излучатель электромагнитных волн) передается на объект, т.е. вымя и благотворно воздействует не только на вымя, но и на организм животного в целом, что неоднократно отмечалось в различных научных и других изданиях. Массаж вымени – этап предварительной подготовки к доению. Благотворно воздействуя не только на вымя, но и на организм животного в целом, повышает рефлекс молокоотдачи животного. Методика работы с лазерной насадкой также проста. Оператор включает лазерную насадку после окончания массажа вымени, когда организм животного готов к процессу доения в результате повышенного рефлекса молокоотдачи. После окончания дойки лазерную насадку отключают. Емкость аккумуляторной батареи выбирается достаточной для проведения утренней, дневной и вечерней дойки. В конце рабочего дня аккумуляторные отсеки подзаряжают малым током. При обнаружении мастита лазерную насадку переставляют на тот доильный стакан аппарата машинного доения, который выдаивает пораженную долю вымени коровы, при этом поворачивают лазерную насадку таким образом, чтобы лазерный пучок попадал по возможности на центр отечной области. При более тяжелых формах мастита можно ставить до четырех лазерных насадок на один аппарат машинного доения.

Доильный аппарат промышленно применим, так как может быть изготовлен промышленным способом, работоспособен, осуществим и воспроизводим. Наиболее эффективно применение доильного аппарата в условиях крупного животноводческого комплекса. При этом вместо автономного питания от источника импульсного тока (генератора) 17 и аккумуляторов 12 можно использовать централизованный стабилизированный блок питания, установленный в отдельном помещении.

Техническим результатом применения аппарата для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и ле-

чения мастита у коров с массажем вымени, как с лечебным воздействием, так и с общеоздоровительным в целом для животного, повышающим эффективность стимуляции рефлекса молокоотдачи, и с глубоким проникновением инфракрасного излучения в мягкие ткани вымени является увеличение надоя молока от каждой коровы предположительно на 20...25%, достигаемое за счет отдачи альвеолярного молока, как правило, не выдаиваемого серийными аппаратами машинного доения. При этом средняя жирность молока увеличивается на 0,1%. Кроме того, техническим результатом является ускорение практически полного излечения (за 10 дней с начала лечения) страдающих маститом коров в субклинической стадии и значительное улучшение состояния коров, находящихся в клинической стадии заболевания без применения дорогостоящих медикаментозных средств лечения. И, как следствие, – получение товарного молока сразу же после окончания лечения, в то время как после медикаментозного лечения, как правило, молоко выбраковывается еще довольно продолжительный промежуток времени, так как уровень содержания лекарств в молоке должен уменьшиться до предельно допустимой концентрации. [1,2,3,4].

Список литературы

1. Патент Российской Федерации 2216931 RU МПК А01J5/013. Устройство для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров/ заявлено: 29.02.2000/опубликовано: 27. 11. 2003 Бюл. № 33/ В. В. Безотосный, В. С. Петухов, Н. П. Проничев.

2. Патент Российской Федерации 2263446 RU МПК А01J7/04. Устройство для массажа вымени животных/ заявлено: 07.06.2004/ опубликовано: 10.11.2005 Бюл. № 31/ Н. Н. Курзин, И. А. Потапенко, М. В. Лепетухин,

Д. Н. Курзин, А. С. Чесовский, Д. В. Военцов.

3. Патент на полезную модель Российской Федерации 58291 RU МПК А01J5/06, А01J5/08. Сосковая трубка доильного стакана / заявлено: 13.07.2004/ опубликовано: 27.11.2006 Бюл. № 33 / С. И. Щукин, Н. П. Проничев.

4. Сударев, Н. П. / Ресурсосберегающие технологические приемы и способы повышения продуктивности молочного скота / докторская диссертация / 06. 02. 04 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства / п. Лесные Поляны Московской области.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ

С. И. Щукин, к.т.н., доцент кафедры «Механизация и электрификация животноводства», Тверская государственная сельскохозяйственная академия;

И. Е. Петров, аспирант кафедры «Механизация и электрификация животноводства», Тверская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация. Разработан доильный аппарат с независимым вакуумом, позволяющий улучшить режимы работы в подсосковой и межстенной камерах доильного аппарата.

Ключевые слова: вакуум, доильный аппарат, режимы работы, коллектор, пульсатор, обратный клапан, пенообразование.

EXPERIMENT MILKING DEVICE

S. I. Schukin, the candidate of technical sciences, the docent of the chair «Mechanization and electrification of animal industries», the Tver state agricultural academy;

I. E. Petrov, the post-graduate student of the chair «Mechanization and electrification of animal industries», The Tver state agricultural academy

Annotation: The milking device with the independent vacuum is developed, allowing improving modes of operation in suction and interwall chambers of the milking device.

Keywords: vacuum, the milking device, modes of operation, a collector, a pulsator, the return valve, foaming.

Настоящее молочное животноводство остро нуждается в создании современного высокопроизводительного и безопасного для животных доильного аппарата.

В существующих серийных доильных аппаратах вскрываются новые проблемы как в устройстве, так и в работе.

Одну из таких проблем мы хотим решить. Она связана с обратным оттоком молока при такте сжатия – «аэрозольный» эффект. Он очень опасен тем, что возникает заболевание соска – мастит.

На кафедре «Механизации и электрификации животноводства» (МЭЖ) Тверской государственной сельскохозяйственной академии (ТГСХА) был разработан доильный аппарат с устройством (обратным клапаном).

Установка обратного клапана на выходе из верхней молокосорной камеры коллектора в отводном молочном шланге позволит исключить обратный отток молока в коллектор и проникновение в него вакуума, что, в свою очередь, исключит проникновение вакуума в подсосковую камеру, являющегося причиной постоянной ударной нагрузки на сосок и попадания в него вакуума, негативно отражающихся на здоровье животных.

Кроме того, исключение обратного оттока молока в коллектор значительно снизит пенообразование, облегчит транспортировку молока по молокопроводу и его учет. Конструкция обратного клапана проста и позволит надежно перекрыть молокопровод, чтобы исключить обратный отток молока в молокосборную камеру. Конструкция верхней камеры предусматривает такое взаимное расположение входных патрубков, по которым молоко поступает в верхнюю камеру, и патрубка, расположенного по оси симметрии коллектора, посредством которого нижняя камера сообщается с верхней, при котором удар струи молока об основание верхней камеры наиболее «мягкий», не вызывающий повышенного пенообразования. Расположение точки пересечения оси симметрии каждого входного патрубка верхней молокосборной камеры с её основанием и угол наклона оси к основанию верхней молокосборной камеры, составляющий 45° , определены империческим путем.

На рисунках 1 и 2 изображены соответственно доильный аппарат (рис.1) и обратный клапан (рис.2) /2,3/.

Доильный аппарат (рис.1) включает двухкамерные доильные стаканы 1, коллектор 2, состоящий из молокосборной камеры 3 и камеры переменного вакуума 4, разделенных мембраной 5. Молокосборная камера 3 выполнена в виде двух расположенных одна над другой камер: верхней 6 и нижней 7, сообщающихся между собой посредством патрубка 8. Патрубок 8 установлен в верхней камере 6 молокосборной камеры 3 по оси симметрии коллектора 2. В верхней камере 6 имеются патрубки: входные 9 и отводной 10, на которых установлены соответственно соединительные шланги 11 и отводной молочный шланг 12 с обратным клапаном 13 на его входе. Точка пересечения 14 оси симметрии 15 каждого входного патрубка 9 верхней 6 молокосборной камеры с ее основанием 16 находится на

линии пересечения патрубка 8 с основанием 16 верхней 6
 молокосборной камеры.

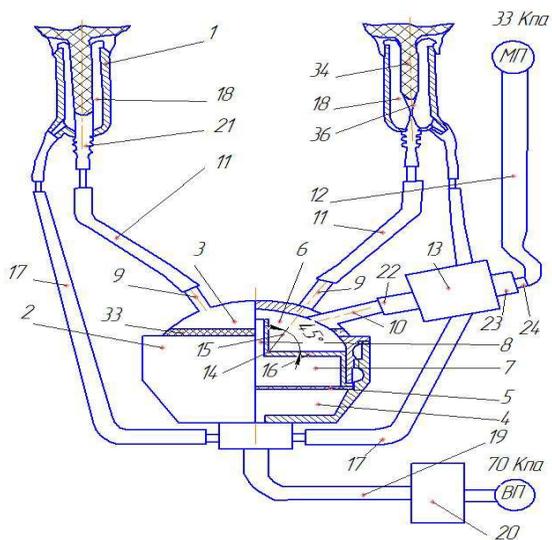


Рис. 1. Доильный аппарат

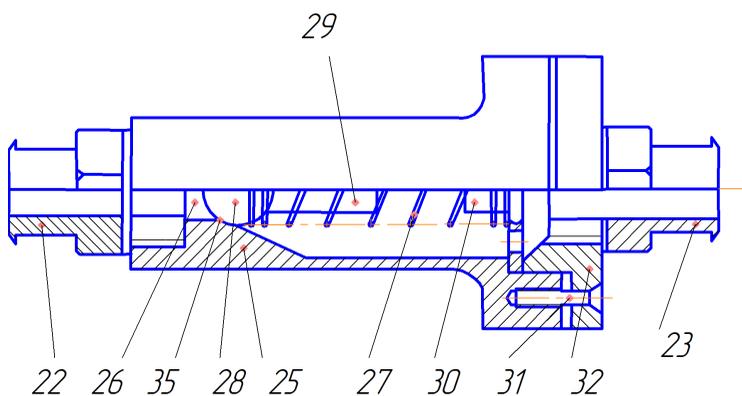


Рис. 2. Обратный клапан

Камера переменного вакуума 4 посредством соединительных шлангов 17 сообщается с межстенными камерами 18 доильных стаканов 1 и через магистральный вакуумный шланг 19 – с пульсатором 20. Верхняя камера 6 молокоборной камеры 3 через соединительные шланги 11 сообщается с подсосковыми камерами 21 доильных стаканов 1 и с отводным молочным шлангом 12 через обратный клапан 13, смонтированный посредством штуцеров 22 и 23 на отводном патрубке 10 верхней 6 молокоборной камеры коллектора 2 и на входном патрубке 24 отводного молочного шланга 12 соответственно. Обратный клапан 13 содержит корпус 25, в котором по оси его симметрии со стороны входной полости 26 последовательно установлены подпружиненный пружиной 27 затвор в виде шарика 28 с хвостовиком 29 и рассекатель 30. Одним концом пружина 27 жестко соединена с шариком 28, а другим – с рассекателем 30. Со стороны рассекателя 30 на корпусе 25 посредством винтов 31 установлена крышка 32, на которой закреплен рассекатель 30 и штуцер 23, а со стороны входной полости 26 посредством резьбового соединения – другой такой же штуцер 22, при этом по всей длине корпуса 25, крышки 32 и штуцеров 22 и 23 выполнено сквозное осевое отверстие переменного диаметра. Для визуального наблюдения и контроля за процессом наполнения молокоборной камеры 3 молоком, а также за процессом промывания доильного аппарата служит окно 33.

Доильный аппарат работает следующим образом.

При такте сосания из вакуумной системы доильного аппарата посредством пульсатора 20 через магистральный вакуумный шланг 19, камеру переменного вакуума 4 и соединительный шланг 17 в межстенную камеру 18 доильного стакана 1 подается вакуум высокий (70 кПа). Сосок 34 коровы вытягивается, открывается сфинктер, и молоко из вымени животного через сосок 34 заполняет подсосковую

камеру 21 доильного стакана 1 и далее по соединительному шлангу 11 попадает в верхнюю камеру 6 молокосборной камеры 3, откуда через отводной молочный шланг 12 и встроенный в него обратный клапан 13 в емкость для сбора молока (не показано). Благодаря конструкции верхней 6 молокосборной камеры, предусматривающей относительно взаимное расположение входных патрубков 9 и патрубка 8, молоко «мягко» наполняет камеру 6 без значимого пенообразования. Мембрана 5 при этом прогнута вниз, объем нижней камеры 7 молокосборной камеры 3 увеличивается, за счет чего вакуумметрическое давление в камере 7 увеличивается, в верхней же камере 6, наоборот, за счет наполнившего её молока вакуумметрическое давление уменьшается. Благодаря тому, что обе камеры 6 и 7 сообщаются между собой посредством патрубка 8, давление в них выравнивается, и молоко, не наполнившись пузырьками воздуха, без воздушных пузырьков и пены под воздействием вакуума направляется через обратный клапан 13 в отводной молочный шланг 12 и далее в молокопровод (МП) /1,3/.

При такте сосания обратный клапан под действием вакуума открыт, и молоко через штуцер 22 поступает во входную полость 26 корпуса 25 обратного клапана, далее через рассекатель 30 и штуцер 24 – в молочный шланг 12. После завершения такта сосания пружина 27 обратного клапана возвращает шарик 28 с хвостовиком 29 в устойчивое исходное положение, когда шарик 28 прижат к седлу 35, перекрывая молочный шланг 12 и тем самым предотвращая отток молока обратно в коллектор 2 и проникновение в него вакуума. Благодаря данному обстоятельству стабилизируется величина вакуумметрического давления в подсосковой камере 21 доильного стакана 1, что способствует смягчению работы сосковой резины, предотвращая возникновение «аэрозольного» эффекта, и снижается пе-

нообразование в молокоборной камере 3 коллектора 2, облегчающее транспортирование молока по отводному молочному шлангу 12 в молокопровод и к емкостям для приема молока и учет надоев.

При такте сжатия из магистрального вакуумного шланга 19 в камеру переменного вакуума 4 поступает атмосферный воздух, который по соединительному шлангу 11 поступает в межстенную камеру 18 доильного стакана 1. Мембрана 5 поднимается вверх, снижая вакуумметрическое давление, и благодаря тому, что камеры 6 и 7 сообщаются, снижается вакуумметрическое давление и в камере 6 молокоборной камеры 3. Одновременно сосковая резина 36 сжимается, вакуумметрическое давление в подсосковом пространстве снижается, то есть выравнивается давление в подсосковой камере 14 и молокоборной камере 3, что предотвращает удар по соску 34. Одновременно пружина 27 обратного клапана прижимает шарик 28 к седлу 35, предотвращая отток молока обратно в коллектор 2 и проникновение в него вакуума и ударное воздействие на сосок 34. Все это надежно стабилизирует величину вакуумметрического давления в подсосковой камере 21 доильного стакана 1.

Благодаря установке обратного клапана и учитывая направленное движение струи молока в верхнюю молокоборную камеру по траектории, когда имеет место «мягкое» наполнение камеры молоком, предполагается снизить пенообразование молока в процессе доения на 95%, что значительно облегчит транспортирование и учет молока.

Пока это научное предположение, результаты и выводы нами будут получены только после проведения лабораторных испытаний. Лабораторные испытания намечаются, и результаты будут опубликованы в следующих научных трудах.

Список литературы

1. Патент на полезную модель Российской Федерации 90293 RU МПК А01J5/04. Доильный аппарат/ заявлено:13.08.2009/ опубликовано: 10.01.10 Бюл. № 1./ В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, В. Н. Легеза. Стр. 1...2.
2. Кирсанов, В. В. Направление исследований в совершенствование работы доильных аппаратов/ В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, В. Н. Легеза, – Сельскохозяйственные машины и технологии, № 1, 2010. Стр. 5...4.
3. Кирсанов, В. В. Доильный аппарат с независимым вакуумом/ В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, – Труды 14 Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, Углич-2008. Стр. 25...30.

О ПРИЕМЕ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА ОТ ДИНАМИЧЕСКОГО НЕЛИНЕЙНОГО РАССЕИВАТЕЛЯ НА ФОНЕ ПОМЕХ ОТ ДРУГИХ НЕЛИНЕЙНЫХ РАССЕИВАТЕЛЕЙ

Н. Ю. Бабанов, к.т.н., профессор кафедры «Организация и менеджмент», НГИЭИ

Аннотация. Рассмотрен один из методов неразрушающего контроля при технической диагностике. Это использование эффекта нелинейного рассеяния радиоволн для получения информации о процессах в функционирующих радиоэлектронных приборах.

Ключевые слова: рассеиватель, помехи, частота, гармоника.

ABOUT RECEPTION OF THE USEFUL SIGNAL FROM DYNAMIC NONLINEAR SCATTER ON THE BACKGROUND OF BARRIERS FROM OTHERS NONLINEAR SCATTERS

N. Y. Babanov, the candidate of technical sciences, the professor of the chair «Organization and management», NGIEI

Annotation. One of methods of not destroying control over technical diagnostics is considered. This use of effect of nonlinear dispersion of radiowaves for reception of the information on processes in functioning radio-electronic devices.

Keywords: scatter, barriers, frequency, a harmonic.

Одним из методов неразрушающего контроля при технической диагностике, является использование эффекта нелинейного рассеяния радиоволн [1, 3] для получения информации о процессах в функционирующих радиоэлектронных приборах.

Метод заключается в облучении объекта исследования непрерывным или импульсным облучающим сигналом (ОС) и приеме от данного объекта в качестве полезного информационного сигнала одной или нескольких спектральных составляющих рассеянного сигнала (РС), появляющихся на частотах гармоник или комбинационных нелинейных продуктов ОС. Обработка данных спектральных составляющих, заключающаяся в основном в применении того или иного вида демодуляции, позволяет сформировать определенное мнение об одном или нескольких параметрах функционирования исследуемого радиоэлектронного прибора.

Объекты, обладающие свойством рассеивать сигнала-

лы на частотах нелинейных продуктов ОС, получили название нелинейных рассеивателей (НР) [1,4]. Оборудование, для данного вида диагностики будем называть установками нелинейной диагностики (УНД).

С точки зрения классификации нелинейных рассеивателей [1,4] объектом исследования является сложный НР, включающий в себя несколько нелинейных элементов, соединенных линейными цепями (проводники, резисторы, емкости индуктивности, элементы корпуса). При этом простым НР в [1,4] назван объект, состоящий из одного нелинейного элемента, нагруженного на антенную часть, в качестве которой может выступать любая линейная цепь. Такой подход позволяет считать сложный НР совокупностью простых НР [1,4]. В той же классификации все НР разделяются на динамические нелинейные рассеиватели (ДНР), для которых при постоянном уровне ОС уровень РС на частотах гармоник ОС изменяется во времени, и стабильные НР – для которых такое изменение не наблюдается [1].

Возвращаясь к задаче неразрушающего контроля, отметим, что при дистанционной технической диагностике реальной аппаратуры облучению должны подвергаться все электронные узлы и платы изделия. Если зондируемая аппаратура работающая, то нелинейное рассеяние будет наблюдаться в общем случае от всех НР, образованных ее нелинейными элементами и линейными цепями. Некоторые из данных НР будут вести себя как стабильные НР, некоторые – как ДНР. При этом с точки зрения технической диагностики нас будет интересовать только один ДНР, процессы в котором и являются нужной диагностической информацией.

Таким образом, задачу выделения полезного информационного сигнала от интересующей нас электронной платы (или блока) на фоне нелинейного рассеяния от других плат или блоков, сводится к задаче выделения полез-

ной спектральной составляющей из РС от информационного ДНР на фоне помех от мешающих динамических и стабильных НР. Эта спектральная составляющая или группа спектральных составляющих находятся вблизи соответствующей гармонике ОС. При этом рядом могут находиться другие спектральные составляющие РС, соответствующие процессам, происходящим в других ДНР и не содержащие полезной информации.

Аналогичная задача возникает при использовании ДНР в качестве датчиков среды, конструкция которых содержит определенный элемент, чувствительный к измеряемому параметру или параметрам среды. В зависимости от конструкции датчика и принципа передачи информации возможно, что информационным параметром будет либо уровень нелинейного рассеяния, либо какая-то временная характеристика, например длительность импульса, рассеянного на частоте нелинейного продукта ОС, либо спектральная характеристика, например частота автогенератора, в цепи которого находится указанный чувствительный нелинейный элемент. Заметим, что в условиях, когда коэффициент распространения на пути НР – приемная антенна установки нелинейного зондирования не известен, в преимущественном положении оказывается использование характеристик, изменяющихся со временем, так как на их основе возможно применение косвенных методов измерений, не требующих знания величины указанного коэффициента распространения.

Если в зоне облучения помимо нелинейного датчика окажется работающая или выключенная радиоэлектронная аппаратура или оборудование, на процесс измерения окажут свое воздействие содержащиеся в ней помеховые НР, которые могут оказаться как стабильными НР, так и ДНР. В результате возникает задача выделения РС на частоте рабочего нелинейного продукта от полезного ДНР

на фоне нелинейного рассеяния от помеховых НР. Принципиальным отличием данной задачи от случая технической диагностики является то, что параметры работы, конструкция, а во многих случаях и расположение нелинейного датчика – ДНР известно априори, в то время как указанные параметры полезного ДНР при технической диагностике часто не известны.

Следует отметить, что указанной проблематике посвящен ряд работ, в частности в [5] показано, что могут быть применены методы приема слабомодулированного сигнала, основанные на частотной селекции. Действительно задача устранения помехового влияния стабильных НР сводится к задаче фильтрации РС на определенной спектральной составляющей вблизи гармоники ОС или компенсации спектральной составляющей на частоте гармоники или комбинационного нелинейного продукта ОС. Те же методы могут быть применены в случае, если помеховым является ДНР, но спектральные составляющие его РС не перекрываются со спектральными составляющими, принадлежащими полезному ДНР.

По нашему мнению, для случая, когда помеховыми является ДНР, при этом спектральные компоненты его нелинейного рассеяния совпадают или в значительной степени перекрываются со спектральными компонентами нелинейного рассеяния от полезного ДНР, применение методов частотной фильтрации и компенсации может быть дополнено методами пространственной и поляризационной селекции. Однако применение указанных методов должно быть основано на изучении пространственных и поляризационных свойств ДНР, которые могут быть выполнены на основе феноменологической модели ДНР.

Феноменологическая модель динамического нелинейного рассеивателя.

Процесс нелинейной диагностики схематично про-

иллюстрирован на рис. 1.

Элементы 8 ÷ 12 на рис. 1 соответствуют элементам феноменологической модели ДНР, которую предлагается формировать аналогично случаю стабильных НР [6].

Феноменологическая модель последовательно рассматривает процессы, происходящие в НР, при этом каждому процессу соответствует определенный ее элемент.

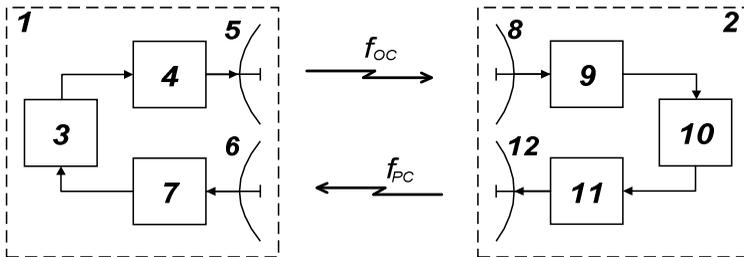


Рис. 1. Процесс нелинейной диагностики:

1 – установка нелинейной диагностики (УНД); 2 – динамический нелинейный рассеиватель (ДНР); 3 – блок управления и анализа; 4 – генератор излучаемого сигнала; 5 – излучающая антенна (ИА); 6 – приемная антенна (ПА); 7 – приемник; 8 – облучаемая антенна (ОА) – антенна ДНР, принимающая облучающий сигнал; 10 – нелинейный элемент (НЭ); 9 – тракт облучающего сигнала ОА – НЭ; 12 – рассеивающая антенна (РА) – антенна ДНР, излучающая рассеянный сигнал, 11 – тракт рассеиваемого сигнала НЭ-РА

При облучении ДНР облучающий сигнал принимается линейной частью ДНР, которая образует некоторую облучаемую антенну (ОА) – 8, то есть выполняет функцию антенны ДНР, принимающей ОС. Далее ОС должен канализоваться по некоторому эквивалентному тракту облучающего сигнала – 9 к нелинейному элементу – 10. На нелинейном элементе (НЭ) – 10 происходит нелинейное преобразование ОС, в результате которого вблизи гармо-

ник ОС появляются новые спектральные составляющие, являющиеся результатом нелинейного взаимодействия ОС и токов, протекающих через нелинейный элемент. Одна из данных спектральных составляющих содержит информацию об интересующем процессе и в этом смысле является информационной. Эта информационная спектральная канализируется по собственному тракту – 11 рассеиваемого сигнала к рассеивающей антенне (РА) – 12, где излучается в пространство.

Данная модель отражает то, что нелинейное преобразование происходит на сосредоточенном НЭ, который «принимает» ОС и «генерирует» информационную спектральную составляющую около одной из гармоник ОС. Линейная часть ДНР является некоторой линейной средой, по которой происходит распространение ОС и информационной части РС, причем путь каждого из них определяется его частотой. Поэтому амплитудные свойства ДНР будут определяться свойствами НЭ и режимом, в котором он находится. Этот режим, в свою очередь, зависит как от внутренних свойств НЭ (смещение, величина протекающих информационных токов, накопление заряда, режим по постоянному току и т.п.), так и от внешних, (согласования НЭ с линейной частью). Согласование линейной части и НЭ зависит от напряжения ОС на НЭ и частоты ОС $f_{ОС}$. Из представленного краткого описания феноменологической модели следует, что, процессы взаимодействия ДНР с ОС и процесс излучения РС сосредоточены в элементах 8 – ОС и 12 – РА. То есть пространственные и поляризационные свойства простого динамического нелинейного рассеивателя будут определяться пространственными диаграммами направленности и поляризационными параметрами ОА – 8 и РА – 12.

Принципиальным отличием ДНР от стабильного НР является то, что РС от него нестабилен, то есть один или

несколько параметров РС изменяются во времени, в результате РС является модулированным колебанием.

В данной модуляции будут участвовать три процесса:

- 1) изменение согласования приемной антенны ОС и НЭ;
- 2) изменение согласования НЭ с антенной, излучающей РС;
- 3) изменение параметров НЭ. Аналогичные процессы протекают и СВЧ модуляторах, что позволяет воспользоваться их теорией.

Заметим, что при исследовании ДНР, в задачах технической диагностики при неразрушающем контроле [2,5], как правило стоит задача выделения внутреннего закона изменения параметров НЭ из РС на частоте одной из гармоник, для ДНР – датчиков среды возможно использование всех трех механизмов. Так как НЭ у ДНР – это радиоэлектронные компоненты, то в качестве информационного сигнала следует использовать спектральные составляющие РС в области второй гармоники ОС.

Для анализа необходимо расширить понятие амплитудной характеристики НР, введенное в [4], как зависимость, измененной на расстоянии 1 м от НР, интенсивности волны сигнала, рассеянного на определенной гармонике ОС, от интенсивности волны ОС, падающей на НР. В откорректированном определении будем считать обобщенной амплитудной характеристикой зависимость интенсивности волны информационной спектральной компоненты рассеянного сигнала P_{PC-} , измененной на расстоянии 1 м от НР, от интенсивности волны облучающего сигнала P_{OC} , падающей на НР.

$$P_{PC-} = f_{-}(P_{OC}), \quad (1)$$

Заметим, что данная формулировка применима для всех пассивных нелинейных ответчиков, кроме НР, это па-

раметрические (субгармонические) [1] НР и транспондеры [8].

Обобщенная амплитудная характеристика ОАХ измеряется при определенном положении ДНР. Аналогично случаю стабильного НР [6] формулировка ОАХ позволяет связать параметры, описывающие свойства как амплитудные (энергетические) свойства ДНР, описываемые ОАХ, так и пространственно-поляризационные свойства ДНР, описываемые нормированными поляризационными диаграммами и нормированными диаграммами направленности. Данные характеристики имеют конкретный физический смысл и могут быть, как вычислены теоретически на основе методов теории линейных антенн, так и непосредственно измерены на специализированной УНД.

Покажем это на примере поляризационных диаграмм. Пусть ОС линейно поляризован. Будем считать, что ОАХ изменена при определенных углах плоскостей поляризации антенн установка нелинейной диагностики (УНД, для излучающей антенны (ИА) – $\theta_{ОС0}$, для приемной антенны (ПА) – $\theta_{ПС0}$. Соответственно (1) можно переписать как:

$$P(\theta_{ПС0})_{РС-} = f_{-}(P_{ОС}, \theta_{ОС0}), \quad (2)$$

$\theta_{ОС0}$, $\theta_{ПС0}$ удобно использовать как начало отсчета при изменении уровня нелинейного рассеяния на соответствующей спектральной составляющей РС и запулить.

Изменим плоскость поляризации ОС на некоторый угол $\theta_{ОС}^*$. Чтобы мощность полезного принимаемого сигнала $P_{РС-}$ осталась неизменной, необходимо мощность ОС изменить на величину $K_{ОС}^* = K_{ОС}(\theta_{ОС}^*)$. Полученная таким образом зависимость $K_{ОС}(\theta_{ОС})$ является нормированной поляризационной диаграммой облучаемой антенны ДНР, принимающей ОС.

Нормированная поляризационная диаграмма рассеивающей антенны ДНР, излучающая РС, определится как нормированная поляризационная диаграмма, измеренная путем вращения плоскости поляризации приемной антенны УНД при произвольных фиксированных значениях θ_{OC} и θ_{PC} :

$$K_{PC}(\theta_{PC}) = P_{PC-}(\theta_{PC}) : P_{PC-}(\theta_{PC0}).$$

Таким образом, обобщенная амплитудная характеристика ДНР при изменении плоскостей поляризации УНД для ИА на угол θ_{OC} и для ПА на угол θ_{PC} может быть записана как:

$$P_{PC-}(\theta_{OC}, \theta_{PC}) = K_{PC}(\theta_{PC}) f_{-}(K_{OC}(\theta_{OC}) P_{OC}),$$

где θ_{OC} , θ_{PC} – углы отклонения плоскостей поляризаций антенн УНД от положения, при котором была измерена ОАХ.

Аналогичная процедура может быть проделана для изменения углов зондирования и приема φ_{OC} , φ_{PC} .

Аналогично могут быть введены нормированные диаграммы антенн ДНР по приему (ОС) и передаче (РС): $K_{OC}(\varphi_{OC})$, $K_{PC}(\varphi_{PC})$.

Соответственно изменение и поляризации и углов визирования можно характеризовать как:

$$P_{PC-}(\theta_{OC}, \varphi_{OC}, \theta_{PC}, \varphi_{PC}) = K_{PC}(\varphi_{PC}) f_{-}(K_{OC}(\theta_{OC}, \varphi_{OC}, P_{OC})), (3)$$

Естественно, что при зондировании с одного направления $\varphi_{OC} = \varphi_{PC}$.

Введение нормированных поляризационных диаграмм и диаграмм направленности антенн ДНР ничем не отличается от аналогичных характеристик линейных антенн. Это обстоятельство позволяет использовать для расчетов данных характеристик теорию линейных антенн и использовать свойства линейных антенн при анализе

свойств ДНР.

В частности, из выражения (1) следует, что:

1. Существуют наилучшие поляризации и направления облучения антенн УНД соответствующие наибольшему уровню РС при наименьшем уровне ОС. Эти поляризации и направления облучения соответствуют главным поляризациям и максимумам диаграмм направленности ОА и РА исследуемого ДНР.

2. Всегда есть поляризация ОС, при которой РС отсутствует, соответствующая поляризации нулевого сигнала ОА исследуемого ДНР.

3. Всегда есть поляризация ПА, при которой РС не фиксируется, соответствующая поляризации нулевого сигнала РА исследуемого ДНР.

4. Изменение поляризаций антенн УНД, направлений облучения ОС и приема РС, пространственного положения простого ДНР сказывается как преобразования масштаба ОАХ и не приводит к изменению ее качественного вида.

Если известны условия распространения, дальность и коэффициенты усиления антенн УНД, легко преобразовать ОАХ в уравнение, связывающее мощность ОС P_{OC} и мощность принимаемого полезного сигнала P_{PC} аналогично [6].

Применение пространственной и поляризационной селекции при выделении сигнала от полезного ДНР на фоне сигналов от помеховых ДНР.

Как уже отмечалось при постановке задачи, необходимо выделение полезного РС от полезного ДНР на фоне не только сильной постоянной спектральной составляющей на частоте второй гармоники ОС, но и мешающих переменных составляющих от помеховых ДНР. Моделью такого сложного динамического нелинейного рассеивателя будет совокупность из нескольких простых ДНР, у кото-

рых разные параметры антенн и нелинейных элементов, в которых протекают разные переменные токи.

Рассмотрим задачу выделения переменного полезного сигнала из РС сложного ДНР.

1. Пусть сложный ДНР состоит из 2-х простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР, второй ДНР является помеховым. Задача устранения в РС помеховой спектральной компоненты от мешающего ДНР может быть решена на УНД подбором поляризации ИА или ПА. При этом существенен уровень априорных знаний об полезном и помеховом ДНР.

1.1. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн помехового и полезного ДНР известны.

Решение данной задачи очевидно. Для полного исключения влияния помехового ДНР поляризация приемной или передающей антенн УНД должна быть ортогональна поляризации соответствующей антенны помехового ДНР. Поляризация второй антенны УНД должна совпадать с поляризацией соответствующей антенны полезного ДНР. Из двух разных вариантов при измерениях необходимо выбрать наиболее эффективный с точки зрения величины принимаемого сигнала.

1.2. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного ДНР известны, а помехового ДНР нет.

Для данного случая возможно экспериментальное определение пространственно-поляризационных параметров антенны помехового ДНР, после чего задача сводится к предыдущей. Методика измерения заключается в предварительном исключении влияния полезного ДНР и измерении параметров помехового ДНР. Первоначально устанавливают поляризацию излучаемого сигнала ортогональной к поляризации ОА у полезного ДНР. Затем определя-

ют параметры поляризации РА помехового ДНР. В простейшем случае линейной поляризации такое определение сводится к изменению поляризационной диаграммы.

Затем поляризация приемной антенны УНД устанавливается ортогональной к поляризации РА полезного ДНР и исследуются поляризационные параметры ОА помехового ДНР. Собственно говоря, в обоих случаях изменения сводятся к определению нулевых поляризаций ОА и РА у помехового ДНР.

1.3. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн помехового ДНР известны, а полезного ДНР нет.

Очевидно, что для данного случая – действия аналогичны описанным в п. 1.2, за исключением того, что целью изменений является определение главных поляризаций ОА и РА полезного ДНР.

1.4. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного и помехового ДНР не известны.

В этом случае возникает задача анализа поляризационных параметров системы из полезного и помехового ДНР. Для этого необходимо исследовать поляризационный и спектральный состав РС при обзоре всех возможных поляризаций ИС. Другими словами, поляризационная модуляция ИС должна быть такой, чтобы, годограф ИС (вектор, характеризующий поляризацию ИС на сфере Пуанкаре) должен прочертить траекторию на этой сфере, последовательно проходящую все точки ее поверхности [7]. Наиболее просто реализовать такую поляризационную модуляцию ИС при помощи двухканальной турникетной излучающей антенны УНД, представляющей собой два линейных излучателя с собственными ортогональными поляризациями. Если на ортогональные излучатели такой ИА подать два синфазных балансно-модулированных колебания,

модулирующие сигналы которых находятся в квадратурах:

$$1) \cos \Omega t \cdot \cos \omega t ;$$

$$2) \sin \Omega t \cdot \cos \omega t ; \Omega \ll \omega,$$

то ИС будет представлять собой линейно-поляризованный гармонический сигнал с частотой ω плоскость поляризации которого вращается по окружности с частотой Ω . Если на излучатели будут подаваться не синфазные колебания, то ИС будет эллиптически-поляризованным. Если разность фаз несущих первого и второго колебаний будет меняться во времени, то наряду с вращением плоскости поляризации будет меняться и коэффициент эллиптичности ИС.

Пусть фаза одной из компонент меняется по пилообразному периодическому закону в пределах 2π и со скоростью γ ; тогда колебания, подаваемые на линейные излучатели с собственными ортогональными поляризациями ИА можно записать как:

$$1) \cos \Omega t \cdot \cos \omega t ; \quad (4)$$

$$2) \sin \Omega t \cdot \cos (\omega t + \gamma) ;$$

$$2\pi/\gamma \ll \Omega \ll \omega$$

Структурная схема УНД излучающей ИС вида (4) может иметь вид, представленный на рис.2, где 1 – блок управления и анализа; 2 – формирователь сигналов, 3 и 4 – балансные модуляторы (балансно-модулированных колебаний), 5 – фазовый модулятор, 6 и 7 – усилители, 8 – турникетная излучающая антенна, 9 – ДНР, 10 – турникетная приемная антенна, 11 и 12 – приемники.

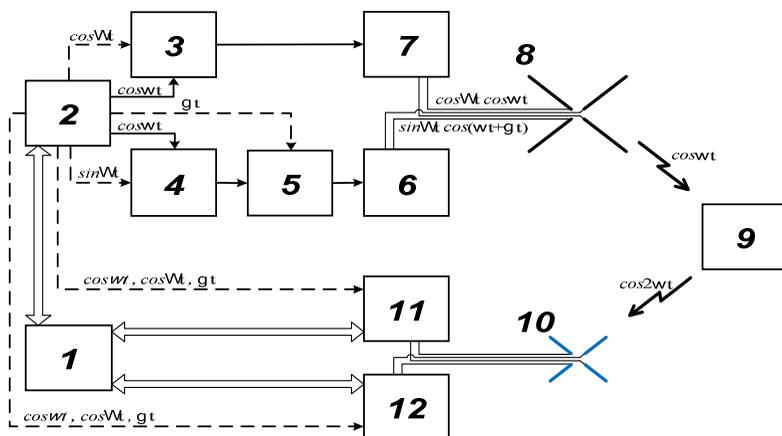


Рис.2. Структурная схема УНД с изучением поляризационно-модулированного сигнала.

Анализ ПС предполагает поиск поляризации приемной антенны, то есть коэффициентов усиления приемных каналов, образованных приемниками 11 и 12 и разности фаз ортогональных поляризационных компонент в ПС от антенны 10, максимизирующих соотношение сигнал / помеха для каждой из возможных поляризаций ИС.

2. Пусть сложный ДНР состоит из 3-х простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР.

2.1. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн помеховых ДНР известны. Задача устранения в РС помеховых спектральных компонент от 1-го и 2-го мешающих ДНР может быть решена подбором поляризации ОС (для устранения РС от первого мешающего ДНР) и поляризации приемной антенны УНД (для исключения приема РС от второго мешающего ДНР).

2.2. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного ДНР известны, а помеховых ДНР нет.

В этом случае имеется возможность исследовать поляризационные параметры поля нелинейного рассеяния от помеховых ДНР. Полезный ЛУН исключается при данных исследованиях аналогично предыдущему случаю за счет предварительной установки или приемной антенны УНД или передающей антенны УНД с поляризацией, ортогональной соответствующей поляризации антенны полезного УНД. В результате может быть установлена поляризация наиболее благоприятная для анализа полезного ДНЗ.

2.3. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного ДНР и помеховых ДНР неизвестны. В этом случае необходим полный анализ РС при всех возможных поляризациях ИС, который может быть выполнен на УНД, представленной на рис. 2.

3. Пусть сложный ДНР состоит из 4-х простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР.

В случае полной априорной определенности положения антенн помеховых и полезного ДНР задача исключения влияния помеховых ДНР может быть решена за счет подбора направления облучения и поляризации ОС и приемной антенны УНД. В этом случае необходимо выбрать направление зондирования так, чтобы оно совпадало с нулем диаграммы приемной или излучающей антенн одного из помеховых ДНР. После этого задача устранения в РС помеховых спектральных компонент от 2-го и 3-го мешающих ДНР может быть решена подбором поляризации ОС и поляризации приемной антенны УНД.

В противном случае необходим анализ помеховой ситуации при помощи УНЗ, представленной на рис.2.

4. Пусть сложный ДНР состоит из N ($N > 4$) простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР.

В этом случае мешающую спектральную компоненту полностью устранить невозможно. РС от такого ДНР может быть записан как:

$$P_{PC} = K_{PC1}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-1}(K_{OC1}(\theta_{OC}, \varphi, P_{OC})) + \sum_{i=2}^N B_i K_{PCi}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-i}(K_{OCi}(\theta_{OC}, \varphi, P_{OC})),$$

где B_i – коэффициент подавления мешающей переменной составляющей фильтром, выделяющим полезную переменную составляющую (соответственно считаем, что $B_1 = 1$).

Сигнал на входе приемника УНД можно записать как:

$$P_{PC} = C_{PC} K_{PC1}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-1}(K_{OC1}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC})) + n \sum_{i=2}^N C_{PC} B_i K_{PCi}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-i}(K_{OCi}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC})),$$

где СПС, СОС – коэффициенты, связывающие РПС ~ с ПРС~ и РОС с ПОС, n – мощность собственных шумов приемника УНД. Задача выделения полезной компоненты из (3) сводится к нахождению максимума отношения полезный сигнал/ помеха + шум приемника при варьировании направления облучения, поляризаций излучающей и приемной антенн УНД, например, при помощи УНД, представленной на рис. 2.

Максимум может быть найден при известных коэффициентах, заданных видах обобщенной амплитудной характеристики и диаграмм антенн ДНР.

$$\text{MAX} \quad \frac{C_{PC} K_{PC1}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-1}(K_{OC1}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC}))}{n + \sum_{i=2}^N C_{PC} B_i K_{PCi}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-i}(K_{OCi}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC}))} \quad \left| \quad \text{при } (P_{OC}, \theta_{PC}, \theta_{OC}, \varphi) \text{ var}$$

Таким образом, при выделении полезного сигнала из спектра РС от ДНР наряду с выбором частоты и фильтрацией полезного сигнала в приемнике УНД целесообразно использовать варьирование мощности зондирующего

сигнала, направления облучения и поляризаций облучающей и приемной антенн УНД.

Список литературы

1. Горбачев, А. А. Особенности зондирования электромагнитными волнами сред с нелинейными включениями // Радиотехника и электроника, 1996, №2.

2. Семенов, В. С. Использование эффекта нелинейного рассеяния радиоволн для контроля и диагностики / В. С. Семенов, Г. Н. Парватов, А. А. Попов, А. П. Рябцев. // Дефектоскопия, 1999, № 9, с. 85 – 94.

3. Петерсон, Харрис. Обнаружение дефектов пассивных компонентов с помощью измерения гармоник. «Электроника», 1966 г., т. 39, № 14, с. 22.

4. Горбачев, А. А. Амплитудные характеристики нелинейных рассеивателей / А. А. Горбачев, С. В. Ларцов, С. П. Тараканков, Е. П. Чигин / Радиотехника и электроника 1996, №5.

5. Горбачев, А. А. **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** / А. А. Горбачев, А. А. Потапов, С. П. Тараканков / «Нелинейный мир» № 5 – 6, 2004 г.

6. Бабанов, Н. Ю. О характеристиках, необходимых для описания пространственных свойств простых нелинейных рассеивателей / Н. Ю. Бабанов, С. В. Ларцов / Радиотехника, 2009г, № 5.

7. Канарейкин, Д. Б. [и др.]. Поляризация радиолокационных сигналов. М.: Сов. радио, 1966.

8. Стариков, О. Радиочастотная идентификация: технологии, системы, компоненты // Электронные компоненты. 2002. № 7. С. 103–105.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ЭЖЕКТОРЕ МАЛОГАБАРИТНОГО КОМБИКОРМОВОГО АГРЕГАТА

*С. Ю. Булатов, к.т.н., доцент кафедры «Механика
и сельскохозяйственные машины» НГИЭИ*

Аннотация. В настоящее время широкое распространение получили малогабаритные комбикормовые агрегаты и заводы, включающие в свой состав дробилки с пневмозабором. Однако не в полной мере используются заложенные в них технологические возможности. Предложенная нами конструкция эжектора позволяет повысить пропускную способность всего агрегата. В статье представлена конструктивно-технологическая схема и общий вид эжектора, описаны условия проведения эксперимента, представлены результаты проведенных однофакторных экспериментов эжектора.

Ключевые слова: комбикормовый агрегат, молотковая дробилка, эжектор, воздушный поток.

RESULTS OF RESEARCHES OF MOVEMENT OF AN AIR STREAM IN THE LOADING DEVICE SMALL- SIZED UNIT OF THE COMBINED FORAGE

*S. J. Bulatov, the senior lecturer of chair «Mechanics
and agricultural cars»*

Annotation. Now a wide circulation have received small-sized unit for preparation of a forage and the factories including in the structure of a crusher with a pneumofence. However the technological possibilities put in pawn in them are not to the full used. The design offered by us loading device allows

to raise throughput of all unit. In article the is constructive-technological scheme and a general view of loading device is presented, conditions of carrying out of experiment are described, results of the spent one-factorial experiments loading device are presented.

The keywords: the unit for preparation of a forage, the hammer mills, the loading device, the air stream.

В настоящее время значительным спросом среди сельхозпроизводителей пользуются малогабаритные комбикормовые заводы и агрегаты с пневмозабором фуражного зерна из буртов и насыпей. Однако не в полной мере используются заложенные в них технологические возможности, а система пневмозабора материала требует дальнейшего совершенствования.

Нами была предложена и разработана конструкция эжектора (рис. 1), позволяющего повысить пропускную способность дробилки [1].

Важной составляющей рабочего процесса эжектора является движение воздушного потока.

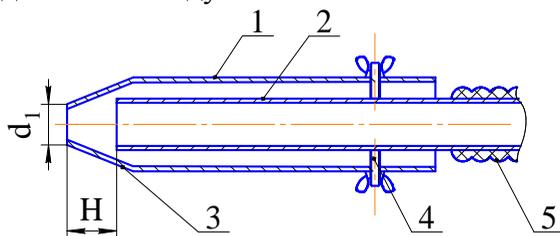


Рис. 1. Конструктивная схема экспериментального эжектора: 1 – внешняя труба; 2 – внутренний патрубок; 3 – диффузор; 4 – регулировочные болты; 5 – транспортный трубопровод

Для имитации работы эжектора в различном слое зерна и изучения движения воздуха в нем была создана лабораторная установка (рис. 2 и 3), состоящая из вертикального патрубка 1 с сеткой и двух пневмопроводов 2 и 5, между которыми устанавливали испытуемый эжектор. На стенке патрубка 1 была нанесена разметка через 100 мм. В вертикальный патрубок 1 засыпали зерно слоем 100 мм, 200 мм, 300 мм и 400 мм и определяли потери напора воздушного потока с помощью трубки Пито при различных значениях фактора H .

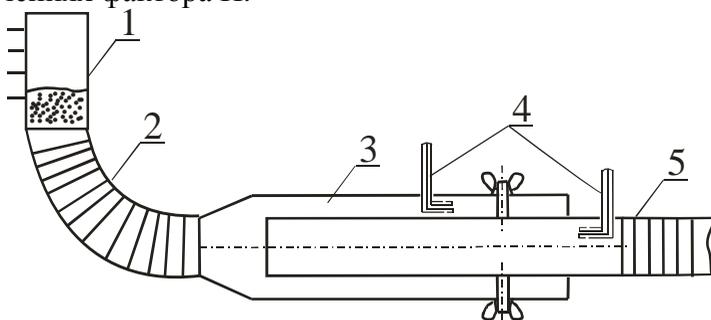


Рис. 2. Конструктивная схема лабораторной установки для испытания эжекторов: 1 – вертикальный патрубок; 2, 5 – пневмопровод; 3 – эжектор; 4 – трубка Пито



Рис. 3. Общий вид лабораторной установки для испытания эжекторов

После проведения опытов и обработки результатов были построены кривые, описывающие изменение коэффициента сопротивления зернового слоя в зависимости от скорости воздушного потока в зерновом слое (рис. 4). При увеличении скорости воздушного потока (что соответствовало уменьшению площади F входного кольцевого зазора) коэффициент сопротивления снижался по параболической зависимости и при максимальной скорости $v = 4,5 \text{ м/с}$ принимал минимальное значение $\xi = 0,93$.

При увеличении глубины зернового слоя со 100 мм до 300 мм коэффициент сопротивления увеличивался на 3...50 % во всем исследуемом диапазоне скорости воздушного потока. При увеличении глубины зернового слоя с 200 мм до 300 мм повышение коэффициента сопротивления составляет 1...30 %.

Результаты лабораторных испытаний по определению коэффициента сопротивления зернового слоя представлены в приложении 4.

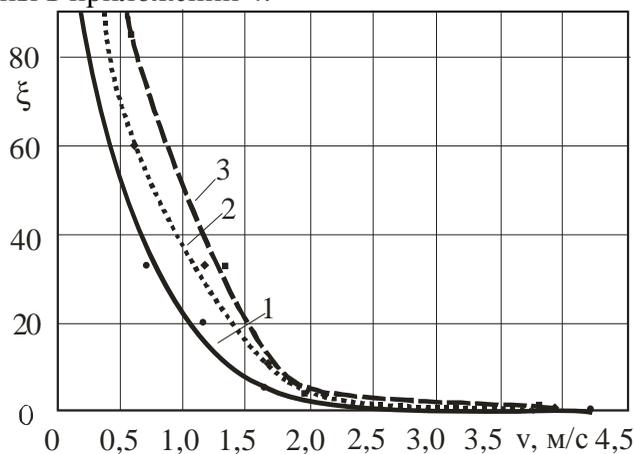


Рис. 4. Изменение коэффициента сопротивления зернового слоя при глубине:

1 – 100 мм; 2 – 200 мм; 3 – 300 мм.

ясняется взаимодействием двух пересекающихся воздушных потоков. Воздушный поток, движущийся в межстеночном кольцевом пространстве, менял направление движения на 180 градусов, в связи с чем возникало поджатие центральной струи, движущейся в прямом направлении от входного отверстия диффузора.

При увеличении площади входного кольцевого зазора наблюдалось выравнивание скорости воздушного потока по сечению внутреннего патрубка, что позволяет говорить о более равномерном заборе и подаче зернового материала в материалопровод.

При движении воздушного потока вдоль оси внутреннего патрубка происходило его выравнивание по всему сечению.

При погружении эжектора в зерновой слой сопротивление движению воздушного потока при малых площадях входного кольцевого зазора значительно возрастало, что сказывалось на распределении скорости потока по сечению внутреннего патрубка и приводило к снижению средней скорости воздушного потока. При увеличении площади F с $26 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$ до $78 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$ для случаев без зернового слоя и с зерновым слоем происходило выравнивание полей скоростей. Поэтому для более стабильной работы эжектора и более равномерной подачи материала площадь входного кольцевого зазора для эжектора с углом диффузора 30° должна быть не менее $26 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$.

Был определен коэффициент поджатия струи α для различных случаев движения воздушного потока, определяемый по выражению:

$$\alpha = \frac{d_{г.н}^2}{d_c^2},$$

где $d_{г.н}$ – диаметр внутреннего патрубка, м^2 ; d_c – диаметр струи в месте её наибольшего поджатия, м^2 .

При площади входного кольцевого зазора $26 \cdot 10^2$ мм² без зернового слоя (рис. 6, а) коэффициент поджатия струи α составлял 0,09, сечение наибольшего сужения потока находилось на расстоянии, равном $0,11d_{в.п.}$ от входной кромки внутреннего патрубка. Для случая б, б за счёт уменьшения скорости воздушного потока, проходящего через зерновой слой, коэффициент поджатия струи α уменьшался до 0,08, а сечение наибольшего сужения потока смещалось от кромки входного патрубка на расстояние, равное $0,13 d_{в.п.}$.

При увеличении площади входного кольцевого зазора с $26 \cdot 10^2$ мм² до $78 \cdot 10^2$ мм² (рис. 7, а, б) коэффициент поджатия струи α увеличивался до 0,12, сечение наибольшего сужения потока смещалось от кромки входного патрубка на расстояние, равное $0,22 d_{в.п.}$.

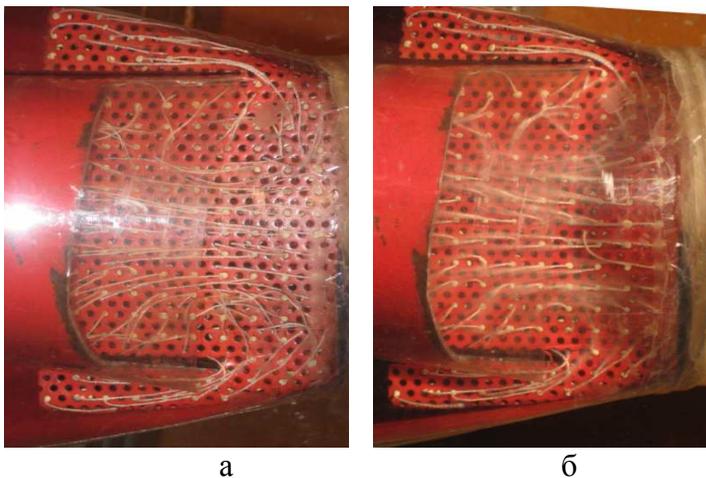


Рис. 6. Характер движения воздушного потока в экспериментальном эжекторе при площади входного кольцевого зазора $26 \cdot 10^2$ мм²: а – без зернового слоя; б – зерновой слой 300мм

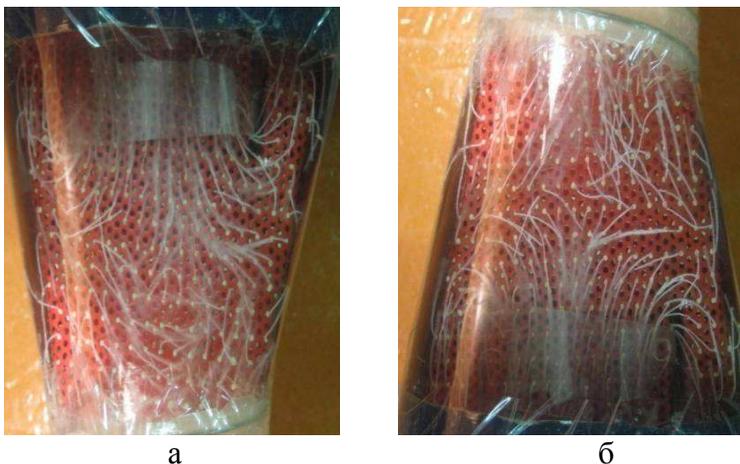


Рис. 7. Характер движения воздушного потока в экспериментальном эжекторе при площади входного кольцевого зазора $78 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$: а – без зернового слоя; б – зерновой слой 300мм

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что поджатие струи воздуха на входе во внутренний патрубок эжектора велико (коэффициент поджатия струи $\alpha=0,08...0,12$) и при увеличении входного кольцевого зазора уменьшается незначительно (с 0,08 до 0,12).

На основании результатов лабораторных исследований и используя аналитические зависимости [2], была рассчитана теоретическая пропускная способность дробилки Q_d при применении исследуемых вариантов эжекторов.

По рассчитанным данным были построены зависимости (рис. 8), описывающие изменение пропускной способности дробилки при коэффициенте концентрации $\kappa = 3$.

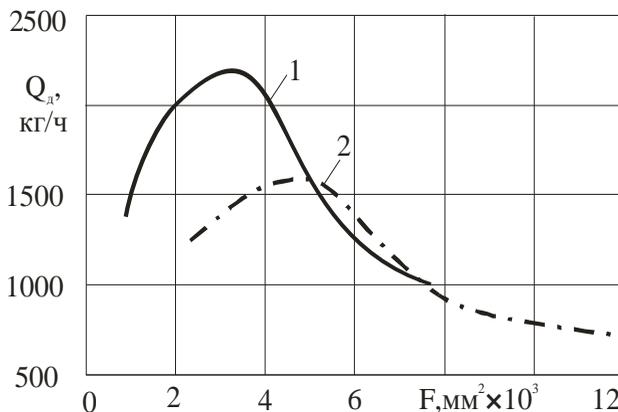


Рис. 8. Изменение теоретической пропускной способности дробилки при подаче зерна эжектором: 1 – с углом диффузора 30 °; 2 – с углом диффузора 90 °

Таким образом, из проведенных исследований следует, что расчетная максимальная пропускная способность дробилки обеспечивается при подаче зернового материала эжектором с углом диффузора 30 ° и при коэффициенте концентрации $\kappa = 3$ составляет 1600 кг/ч, $\kappa = 4$ – 2250 кг/ч, $\kappa = 5$ – 2680 кг/ч.

Список литературы

1. Баранов, Н. Ф. Оптимизация конструктивных факторов пневмоэжектора комбикормового агрегата «Доза-Агро» / Н. Ф. Баранов, С. Ю. Булатов // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: Материалы II Международной науч.-практ. конф. «Наука – Технология – Ресурсосбережение»: Сб. науч. тр. Киров: Вятская ГСХА, 2009. Вып. 10. С. 10...15.

2. Булатов, С. Ю. Совершенствование системы загрузки малогабаритных комбикормовых агрегатов серии «ДОЗА» // Машинно-технологическое обеспечение живот-

новодства – проблемы эффективности и качества: Сб. науч. тр. Подольск, 2010. Том 21. Ч3. С. 127...135.

ВЫБОР ВЕНТИЛЯТОРА ДЛЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА В КОМБИКОРМОВОМ АГРЕГАТЕ

*В. Н. Нечаев, аспирант, преподаватель кафедры
«Механика и сельскохозяйственные машины»*

Аннотация. В настоящее время в кормопроизводстве широкое применение находят комбикормовые агрегаты, основными рабочими элементами которых являются: дробилка концентрированных кормов, вентилятор и смеситель. Выбор типа вентилятора, обеспечивающего необходимые показатели работы в пневмосистеме агрегата, представляет большой практический интерес. Радиальные вентиляторы с различной формой лопаток получили наибольшее применение в пневмосистеме кормоагрегатов.

Ключевые слова: комбикормовый агрегат, дробилка, вентилятор, лопатки вентилятора.

CHOICE OF THE FAN FOR MATERIAL PNEUMOTRANSPORTATION IN THE UNIT OF COMBINED FORAGE

*V. N. Nechaev, the post-graduate student, the teacher
of chair «Mechanics and agricultural cars»*

Annotation. Now in manufacture of forages wide application is found by units of the combined forages, the basic which working elements are: a crusher of the concentrated fo-

rages, the fan and the amalgamator. The choice of type of the fan providing necessary indicators of work in a pneumatic system of the unit, represents the big practical interest. Radial fans with the various form of shovels have received the greatest application in a pneumatic system units of the combined forages.

The keywords: the unit combined forages, a crusher, the fan, fan shovels.

В настоящее время в кормопроизводстве широкое применение находят комбикормовые агрегаты, основными рабочими элементами которых являются: дробилка концентрированных кормов, вентилятор и смеситель.

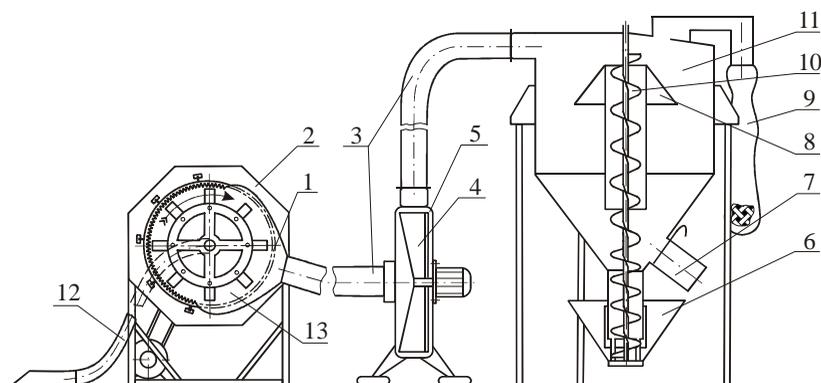


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема комбикормового агрегата:

1 – решетка колосниковая, 2 – дробилка зерна закрытого типа, 3 – пневмотранспортирующие рукава, 4 – крыльчатка вентилятора, 5 – вентилятор, 6 – бункер для премиксов, 7 – выгрузной патрубков, 8 – усреднительный конус, 9 – фильтр, 10 – шнек, 11 – вертикально-шнековый смеситель, 12 – загрузочное устройство, 13 – дробильная камера

В комбикормовых агрегатах применяются дробилки закрытого типа с различными схемами установки центробежных вентиляторов: вентилятор установлен перед дробилкой; вентилятор смонтирован в корпусе дробилки; позади дробилки (рис. 1).

Центробежный вентилятор необходим для всасывания материала через загрузочное устройство в дробилку и последующей транспортировки измельченного материала в бункер-смеситель.

По принципу работы вентиляторы делятся на радиальные, осевые, диаметральные и др.[2].

Выбор типа вентилятора, обеспечивающего необходимые показатели работы в пневмосистеме агрегата, представляет большой практический интерес.

Многие НИИ предлагают использовать радиальные вентиляторы из-за их простоты конструкции, меньшей стоимости и высокого КПД.[4].

Основным рабочим органом вентиляторов является лопаточное колесо. Н. П. Сычугов [1] отмечает, что при форме листовых лопаток рабочие колеса радиального вентилятора разделяются на три вида (рис. 2): с лопатками, загнутыми вперед по ходу вращения колеса ($\beta_2 > 90^\circ$); с лопатками, загнутыми назад по ходу вращения колеса ($\beta_2 < 90^\circ$); с лопатками, радиально оканчивающимися ($\beta_2 = 90^\circ$). Применяются также рабочие колеса с профильными лопатками, загнутыми назад.

Если по форме лопатки имеют дугу окружности, то при определенных значениях наружного диаметра D_2 колеса, их диаметра D_L , угла χ охвата и угла β_2 установки на наружном диаметре внутренний диаметр D_1 колеса, диаметр окружности D_0 центров лопаток и угол β_1 их установки связаны между собой зависимостями (рис. 2) [1]

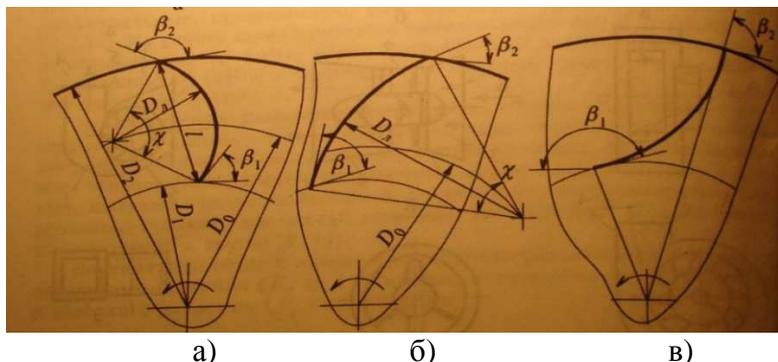


Рис. 2. Типы лопаток колеса: а) загнутые назад; б) загнутые вперед; в) радиально оканчивающиеся

$$D_1 = \sqrt{D_2^2 + 4 \cdot D_L^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\chi}{2}\right) - 4 \cdot D_2 \cdot D_L \cdot \sin\left(\frac{\chi}{2}\right) \cdot \sin\left(\beta_2 - \frac{\chi}{2}\right)}, \quad (1)$$

$$D_0 = \sqrt{D_2^2 + D_L^2 + 2 \cdot D_2 \cdot D_L \cdot \cos \beta_2}, \quad (2)$$

$$\beta_1 = \pi - \arccos\left(\frac{D_1}{2 \cdot D_L} + \frac{D_L}{2 \cdot D_1} - \frac{D_0^2}{2 \cdot D_L \cdot D_1}\right) \quad (3)$$

М. И. Невельсон [3] тип лопаток характеризует в зависимости от угла выхода и общего геометрического профиля лопаток. При этом получают следующие типы лопаток (рис. 3 – 5):

- 1) лопатки, загнутые назад, прямые ($\beta_2 > 90^\circ$, $\beta_1 > \beta_2$), лопатки, загнутые назад, изогнутые ($\beta_2 > 90^\circ$, $\beta_1 > \beta_2$ или $\beta_1 < \beta_2$);
- 2) лопатки радиальные прямые ($\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$), лопатки радиальные изогнутые ($\beta_2 = 90^\circ$, $\beta_1 > \beta_2$);
- 3) лопатки, загнутые вперед ($\beta_2 < 90^\circ$, $\beta_1 > \beta_2$).

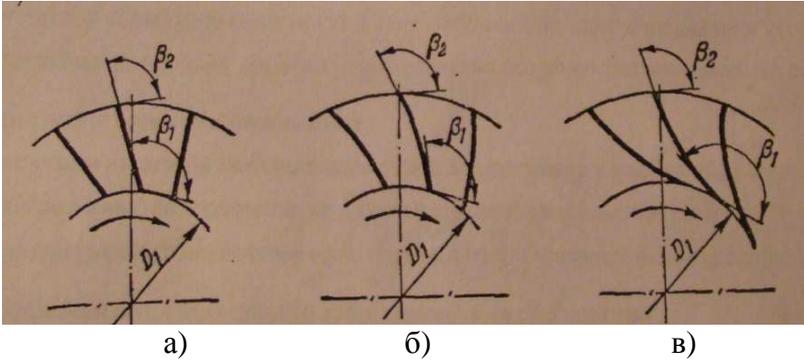


Рис. 3. Лопатки, загнутые назад: а) прямые; б) «выпуклые»; в) «вогнутые»

Лопатки, загнутые назад, (рис. 4) могут получиться прямыми в том случае, когда углы β_1 и β_2 удовлетворяют уравнению:

$$\frac{\sin(\beta_2 - 90^\circ)}{\sin(270^\circ - \beta_1)} = \frac{\sin(\beta_2 - 90^\circ)}{\sin(\beta_1 - 90^\circ)} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (4)$$

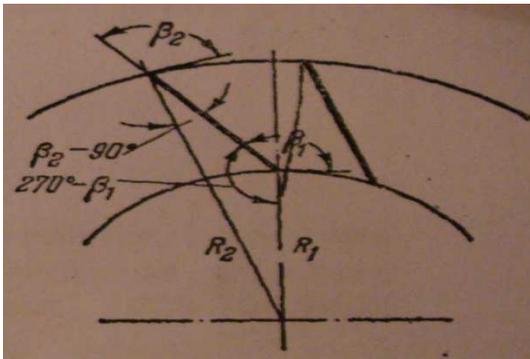


Рис. 4. Прямые лопатки, загнутые назад

М. И. Невельсон [3] отмечает, что прямые лопатки, загнутые назад, будучи весьма простыми по форме, явля-

ются в то же время вполне удовлетворительными с аэродинамической точки зрения.

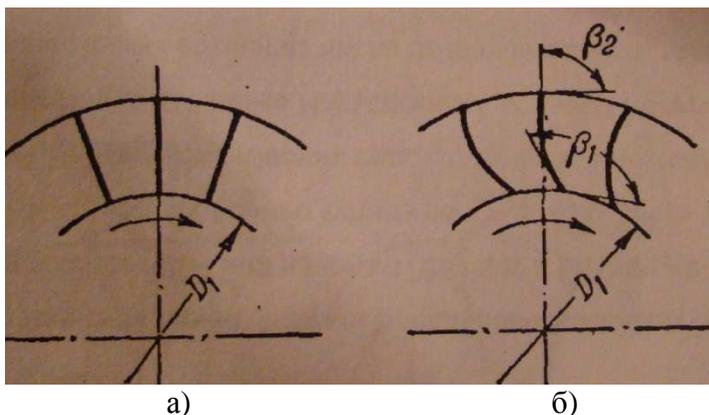


Рис. 5. Радиальные лопатки: а) прямые; б) изогнутые

Одним из важнейших параметров, определяющих процесс работы вентилятора, является число z лопаток колеса. Однако их воздействие на частицы воздуха определяется не только числом, но и формой межлопаточного канала, который характеризуется «густотой» решетки (рис. 2)

$$\tau = \frac{l - z}{(\pi \cdot D_2)}, \quad (5)$$

где l – длина хорды лопатки

$$l = D_l \cdot \sin\left(\frac{x}{2}\right), \quad (6)$$

К тому же количество лопаток непосредственно влияет на шумовую характеристику вентилятора. Основная

частота шума от неоднородности потока равна произведению числа лопаток z колеса на частоту n (с^{-1}) его вращения, т.е. $f = n \cdot z$. Этот шум по всасывающему и нагнетательному воздуховодам передается в помещения забора и выпуска воздуха, а также через стенки корпуса в окружающее пространство.

Радиальные вентиляторы с лопатками, загнутыми назад, шумят при одинаковой скорости u_2 меньше, чем вентиляторы с лопатками, загнутыми вперед, поскольку у них скорости воздуха на выходе из межлопаточных каналов и в корпусе имеют большие значения. Однако, сравнительные значения коэффициентов давления разных вентиляторов, М. И. Невельсон [3] отмечает, что наиболее высокие значения коэффициента давления, т.е. наибольшее использование окружных скоростей, получаются при лопатках, загнутых вперед.

Несмотря на свою распространенность применения в серийных вентиляторах колес с лопатками, загнутыми вперед, существует причина, сужающая область их применения и связанная с значительным увеличением ширины таких лопаток и уменьшением их радиальной длины при переходе к большим значениям удельных чисел оборотов. Радиальные лопатки, являющиеся промежуточным типом между загнутыми вперед и загнутыми назад лопатками, в известной степени обладают преимуществами обоих типов. Эти лопатки, обеспечивая довольно высокие коэффициенты давления, в то же время могут быть выполнены неширокими и отличаются достаточно высоким КПД.

Применение профилированных лопаток обуславливает повышение давления, развиваемого вентилятором при сохранении высокого КПД. Н. В. Макаров, С. В. Белов, В. И. Фомин и ряд других ученых [5] вопрос повышения аэродинамической нагруженности рабочего колеса вентилятора, а следовательно, и повышения давления решают

установкой загнутых назад профильных лопаток, каждая из которых имеет со стороны рабочей поверхности в области выходной части накрылок, установленный с конфузорным зазором по отношению рабочей поверхности лопатки и имеющий вогнутую рабочую и выпуклую торцевую поверхности, причем внутри накрылка выполнена вихревая камера и ряд конфузорных каналов (рис. 6).

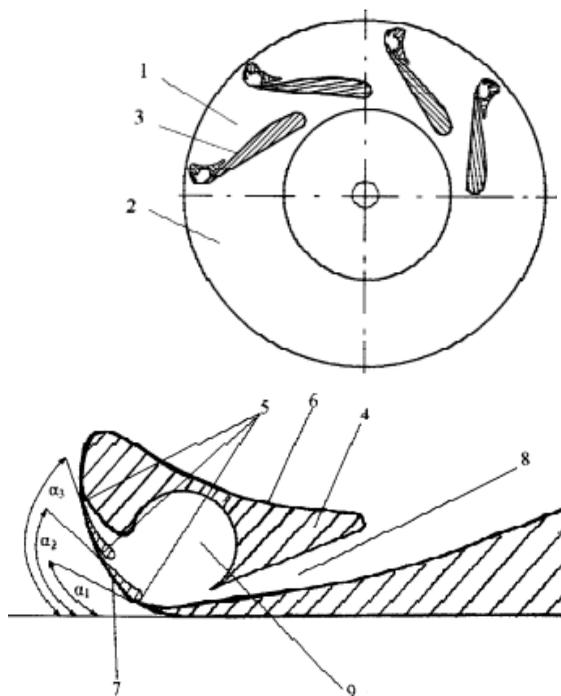


Рис. 6. Рабочее колесо и лопатка центробежного вентилятора (патент № 2390658): 1, 2 – несущий и покрывной диски соответственно; 3 – лопатка, загнутая назад; 4 – продольный накрылок; 5 – конфузорные каналы; 6, 7 – рабочая и выпуклая тыльная поверхность накрылка соответственно; 8 – конфузорный зазор; 9 – вихревая камера

Исследования [4] показали, что при оптимальной пневмозагрузке машины измельчаемый материал в дробильной камере перемещается рыхлым слоем толщиной 0,015...0,035 м в направлении движения молотков. Скорость слоя в зоне деки составляет 20...25 %, а в зоне решета – 45...48 % от скорости молотков. Крупные частицы оказываются на поверхности дробильной камеры, мелкие – на поверхности слоя. При таком взаиморасположении частиц в слое и зазоре между концами молотков и решетом 0,005...0,01 м крупным частицам трудно попасть под удары молотков. Кроме того, они закрывают отверстия решета, в результате чего ухудшаются условия отвода мелких частиц из дробильной камеры. Мелкие частицы на поверхности слоя все время подвергаются ударному воздействию молотков и переизмельчаются.

В связи с чем встает задача своевременного отвода мелкой фракции из зоны измельчения посредством оптимизации параметров работы вентилятора дробилки в составе комбикормового агрегата.

Список литературы

1. Сычугов, Н. П. Вентиляторы. – Киров, 2000. – 228 с.
2. Сычугов, Н. П. Транспортно-вентиляционные аэрожелоба: Учебное пособие. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – 264 с.: илл.
3. Невельсон, М. И. Центробежные вентиляторы. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – 335 с.
4. Сысуев, В. А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент: В двух томах. / В. А. Сысуев, А. В. Алешкин, П. А. Савиных.// – Киров: Зональный НИИСХ Северо – Востока, 2008. – Т.1. – 640 с.

5. Рабочее колесо центробежного вентилятора: патент № 2390658 Рос. Федерация. № 2008112791; заявл.02.04. 2008; опубл. 27. 05. 2010. Бюл. № 15. 5 с.

РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ В СУДОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

С. С. Казаков, ст. преподаватель кафедры «Тракторы и автомобили» НГИЭИ;

Ю. И. Матвеев, д.т.н., профессор кафедры «ЭСЭУ» ВГАВТ

Аннотация. В статье приводится разработка технологии упрочнения поршневых колец в судоремонтном производстве. Разработан лазерный технологический комплекс и приспособления для обработки поршневых колец, приведены результаты натуральных испытаний.

Ключевые слова: лазерное упрочнение, поршневое кольцо, износостойкость, надежность.

DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY OF LASER HARDENING OF PISTON RINGS IN SHIP-REPAIR MANUFACTURE

S. S. Kazakov, the senior teacher of the chair «Tractors and cars», NGIEI;

Y. I. Matveev, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «ESEU» VGAVT

Annotation: In article development of technology of hardening of piston rings in ship-repair manufacture is resulted.

And adaptations the laser technological complex is developed for processing piston rings, results of natural tests are resulted.

Keywords: Laser hardening, a piston ring, wear resistance, reliability.

При разработке технологий лазерного упрочнения ПК и внедрения их в промышленное производство, решался целый комплекс взаимосвязанных задач, который был условно разделён на несколько этапов

Первый этап – наиболее трудоёмкий и продолжительный: теоретическое обоснование целесообразности лазерного упрочнения ЦВ с проведением целого комплекса исследовательских работ.

Второй этап – практическое использование результатов исследований при лазерной обработке реальных деталей в лабораторных условиях, разработка опытных технологий с целью получения экспериментальных натуральных образцов с лазерной термообработкой.

Третий этап – проведение всесторонних испытаний опытных партий экспериментальных деталей, как на испытательных стендах, так и в судовых условиях.

Четвёртый этап – разработка надёжных производственных технологий применительно к действующему производству судоремонтных и двигателестроительных предприятий.

При выполнении второго этапа решались следующие основные задачи:

- предварительно для каждой конкретной детали определялись основные и вспомогательные режимы лазерной обработки рабочих поверхностей;
- разрабатывались оптимальные схемы лазерного упрочнения рабочих поверхностей деталей;
- проектировалась и изготавливалась специальная ос-

настка для базирования и относительного перемещения лазерного луча и детали;

- определялся тип оптимального светопоглощающего покрытия и способ его нанесения на рабочие поверхности экспериментальных деталей;

- разрабатывалась оптимальная технология, обеспечивающая максимальную производительность лазерного процесса упрочнения.

Лазерное упрочнение рабочих поверхностей компрессионных колец СОД осуществлялось по двум вариантам: на СО₂-лазере «Комета-2» и на лазерном технологическом комплексе ЛТН-103 (рис. 1, 2) [1].

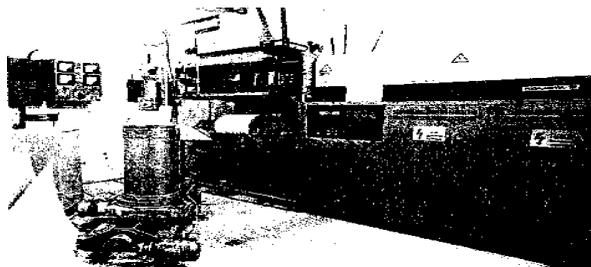


Рис.1. Общий вид лазерного комплекса СО₂-«Комета-2» с модулем для обработки ПК

Спроектированный нами технологический комплекс состоит из токарного станка с ЧПУ ТПК-125ВН (1), включающего стойку с УЧПУ (2) модели Н22-1Т, лазерного излучателя установленного на передней бабке станка (3), твёрдотельного лазера ЛТН-103 (4), оптический фокусирующей системы, смонтированной в резцедержателе суппорта станка (5) и сменного приспособления (6) для установки, базирования и вращения ПК (7).

В лазерном комплексе возможно использование всех функций станка с ЧПУ: пуск, остановка, вращение шпин-

деля с заданной скоростью, остановка шпинделя, движение суппорта в широком диапазоне подач по двум координатам в программируемом режиме.

Лазерный излучатель установлен на кронштейне, жёстко закреплён на передней бабке станка и выверен так что траектория лазерного луча параллельна оси шпинделя. Генератор лазера расположен на минимальном расстоянии от излучателя и установлен рядом со станком.

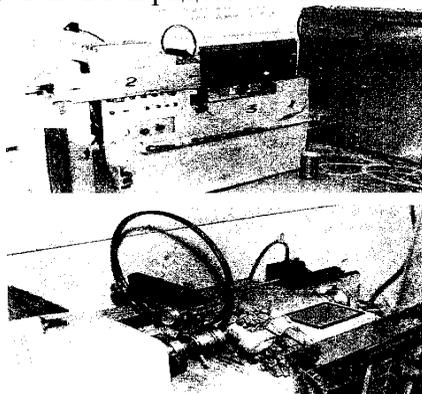


Рис. 2. Общий вид лазерного технологического комплекса (а) и приспособления для обработки поршневых колец (б): 1 – генератор ЛТН – 103; 2 – излучатель; 3 – станок с ЧПУ; 4 – стойка ЧПУ; 5 – система фокусировки луча; 6 – приспособление для вращения кольца; 7 – поршневое кольцо

Оптическая система фокусировки состоит из призмы для поворота лазерного луча на $\pm 45^\circ$ от оси излучения в сторону ПК и фокусирующей линзы, которая установлена в резцедержателе и может совершать движение вместе с суппортом в продольном направлении относительно детали и поперечном направлении относительно призмы вдоль траектории лазерного луча. Это позволяет совместить фокус

лазерного луча с профильной поверхностью ПК. Для лазерной обработки поршневых колец, размеры которых превышают допустимые геометрические параметры станка ТПК-125ВН, использовалось специальное приспособление (рис. 2, б). В конструкции данного приспособления предусмотрены два опорных ролика с профильными канавками, равными ширине устанавливаемого кольца, которые сопрягаются с наружной поверхностью кольца. Профильный прижимной ролик приспособления подпружинен к внутренней поверхности поршневого кольца. Один из опорных роликов имеет обрешиненную поверхность, является ведущим и установлен в центрах станка. ПК перед лазерной обработкой стягивают специальным замком в месте разреза. Данное приспособление достаточно технологично, обеспечивает высокую точность позиционирования, быстросменное и может быть взято за основу для проектирования и изготовления соответствующей оснастки для лазерного упрочнения поршневых колец в заводских условиях. Рассмотренный вариант технологического комплекса ЛТН-103 позволяет производить лазерную обработку не только поршневых компрессионных колец, но и упрочнять рабочие поверхности маслосъёмных колец (рис.3).

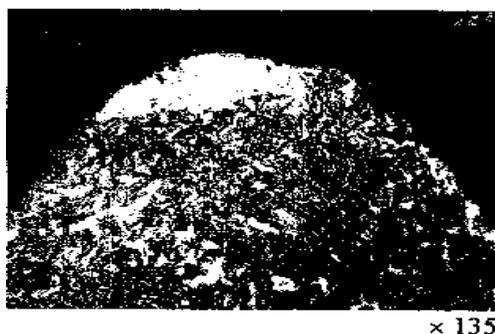


Рис. 3. Микроструктура рабочей поверхности поршневого маслосъёмного кольца после лазерной обработки

Как показали результаты натурных испытаний, поршневые маслосъемные кольца с лазерной обработкой судовых дизелей 6 ЧРН 36/45 по работоспособности и износостойкости не уступают хромированным.

На основании натурных испытаний в судовых условиях установлено, что кольца с лазерной обработкой при наработке 7,5 тыс. ч по износостойкости не уступают хромированным поршневым кольцам (ОАО «РУМО»), а в сравнении с «сульфоцианированными» (ОАО «Завод Нижегородский Теплоход») превосходят в 1,8...2,2 раза.

Список литературы

1. Матвеев, Ю. И. Упрочнение поршневых колец лазерной обработкой. Тезисы докладов. / Ю. И. Матвеев, И. И. Прохоров. // Материалы Международной научно – практической конференции Н.Новгород, НГТУ, 1994. –С. 91.

УНИФИЦИРОВАННЫЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫЕ МАШИНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

П. А. Савиных, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Механизация животноводства», НИИ им.

Н. В. Рудницкого г. Киров;

А. Ю. Рындин, аспирант, преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», НГИЭИ

Аннотация. В статье рассматриваются различные рабочие механизмы и узлы, применяемые на картофелеуборочных машинах в разный период времени. Описаны технологические процессы, принцип работы машин УКК–2 и УКП–2. Проанализированы сравнения с другими кар-

тофелеуборочными машинами и найден ряд улучшений в работе этих машин.

Ключевые слова: картофель, картофелеуборочный комбайн, технология производства, технологический процесс, рабочий механизм, конструктивная особенность.

UNIFIED POTATO HARVESTING CARS OF NEW GENERATION

P. A. Savinyh, the doctor of technical sciences, the professor, the manager of the chair «Mechanization of animal industries», Scientific Research Institute by N. V. Rudnitsky, Kirov;

A.Y. Ryndin, the post-graduate student, the teacher of the chair «Mechanics and agricultural cars», NGIEI

Annotation: In article it is considered various working mechanisms and units applied on potato harvesting cars during the different period of time. Technological processes, a principle of work of the unified potato harvesting cars are described. Comparisons with others potato harvesting cars are analysed and found a number of improvements in work of these cars.

Keywords: the Potato, potato harvesting combine, production technology, technological process, the working mechanism, design feature.

Наряду с высоким агрономическим уровнем картофелеводства очень важны совершенная механизация и соответствующие комплексы машин для производства картофеля (машины для подготовки почвы, посадки, ухода за посадками, уборки, послеуборочной доработки и сортировки клубней). Высокая производительность машин, ми-

нимум повреждений и потерь клубней во всем цикле – важнейшие требования к средствам механизации.

Наиболее сложный технологический процесс при производстве картофеля – уборка, что связано с повреждаемостью клубней и необходимостью отделения значительной массы почвы (около 1000 т с 1 га), поступающей вместе с клубнями и ботвой в картофелеуборочную машину.

Разнообразные почвенно-климатические условия в период уборки (тяжелые суглинистые почвы, повышенная влажность и засоренность полей во многих регионах России) обуславливают экстремально тяжелые условия для работы уборочных машин (~25 % общей площади возделывания), что необходимо учитывать при создании новых машин. Следует отметить, что почвенно-климатические условия в период уборки картофеля в России тяжелее, чем в Европейских странах, выпускающих картофелеуборочную технику. Поэтому закупка зарубежных машин не исключает необходимости создания, совершенствования и изготовления отечественных машин для уборки картофеля.

До 1990 г. в России машины для производства картофеля выпускались рядом заводов. В Рязани новый завод производил до 12 тыс. комбайнов в год. Там же находилось ГСКБ по машинам для возделывания, уборки и послеуборочной доработки картофеля с опытным хозяйством для технологических испытаний опытных образцов. В настоящее время завод практически не занимается машинами для производства картофеля, а ГСКБ прекратило свое существование. В связи с этим в последние годы хозяйства отечественных картофелеуборочных комбайнов не получают.

Однако значительного снижения трудозатрат при производстве картофеля можно добиться только путем использования картофелеуборочных комбайнов, которые в

отличие от копателей выгружают выкопанные клубни в транспортные средства.

К 2010 г. в России должно производиться 35...37 млн. т картофеля, 30...40 % из которых – в крупных специализированных хозяйствах на базе современных технологий и комплексов машин [2]. Однако комбайны, которые выпускались в нашей стране применительно к нашим условиям, не полностью отвечают эксплуатационным и агротехническим требованиям (особенно это касается уборки в тяжелых почвенно-климатических условиях). Поэтому создание современных картофелеуборочных машин – важная задача, решение которой будет способствовать подъему отрасли картофелеводства.

Имеющиеся в настоящее время отечественные и импортные комплексы машин предназначены для различных сезонных загрузок (площадей посадок) и отличаются шириной захвата и шириной междурядий. Для хозяйств с занятой картофелем площадью до 40 га целесообразно использовать комплексы машин на базе энергосредств кл. 0,6 и 0,9, а > 40 га – кл. 1,4 и 2. Это позволит повысить эффективность производства.

В последние годы совершенствовались технологии производства картофеля, что повлияло на схемы и междурядья его посадок. Так, например, наряду с основным междурядьем 70 см стали применять посадки с междурядьями 75, 90 см (гребневые посадки) и 110 + 30, 140 см (грядковые посадки). Это необходимо учитывать при создании и совершенствовании машин.

Как показали хозяйственные исследования и испытания, при междурядьях 90 см повышается не только урожайность картофеля и крупность клубней, но и производительность машин по сравнению с технологией с междурядьями 70 см [3]. Эффективно также возделывание картофеля на грядах по схеме 110 + 30 см на торфяных почвах

и почвах повышенной влажности. Эти особенности посадок необходимо учитывать при разработке рабочих органов и обосновании параметров машин.

В качестве подкапывающих средств наибольшее распространение получили комбинированные рабочие органы, секционные лемеха, по сторонам которых установлены плоские или тарельчатые вертикальные пассивные или активные диски. На задней части лемехов располагают шарнирно закрепленные клапаны. Такая конструкция приемной части обеспечивает меньший забор почвы и предотвращает ее сгуживание. Однако при этом возрастают требования к точности вождения комбайна вдоль рядков и прямолинейности посадок.

Для сепарации почвы в комбайнах предназначены элеваторы, представляющие собой два прорезиненных бесконечных ремня, на которых с определенным шагом закреплены поперечные прутки. Благодаря использованию таких ремней повысилась надежность работы и снизился уровень шума (по сравнению с креплением прутков при помощи металлических элементов). В отечественных комбайнах применяются элеваторы с диаметром прутков 11 мм и с шагом 41,3 мм, а в зарубежных – с различными просветами между прутками, связанными с конкретными условиями уборки (15, 18, 20, 22, 24, 25, 30, 32, 35, 36, 40, 41 и 43 мм).

Для улучшения сепарации почвы, кроме соответствующей подготовки ее различными агротехническими приемами, на комбайнах для разрушения комков используют копирующие катки, встряхиватели различных конструкций (активные и пассивные), интенсификаторы процесса сепарации (в основном гребенчатые или шнековые).

Отделение ботвы осуществляется ботвозатягивающими валиками с клубнеотрывными устройствами, установленными под элеваторами или редкопрутковыми

транспортерами. Мелкие растительные примеси удаляются с помощью пальчиковых горок. На второй ярус ворох подается ковшовыми транспортерами.

В комбайнах широко применяются гидропривод рабочих органов, бесступенчатое регулирование режимов работы элеваторов (в зависимости от условий уборки), регулирование высоты падения клубней в бункер-накопитель.

В последнее время за рубежом наиболее востребованы простейшие картофелеуборочные комбайны (картофелекопатели-погрузчики). Это комбайны без бункеров-накопителей и без переборочных столов. Такая машина выкапывает клубни, отделяет их от примесей и загружает в движущееся рядом транспортное средство. Комбайны, выполненные по полной схеме (т.е. оборудованные переборочными столами для ручного отделения примесей и бункерами-накопителями вместимостью 2, 4 и 6 т), эксплуатируются в меньшем количестве.

Из-за значительной конструкционной массы комбайнов (6 т и более) и массы клубней в бункере-накопителе их агрегатирование с тракторами затруднено (особенно на почвах повышенной влажности). В связи с этим, а также с учетом высокой стоимости конструкционных материалов и отрицательных последствий от воздействия больших масс на уплотнение почвы возникает необходимость создания облегченных машин.

ВИСХОМом совместно с ВИМОм и НИИКХ на базе современных отечественных и зарубежных разработок созданы унифицированные машины: комбайн УКК-2, копатель-погрузчик УКП-2 и копатель УК-2. Они предназначены для уборки гребневых посадок картофеля с междурядьями 70, 75 и 90 см (см. техническую характеристику ниже).

Технологический процесс комбайна УКК-2, принципиальная схема которого показана на рис. 1, осуществляется следующим образом. Катки 1 копируют гребни двух рядков картофеля, частично разрушают почвенные комки и обеспечивают необходимую глубину хода подкапывающих рабочих органов. Лемеха 2 подкапывают картофельные гребни и обрезают их по ширине боковыми дисками 2. Подкопанный почвенный пласт с клубнями с лемеха поступает на первый (основной) сепарирующий элеватор 3, на котором отсеивается 50...70 % почвы. С основного элеватора клубни с оставшейся почвой и ботвой передаются на второй сепарирующий элеватор 8. При этом ботва удаляется из машины гребенчато-валиковым ботвоудалителем 7. За вторым элеватором также установлен ботвоудалитель 7, который отделяет остатки ботвы, не удаленные на первом элеваторе.

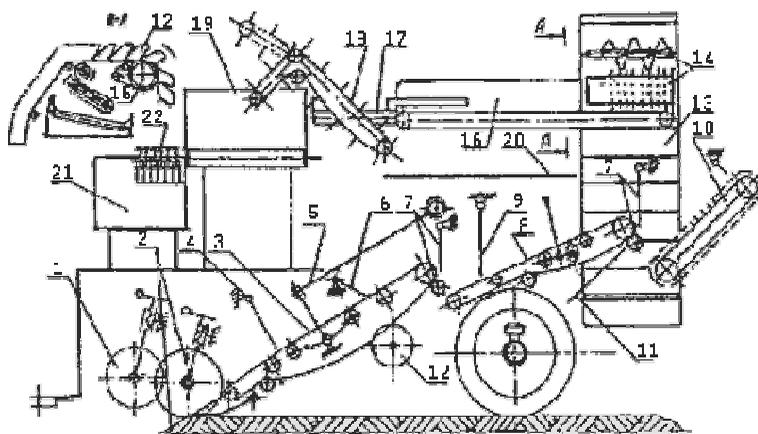


Рис. 1. Принципиальная схема картофелеуборочного комбайна УКК-2:

1 – копирующие катки; 2 – выкапывающие лемеха с боковыми дисками; 3 – основной элеватор; 4 – экран; 5 – механизм встряхивания; 6 – механизм ворошения; 7 – ботво-

удалитель; 8 – второй элеватор; 9 – фартук; 10 – выносная горка; 11 – скатный щиток; 12 – очиститель полотна; 13 – подъемный транспортер; 14 – горка с ротором; 15 – внутренний транспортер; 16 – переборочный стол; 17 – транспортер примесей; 18 – транспортер загрузки бункера; 19 – бункер; 20 – технологическая площадка; 21 – площадка комбайнера; 22 – пульт управления

После второго элеватора клубни и примеси (сорняки, остатки почвы, ботва) поступают на выносную горку 10, которая выносит примеси вверх, выбрасывая их на уборное поле, а клубни скатываются вниз в ковшовый подъемный транспортер 13. В верхней части транспортера 13 клубни с примесями высыпаются из ковшей (разрез по А-А) и поступают на верхнюю горку с ротором 14. С горки клубни скатываются в нижнюю часть переборочного стола (транспортера) 16, а примеси остаются в верхней его части, откуда поступают на транспортер примесей 17 и удаляются из комбайна. Клубни с нижней части переборочного стола 16 поступают на транспортер 18, который загружает их в бункер 19.

Картофель из бункера выгружается в кузов транспортного средства, причем выгрузка может производиться как на остановках комбайна, так и при его движении в работе.

Картофелекопатель-погрузчик УКП-2 (рис. 2) предназначен для уборки картофеля и погрузки клубней в кузов транспортного средства, движущегося рядом. В отличие от комбайна эта машина более эффективна на полях со средними оптимальными почвенно-климатическими условиями и урожаем не менее 15...20 т/га. Она на 90 % унифицирована с комбайном УКК-2 по подкапывающим, сепарирующим и ботвоудаляющим блокам. Неунифицированным блоком остается загрузочный транспортер.

В реальных условиях хозяйствам необходимы не только комбайны, но и картофелекопатели, выкапывающие клубни и укладывающие их на поверхность поля. Клубни с поля подбираются вручную. Однако, несмотря на то что такой способ уборки более трудоемок, в критических условиях он необходим. Для этого был разработан двухрядный картофелекопатель УК-2 (рис. 3), унифицированный по подкапывающему и сепарирующему блокам с машинами УКК-2 и УКП-2.

В машинах УК-2, УКП-2 и УКК-2 применены современные выкапывающие, сепарирующие и ботвоудаляющие рабочие органы. Комбинированные лемешно-дисковые органы выкапывают клубни с минимальным количеством почвы, так как не забирают ее из междурядий, где она уплотнена и плохо сепарируется. Лемеха других типов (например, такие, как в машине КСТ-1,4) забирают на 20 % почвы больше. Наличие дисков, обрезающих гребень по краям, устраняет забивание лемехов ботвой и растительностью по бокам.

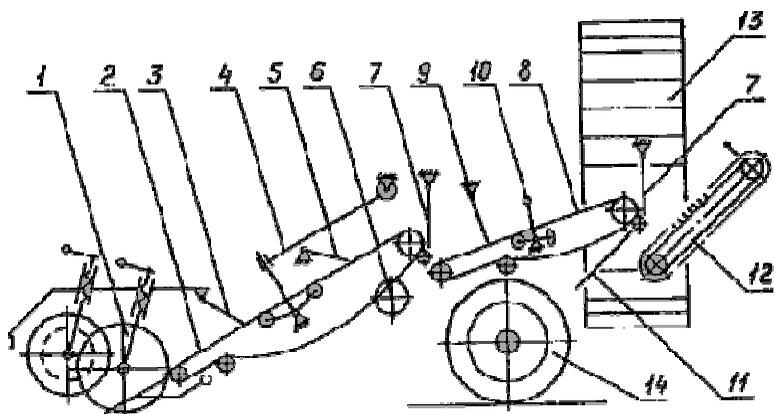


Рис. 2. Принципиальная схема копателя-погрузчика УКП-2: 1 – подкапывающий блок; 2 – основной элеватор; 3 – экран; 4 – механизм встряхивания; 5 – механизм ворошения; 6 – очиститель полотна; 7 – ботвоудалитель; 8 – второй элеватор; 9 – экран; 10 – механизм встряхивания; 11 – сканый щиток; 12 – выносная горка; 13 – выгрузной транспортер; 14 – ходовые колеса

Сепарирующие прутковые элеваторы на прорезиненных бесконечных ремнях имеют ширину 1480 мм, что позволяет использовать машины на разных междурядьях, меняя лишь ширину подкапывания картофельных гребней. Для этого предусмотрена регулировка выкапывающих органов.

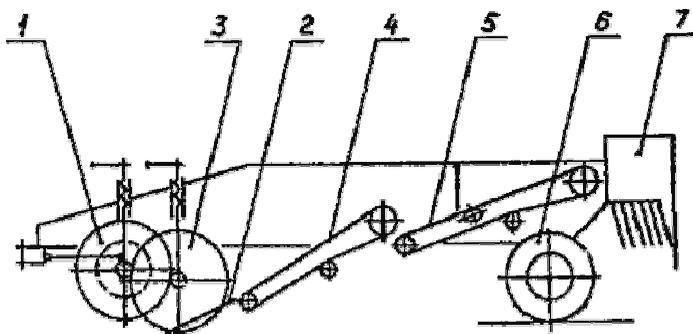


Рис. 3. Принципиальная схема картофелекопателя УК-2: 1 – копирующие катки; 2 – выкапывающие лемеха; 3 – диски; 4 – первый элеватор; 5 – второй элеватор; 6 – ходовые колеса; 7 – валкоукладчик

Примененные в комбайне УКК-2 верхняя сепарирующая горка с пальчатой и гладкой рабочими поверхностями и ротор с винтовой навивкой, расположенный над наклонным переборочным транспортером, не только суще-

ственно облегчают труд рабочих-переборщиков, но и позволяют уменьшить их количество до одного-двух.

Гребенчато-валиковые ботвоудалители за первым и вторым сепарирующими элеваторами обеспечивают полное удаление ботвы. Кроме того, они менее металлоемки, чем редкопрутковые ботвоудалители комбайнов ККУ-2А и КПП-2-01.

Для комбайновой уборки картофеля с нескошенной и мощной ботвой разработан вариант комбайна УКК-2 с ботвоудалителем транспортерного типа и редкопрутковым полотном. Его надежность значительно повышена благодаря замене ленточного ботвоприжимного транспортера новым ботвоприжимным битером с эластичными лопастями.

Предусмотрен и разрабатывается новый облегченный (до 1,8 т) картофелекопатель-погрузчик КПП-2 значительно меньших габаритных размеров, в котором лопастной загрузочный транспортер исключен, а подъем клубней осуществляется подъемным центробежно-сепарирующим элеватором, совмещенным со штыревым ботвоудалителем новой конструкции. Для улучшения сепарации и снижения повреждения клубней в этой машине применен элеватор с лопастным битером, в котором для встряхивания полотна реализуется режим без подбрасывания клубней и соударения их с металлическими прутками.

На протяжении многих столетий разрабатывались и модифицировались картофелеуборочные машины, вносились разнообразные доработки, что позволяет в настоящее время без лишних затрат и потери урожая вовремя его убирать. И по сей день ведутся новые разработки машин по уборке картофеля, что позволяет надеяться, что сельское хозяйство будет развиваться.

Список литературы

1. Буряков, А. Т. Справочник по механизации полеводства/А. Т. Буряков, М. В. Кузьмин. – М.: Колос 2001 – 145с.
2. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года. – М.: РАСХН, Минпромнауки РФ, Минсельхоз РФ, 2003 – 305с.
3. Механизация возделывания картофеля с междурядьями 90 см. – М.: Россельхозтехника, ЦБНТИ, 2008 – 115с.

УСТАНОВКА ПОПЕРЕЧНОЙ ЕМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ С ФОРСИРОВКОЙ В СЕТЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*А. С. Серебряков, д.т.н., профессор кафедры
«Электрификация и автоматизация», НГИЭИ;*

*Л. А. Герман, д.т.н., профессор кафедры «Элек-
трификация и электроснабжение», Московский государ-
ственный университет путей сообщения;*

*Д. Е. Дулепов, аспирант, преподаватель кафедры
«Электрификация и автоматизация», НГИЭИ*

Аннотация. Авторами предложена схема форсировки КУ для сетей переменного тока, позволяющая выполнять переключения без отключения КУ. Технико-экономический эффект рассматриваемой установки проявляется в том, что при введении форсированного режима повышается напряжение на КУ и, следовательно, в питающей сети, и поэтому повышается качество электроэнергии. Форсированный режим КУ сопровождается более эффективным снижением потерь мощности в питающей сети.

Ключевые слова: установка поперечной емкостной компенсации; форсировка, форсированный режим, снижение потерь мощности.

INSTALLATION OF THE CROSS-SECTION CAPACITOR COMPENSATION WITH INTENSITY IN NETWORKS OF THE ALTERNATING CURRENT

A. S. Serebryakov, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Electrification and automation», NGIEI;

L. A. Herman, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Electrification and electrosupply», the Moscow state university of means of communication;

D. E. Dulepov, the post-graduate student, the teacher of the chair «Electrification and automation», NGIEI

Annotation. Authors offer the diagram of intensity of compensator installation for networks of the alternating current, allowing carrying out switchings without switching-off compensator installation.

The technical and economic effect of considered installation is shown that at introduction of the forced mode the pressure on compensator installation raises and, consequently, in a power line and consequently raise quality of the electric power. Forced mode compensator installation is accompanied by more effective decrease in losses of capacity in a power line.

Keywords: installation of the cross-section capacitor compensation; intensity; the forced mode; decrease in losses of capacity;

Установки поперечной емкостной компенсации (КУ) являются мощным средством повышения уровня напряжения в сетях переменного тока при больших нагрузках. Напряжение в питающей сети в месте включения КУ повышается на величину

$$\delta U = I_{ку} X_{вх}, \quad (1)$$

где $I_{ку}$ – ток КУ; $X_{вх}$ – входное сопротивление сети до точки подключения КУ.

Как следует из формулы (1), повышение напряжения зависит от тока КУ, который, в свою очередь, пропорционален напряжению сети. При снижении напряжения в сети и, следовательно, на КУ, генерируемая мощность и ток КУ снижаются. В то же время при малых нагрузках, а следовательно, большом напряжении на КУ за счет возросшего тока КУ повышает напряжение выше допустимого.

Таким образом, наряду с положительным свойством увеличивать напряжение в питающей сети при больших нагрузках, недостатками нерегулируемой КУ являются: недопустимое повышение напряжения при малых нагрузках и уменьшение генерируемого тока и реактивной мощности при большом снижении напряжения в сети и, как следствие, недостаточное увеличение напряжения. Действительно, при снижении напряжения на 10 % ток КУ также снижается на 10 %, а генерируемая реактивная мощность снижается на 20 % и поэтому уменьшается эффект в повышении напряжения. Для повышения эффективности КУ следует при глубоком понижении напряжения увеличивать ток КУ вплоть до номинального. Это можно выполнить, увеличивая емкость КУ, за счет уменьшения числа последовательно соединенных конденсаторов путем переключения КУ. Подобные переключения, имеющие цель повысить генерируемую мощность КУ, называют *форсировкой*

КУ. Когда максимальная нагрузка спадет, форсировку необходимо выключить.

Наиболее простой вариант форсировки – это отключение части конденсаторов (последовательных рядов) с помощью управляемых разъединителей. Возможен и вариант с шунтированием конденсаторов. В этих схемах переключения конденсаторов всегда происходят при отключении КУ от сети, что является недостатком этих схем.

Авторами предложена схема форсировки КУ для сетей переменного тока, позволяющая выполнять переключения без отключения КУ (рис. 1).

Схема содержит следующие элементы: 1, 11 – шины питающей сети, 2 – первый выключатель, 3 – реактор, 4 – конденсаторная батарея, 5 и 6 – секции конденсаторной батареи, 7 – точка соединения секций 5 и 6 конденсаторной батареи, 8 – второй выключатель, 9 – третий выключатель, 10 – демпфирующий резистор.

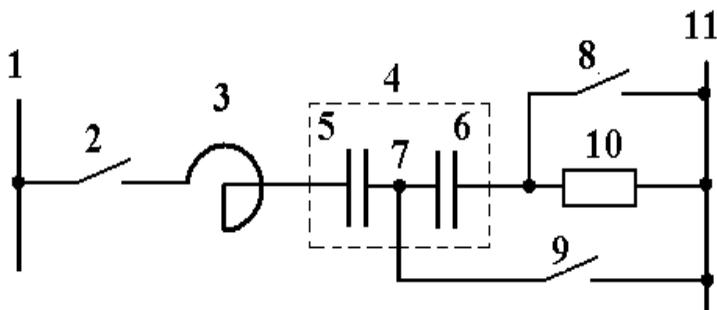


Рис. 1. Форсировка КУ с управляемыми выключателями и с шунтированием части конденсаторов

Схема работает следующим образом.

Исходное состояние: КУ отключена, все выключатели – первый (2), второй (8) и третий (9) отключены.

Включение КУ. Включается первый выключатель 2, подается напряжение на конденсаторную батарею 4 через демпфирующий резистор 10. Затем включается выключатель 8, шунтируя демпфирующий резистор 10. Таким образом, процесс включения КУ происходит при допустимых бросках тока и напряжения и КУ находится в нормальном режиме работы.

При снижении напряжения следуют переключить схему КУ в следующей последовательности:

- отключить второй выключатель 8;
- включить третий выключатель 9.

Таким образом, при снижении напряжения КУ работает в так называемом форсированном режиме с увеличенной емкостью и соответственно уменьшенным емкостным сопротивлением, которое определяется по расчету. Обычно сопротивление уменьшается на 25...30 % так, чтобы ток увеличился до номинального значения. Например, при количестве рядов конденсаторов в КУ в штатном режиме, равном 34, в форсированном режиме исключаются 7 рядов, и остается в работе 27 рядов. Таким образом, емкость в форсированном режиме увеличивается в 1,26 раза. Сопротивление КУ соответственно уменьшается в 1,26 раза и становится равным 0,794 от номинального сопротивления КУ. Поэтому при уменьшении напряжения на 20 % ток КУ практически остается равным номинальному.

Чтобы выйти из форсированного режима, необходимо отключить выключатель 9 (при отключенном выключателе 8) и затем включить выключатель 8.

Отключение КУ происходит в следующей последовательности. Отключается выключатель 8 (при этом выключатель 9 – отключен), тем самым вводится в цепь конденсаторной батареи 4 демпфирующий резистор 10 и затем отключается первый выключатель 2.

Таким образом, видно, что демпфирующий резистор выполняет две функции: демпфирует броски тока и напряжения при включении (отключении) КУ, а также при переключении КУ в форсированный режим и обратно. Указанная последовательность переключения в КУ легко автоматизируется. В принятой последовательности переключения КУ в форсированный режим не будут превышены допустимые броски тока шунтируемой секции конденсаторов.

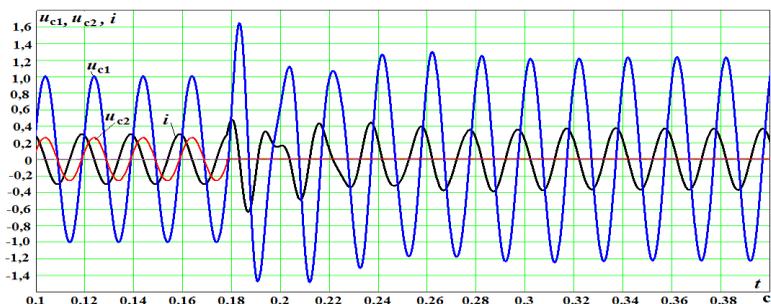
Несомненно, что если выключатель 9 выполнить синхронизированным, то броски тока и напряжения ещё в большей степени уменьшатся при его включении.

В форсированный режим КУ переходит только при снижении напряжения на шинах КУ. Поэтому все конденсаторы будут работать в допустимых режимах по току и напряжению. Как только напряжение на шинах повышается, следует переключение из форсированного в нормальный режим работы КУ.

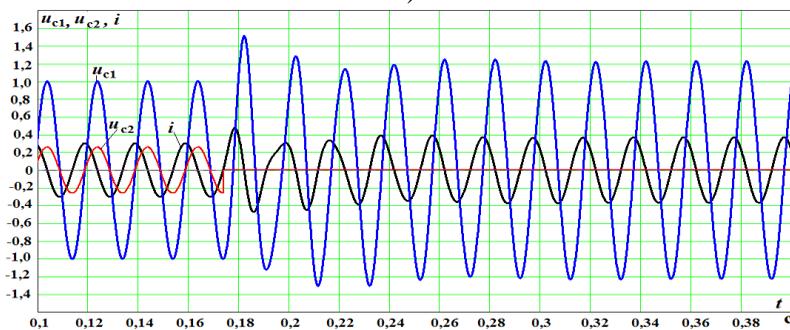
Моделирование форсированного режима. Эти исследования выполнены с целью показать работоспособность схемы в коммутационном режиме. Расчет переходного процесса при включении форсировки КУ производился в интегрированном пакете MATCAD численным методом Рунге-Кутты четвертого порядка. Для решения системы дифференциальных уравнений, записанных в форме Коши, использована функция **rkfixed**, интегрирующая дифференциальные уравнения с постоянным шагом.

Машинные эксперименты выполнены для режима шунтирования конденсаторов в максимум (рис. 2, а) и в нуль (рис.2, б) тока КУ. Значения напряжения на конденсаторах приведены в относительных единицах. За единицу принято напряжение на первой секции конденсаторной батареи без включения форсировки. Кратности бросков напряжения относительно установившегося режима соответ-

венно равны 1,35 и 1,2. Переходные процессы заканчиваются за 5...10 периодов, так как коммутация происходит при значительном снижении напряжения на КУ, то указанные броски напряжения совершенно безопасны.



а)



б)

Рис. 9. Осциллограммы перехода в форсированный режим: а) – включение выключателя 9 на рис. 1 в максимум тока КУ, б) – включение этого выключателя в нуль тока

Технико-экономический эффект рассматриваемых разработок проявляется в том, что при введении форсированного режима повышается напряжение на КУ и, следовательно, в питающей сети, и поэтому повышается качество электроэнергии. Форсированный режим КУ сопровож-

дается более эффективным снижением потерь мощности в питающей сети.

Список литературы

1. Герман, Л. А. Поперечная емкостная компенсация в тяговой сети железных дорог. Промышленная энергетика. № 10 – 2009, с.30 – 35.
2. Серебряков, А. С., МАТНСАД и решение задач электротехники. Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта./ А. С Серебряков, В. В. Шумейко.// М.: Маршрут, 2005. – 240 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Д. А. Семенов, аспирант, преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства», НГИЭИ

Аннотация. Рассмотрены способы повышения надежности силовых трансформаторов. Приведены параметры исследования, на основании которых можно предположить, что объективную характеристику состояния изоляции могут дать измерения возвратного напряжения и напряжения саморазряда.

Ключевые слова: повышение надежности, коэффициент абсорбции, напряжение саморазряда, возвратное напряжение, сопротивление изоляции.

INCREASE OF RELIABILITY OF TRANSFORMERS IN DISTRIBUTIVE NETWORKS

*D. A. Semenov, the post-graduate student, the teacher
of the chair «Electrification and automation of agriculture»,
NGIEI*

Annotation. Ways of increase of reliability of power transformers are considered. Parameters of research on the basis of which it is possible to assume are resulted, that measurements of a returnable pressure and a pressure of the self-category can give the objective characteristic of a condition of isolation.

Keywords: increase of reliability, factor of absorption, a pressure of the self-category, a returnable pressure, resistance of isolation.

Распределительные сети (РС) оказывают большое влияние на устойчивость функционирования сельскохозяйственного производства. Наиболее важными аппаратами системы электроснабжения объектов агропромышленного комплекса в РС являются трансформаторы. Выход из строя трансформаторов вызывает перерыв в электроснабжении сельскохозяйственных потребителей. Это приводит в ряде случаев к порче и недоотпуску продукции, нарушению или прекращению технологических процессов и наносит значительный материальный ущерб на современных предприятиях по выработке продуктов животноводства на промышленной основе и крупных птицефабриках. Перерывы в электроснабжении отрицательно влияют на животных, а иногда могут быть причиной их гибели. Кроме того, при нарушении электроснабжения значительные неудобства испытывает и население современных сел и деревень.

Повышение надежности электроснабжения сельского хозяйства способствует увеличению качества и количества произведенной сельскохозяйственной продукции. Поэтому в настоящее время обеспечение надежного электроснабжения сельскохозяйственных районов является одной из важнейших задач. Повышение надежности распределительных трансформаторов является главной задачей для качественного электроснабжения различных потребителей. В предлагаемой статье рассмотрены основные пути повышения надежной работы трансформаторов.

На сегодня наиболее эффективным средством повышения надежности работы трансформаторного оборудования является внедрение методов и средств технической диагностики и мониторинга масляных трансформаторов. В качестве примера прибора для мониторинга можно указать прибор корпорации «Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш» ТМТ-1, который позволяет: контролировать температуру верхних слоев масла трансформатора, определять максимальные и минимальные значения температуры за контролируемый период (день, неделю, месяц и год) и задавать систему охлаждения (Д, ДЦ, Ц или М). Он также может сигнализировать о возникновении нештатных ситуаций при превышении уставок по температуре. Прибор обеспечивает энергонезависимое хранение всех контролируемых параметров и может выдавать всю перечисленную информацию по интерфейсу в систему АСУ ТП. Кроме этого он позволяет точно контролировать температурные режимы, влияющие на срок службы трансформатора [1]. При этом, контролируя ток нагрузки и температуру масла по известной схеме теплового моделирования, определяется температура наиболее нагретой точки (ННТ) обмотки. Знание температуры ННТ позволяет рассчитывать остаточный ресурс трансформатора [3]. При известном ресурсе можно защититься от внезапных отказов,

а при необходимости своевременно заменить старый трансформатор на новый.

Однако для большинства сельскохозяйственных районов средства оперативной диагностики слишком затратные и требуют высококвалифицированных специалистов. Эти районы из-за нехватки специалистов, а также стоимости такого оборудования отказываются от современных средств диагностики. В связи с этим становится актуальной задача получить более доступный и простой способ определения остаточного ресурса трансформаторов. Для этого в электротехнической лаборатории кафедры «Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства» НГИЭИ проводятся исследования по определению параметров, с помощью которых можно было бы объективно установить оставшийся ресурс работы трансформатора. С этой целью были проведены измерения параметров распределительных трансформаторов по Княгининскому району с помощью измерительного прибора модернизированного мегаомметра типа Ф4102/2. С помощью этого прибора были измерены сопротивление изоляции, напряжение саморазряда и возвратное напряжение. Данные измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип трансформатора	№ тр-ра, дата	Год		И _р , %	Показатели измерения	Время испытания, сек. при:							
		Выпуска	Начало экспл.			1000 В				2500 В			
						15	30	45	60	15	30	45	60
ТМ100/10-66УИ КТП-147, д. Урга	77903 2010г	1983	1985	4,3 2	R, МОм	4	4	4	4	6,25	6,25	6,25	6,25
					U _с , В	95	50	30	28	250	110	70	48
					U _в , В	65	40	30	25	150	100	60	48
					R _{обр} , МОм	4	4	4	4	6,25	6,25	6,25	6,25
ТП100/10 КТП-52, д. Урга	2010г	1994	1994	3,9	R, МОм	145	145	145	145	275	275	275	275
					U _с , В	400	300	280	250	500	400	300	250
					U _в , В	300	290	250	240	500	400	350	300
					R _{обр} , МОм	145	145	145	145	275	275	275	275

Продолжение таблицы 1

ТМ250/10 д. Соловь- ево ТП-57	2010г	1960	Ввод 1971 1998		R, мОМ	5	5	5	5	20	20	20	20
					U _{C, B}	500	400	350	300	1200	1050	930	850
					U _{B, B}	450	420	400	380	1150	1050	1000	920
					R _{обр, МОМ}	5	5	5	5	20	20	20	20
ТМ160/10- У1 Покров ТП-85	21.07. 10г.	1986	1986	4,7	R, мОМ	50	50	50	50	62,5	62,5	62,5	62,5
					U _{C, B}	30	22	15	12	75	35	22	15
					U _{B, B}	25	15	10	10	50	30	20	12
					R _{обр, МОМ}	50	50	50	50	62,5	62,5	62,5	62,5
ТП100/10 КТП-51, д. Урга	864А3 00, 12.07. 11г	1986	1991	4,7 5	R, мОМ	120	125	125	126	120	125	126	126
					U _{C, B}	40	20	16	14	66	28	24	20
					U _{B, B}	21	14	11	10	39	21	19	19
					R _{обр, МОМ}	120	126	126	127	120	125	126	126
ТМ100/10- 66УИ КТП-147, д. Урга	77903 14.07. 11г	1983	1985	4,3 2	R, мОМ	100	110	110	110	75	100	110	110
					U _{C, B}	70	34	26	18	150	70	40	30
					U _{B, B}	45	29	19	15	95	53	35	28
					R _{обр, МОМ}	100	105	110	110	75	100	110	115

Принято считать, что состояние изоляции определяют значения сопротивления изоляции и коэффициент абсорбции, но, как показали исследования, они не дают объективной оценки состояния трансформатора, что видно из рис 1.

Из таблицы видно, что у трансформатора на КТП-147 в 2010 году коэффициент абсорбции

$$K_{аб} = \frac{R_{40}}{R_{15}} = \frac{4}{4} = 1,$$

при этом сопротивление низкое. А у трансформатора на КТП-52 сопротивление выше при таком же коэффициенте абсорбции

$$K_{аб} = \frac{R_{40}}{R_{15}} = \frac{145}{145} = 1,$$

который должен быть не менее чем 1,3. Также спустя 1 год у трансформатора на КТП-147 мы видим, что сопротивление значительно увеличилось, и коэффициент абсорбции стал равен:

$$K_{аб} = \frac{R_{20}}{R_{15}} = \frac{110}{100} = 1,1.$$

А напряжение саморазряда и возвратное напряжение в 2011г по сравнению с 2010 годом снизилось, это видно из рис. 2.

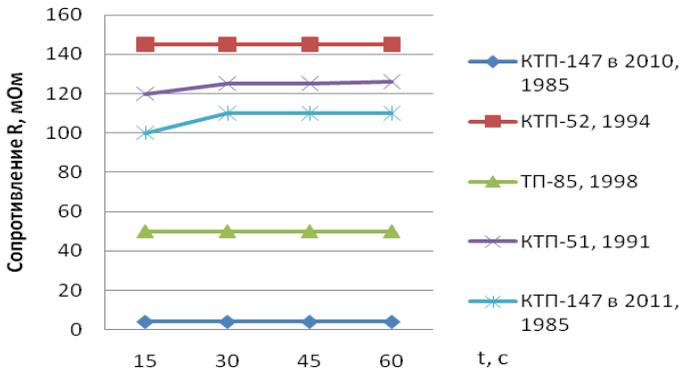


Рис. 1. Параметры сопротивления изоляции трансформаторов при заряде ее от источника напряжения 1000 В

Поэтому более объективную оценку можно получить, если наряду с измерением сопротивления изоляции измерять напряжение саморазряда и возвратное напряжение [2]. Напряжение саморазряда измеряют на объекте испытания в течение одной минуты после отключения его от источника испытательного напряжения.

Возвратное напряжение измеряют также в течение одной минуты после кратковременного разряда на землю предварительно заряженной изоляции. Оба параметра, и напряжение саморазряда и возвратное напряжение обусловлены накоплением зарядов абсорбции внутри изоляции. Поэтому их называют абсорбционными параметрами изоляции. С увеличением времени эксплуатации транс-

форматора сопротивление изоляции не всегда снижается пропорционально времени эксплуатации рис. 1. В то же время напряжение саморазряда более тесно коррелируется с износом изоляции. На рис. 3 хорошо видно, чем больше трансформатор находится в эксплуатации, тем ниже его значение напряжения саморазряда и возвратного напряжения.

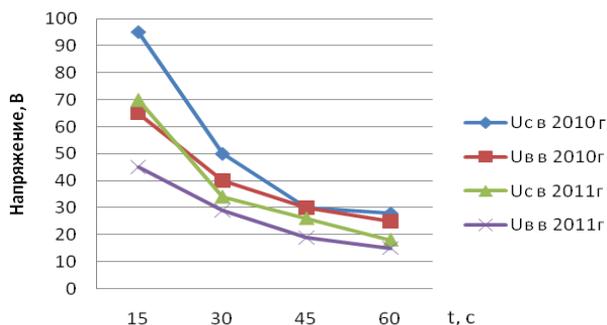


Рис. 2. Напряжение саморазряда и возвратное напряжение КТП-147 в 2010 и 2011 гг.

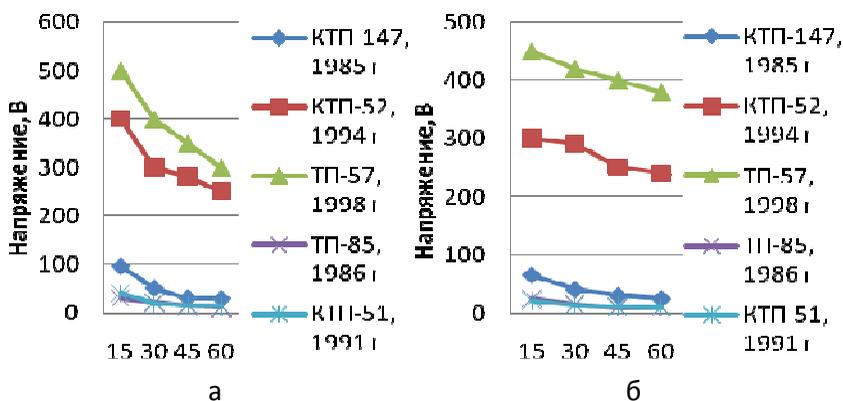


Рис. 3. Сравнение напряжения саморазряда (а) и возвратного напряжения (б) в зависимости от года эксплуатации

На основании вышеизложенного мы можем предположить, что объективную характеристику состояния изоляции можно получить, измеряя возвратное напряжение и напряжение саморазряда. Тем самым предупредить отказ трансформатора и своевременно принять необходимые меры. Для подтверждения нашей гипотезы исследования продолжаются.

Список литературы

1. Приборы мониторинга силовых трансформаторов. <http://www.energyland.info/analitic-show-56370>.
2. Серебряков, А. С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 280с.
3. Серебряков, А. С. Трансформаторы. Учебное пособие. – Княгинино: НГИЭИ, 2010. – 300 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА СИЛОСА ИЗ ОДНОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

Н. Н. Кучин, зам. директора по научной работе, д. с.-х. н., профессор ГНУ ННИИСХ;

А. П. Мансуров, к. с.-х. н., профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» НГСХА;

И. А. Шишкина, аспирант, ст. преподаватель кафедры «Механизация переработки продукции животноводства» НГСХА

Аннотация. Представлена совершенствуемая технология товарного производства, обеспечивающая эконо-

мию ресурсов на производство единицы продукции путём увеличения её количества или повышением качества.

Ключевые слова: силос, заготовка, хранение, консервирование, закваска.

POWER AND ECONOMIC ASSESSMENT OF MANUFACTURE OF THE SILO FROM ANNUAL LEGUMINOUS – CEREAL GRASSES

N. N. Kuchin., deputy director on scientific work, the doctor of agricultural sciences, the professor of GNU NNIISH;

A. P. Mansurov, the candidate of agricultural sciences, the professor of the chair «Technology of storage and processing of agricultural production» Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy;

I. A. Shishkina, the post-graduate student, the senior teacher of the chair «Mechanization of processing of production of animal industries» Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy

Annotation. The improved technology of commodity manufacture providing savings of resources on manufacture of a unit of production by an increase of its quantity or improvement of quality is presented.

Keywords: a silo, preparation, storage, conservation, ferment.

Любая совершенствуемая технология товарного производства только тогда может быть признана эффективной, когда она обеспечивает экономию ресурсов на производство единицы продукции путём увеличения её

количества или повышением качества. Ресурсы могут быть воспроизводимые и не воспроизводимые. К их числу относится также живой и овеществлённый труд. Всё это должно быть оценено в единых сопоставимых показателях. Наиболее адекватный метод оценки эффективности производственной деятельности не должен зависеть от тех или иных конъюнктурных величин, характерных, например, для экономической оценки результатов производственной деятельности. К таким методам оценки относится широко применяемый в современных научных исследованиях биоэнергетический метод оценки, который даёт наиболее объективную информацию об эффективности технологий производства кормов в многовариантных разработках. Этот метод позволяет всё многообразие живого и овеществлённого труда выразить в показателях энергии – в джоулях (Дж), килоджоулях (КДж = 10^3 Дж), мегаджоулях (МДж = 10^6 Дж), гигаджоулях (ГДж = 10^9 Дж) и т.д.[1, 2].

Для расчёта энергетической эффективности в звене заготовки и хранения кормов проводят оценку совокупных затрат энергии. Определение совокупной энергоёмкости технологий заготовки кормов проводят на основе технологических карт, включающих уборку кормовых культур, обработку массы для её консервирования, технологический процесс консервирования, способ и режим хранения с учётом всех израсходованных материальных, энергетических и трудовых ресурсов. Основой для расчёта энергетической эффективности производства силоса из однолетних бобово-злаковых трав послужили результаты лабораторных исследований отдела кормопроизводства Нижегородского НИПТИ АПК, выполненных в 2005-06 гг., и технологическая схема заготовки силосованных кормов, применяемая в СПК «Дубенское» Вадского района Нижегородской области.

Одним из основных направлений хозяйственной деятельности СПК является производство молока. В хозяйстве применяют однотипное круглогодичное кормление скота, в котором силосованные корма занимают значительное место. Закладку силоса из смесей однолетних трав проводят в секции бетонной траншеи ёмкостью 4500 т готового силоса обычным способом и с консервирующей добавкой. Секция имеет прямоугольную форму и с трёх сторон ограничена стенами из бетонных плит. Передняя торцовая сторона также частично отгорожена бетонной стенкой, в которой имеется проём для въезда транспорта. Дно траншеи имеет уклон к открытому торцу и дренажный канал. Перед въездом в траншею устроена бетонированная площадка для разгрузки силосной массы. Закладка силоса проводится «внакладку» от закрытой торцовой стороны.

Скашивание зелёной массы для силосования с измельчением осуществляется самоходным силосоуборочным комбайном «Ягуар-Мега 695» производства международной компании «Class».

От силосоуборочного комбайна в траншею масса транспортируется специально оборудованным транспортом: автомобилями «КАМАЗ» и «Урал» грузоподъёмностью 9 т и ГАЗ-53А грузоподъёмностью 4,5 т.

Общая производительность уборочно-транспортного звена составляла около 450 т/смену силосного сырья. Силосная масса с приёмной площадки в нужное место траншеи перемещается, разравнивается и трамбуется тяжёлым колёсным трактором «Кировец» К-701 с бульдозерной навеской. Молочнокислая закваска Биосил НН вносится вручную.

По окончании работы утрамбованная масса укрывается полиэтиленовой плёнкой. Концы полос плёнки накладываются внахлест на глубину до 0,5 м. Поверх плёнки для фиксации укладываются старые автопокрышки. После

заполнения и укрытия, траншея сверху утепляется 0,5-метровым слоем соломы.

Исследования и расчёты энергетической эффективности проводились по стандартным методикам ВНИИ кормов (1, 2).

Проведённая нами оценка энергетических параметров технологии приготовления силоса из однолетних трав показала, что в пределах одного срока скашивания вико-ячменной смеси уровень инвестиции энергии на 1 га посева был примерно одинаковым, т.е. применение биопрепаратов существенно его не увеличивало. При этом в фазы молочной и молочно-восковой спелости зерна ячменя в составе смеси он находился примерно на одном уровне, а к фазе восковой спелости зерна снижался на 18,1...20,7 % (табл. 1).

Таблица 1
Энергетические параметры технологий заготовки силоса из вико-ячменной смеси

Фаза спелости зерна ячменя в составе смеси	Варианты силосования	Уровень инвестиции энергии на 1 га, ГДж	Удельные затраты энергии (МДж) на заготовку 1 т:			Окупаемость затраченной энергии питательностью корма
			кор-ма	сухого вещества	сырого протеина	
Молочная	Без добавок	12,4	758	4022	26974	2,46
	С Биосилом НН	12,5	769	3939	24573	2,42
	С L. Iac.	12,5	769	3939	24573	2,59
Молочно-восковая	Без добавок	12,65	936	4108	34143	2,02
	С Биосилом НН	12,75	857	3864	33521	2,29
	С L. Iac.	12,75	858	4049	34407	2,13
Восковая	Без добавок	10,5	1083	2896	23293	3,38
	С Биосилом НН	10,56	994	2613	18830	4,30

При заготовке силосов из вико-ячменной смеси в фазе молочной спелости зерна злаковой культуры удельный расход энергии был лучшим при использовании био-

препаратов, в фазе молочно-восковой и восковой спелости – Биосила НН. Наиболее высокую окупаемость затраченной энергии питательностью корма в первый срок уборки обеспечивал биопрепарат L. las., в более поздние сроки – Биосил НН (табл. 1).

Энергетическая эффективность приготовления силоса из вико-ячменной смеси в фазу молочной спелости зерна ячменя повышалась от использования биопрепарата L. las., в фазу молочно-восковой спелости – Биосила НН и в фазу восковой спелости – от использования обоих биопрепаратов в сравнении с силосованием без добавок (табл. 2).

Таблица 2

Энергетическая эффективность приготовления силоса
из вико-ячменной смеси

Фаза спелости зерна ячменя в составе смеси	Варианты силосования	Выход обменной энергии в силосе, ГДж/га	Продуктивность живого труда, ГДж	Уровень прямых затрат энергии	
				ГДж/га	ГДж/т СВ
Молочная	Без добавок	30,5	70,7	8,22	2,66
	С Биосилом НН	30,2	65,3	8,28	2,60
	С L. las.	32,4	70,0	8,28	2,46
Молочно-восковая	Без добавок	25,5	58,1	8,38	2,72
	С Биосилом НН	29,2	62,0	8,44	2,56
	С L. las.	27,1	57,6	8,44	2,68
Восковая	Без добавок	35,5	99,3	6,91	1,91
	С Биосилом НН	42,4	111,0	6,96	1,72
	С L. las.	40,6	106,3	6,96	1,76

Наибольшей энергетической эффективностью отличалось приготовление силоса из вико-ячменной смеси в фазе восковой спелости. По выходу обменной энергии, продуктивности живого труда силос без добавок, приго-

товленный из такого сырья, превосходил, а по прямым затратам энергии уступал аналогичным силосам из сырья более ранних сроков скашивания соответственно на 32,5 – 34,8; 14,1 – 37,3 и 14,0 %, силос с Биосилом НН – на 34,3 – 52,6; 31,8 – 37,3 и 16,2 – 19,2 % и силос с L. lас. – на 19,8 – 46,0; 22,4 – 26,0 и на 17,1 – 19,8 % (табл. 2).

При силосовании люпино-ячменной смеси № 1 уровень инвестиций энергии на 1 га посевов возрастал в 1,4 – 1,95 раза по сравнению с силосованием вико-ячменной смеси, а также на 16,4 – 17,2 % от ранних сроков использования травостоев к поздним (табл. 3).

Таблица 3

Энергетические параметры технологий заготовки силоса из люпино-ячменной смеси № 1

Фаза спелости зерна ячменя в составе смеси	Варианты силосования	Уровень инвестиций энергии на 1га, ГДж	Удельные затраты энергии (МДж) на заготовку 1 т:			Окупаемость затраченной энергии питательностью корма
			корма	сухого вещества	сырого протеина	
Молочная	Без добавок	17,55	828	5453	30777	2,03
	С Биосилом НН	17,7	744	5444	35373	1,94
	С L. lас.	17,7	744	5494	31614	1,85
Молочно-восковая	Без добавок	20,57	734	5440	35422	1,71
	С Биосилом НН	20,73	739	5250	30455	1,89
	С L. lас.	20,73	760	5315	32455	1,93
Восковая	Без добавок	20,45	813	4670	26567	2,31
	С Биосилом НН	20,6	808	4375	26050	2,55
	С L. lас.	20,6	808	4384	27865	2,32

Удельные затраты энергии на производство 1т корма, сухого вещества и сырого протеина, напротив, как правило, уменьшалось от ранних к поздним срокам скашивания смесей. Причём в самую раннюю фазу наименьшими

затратами отличалось приготовление силоса без добавок, в среднюю – с L. iac. и в позднюю – с Биосилом НН, что сопровождалось лучшей окупаемостью затраченной энергии питательностью корма (табл. 3).

При уборке люпино-ячменной смеси № 1 в фазу молочной спелости зерна ячменя их силосование с обоими биопрепаратами по энергетической эффективности имело преимущество перед силосованием без добавок (табл. 4).

Таблица 4

Энергетическая эффективность приготовления силоса
из люпино-ячменной смеси № 1

Фаза спелости зерна ячменя в составе смеси	Варианты силосования	Выход обменной энергии в силосе, ГДж/га	Продуктивность живого труда, ГДж	Уровень прямых затрат энергии	
				ГДж/га	ГДж/т СВ
Молочная	Без добавок	35,7	58,7	11,75	3,65
	С Биосилом НН	34,4	52,8	11,84	3,64
	С L. iac.	32,8	50,4	11,84	3,68
Молочно-восковая	Без добавок	35,1	48,8	13,80	3,65
	С Биосилом НН	39,1	50,7	13,90	3,52
	С L. iac.	40,0	51,9	13,90	3,56
Восковая	Без добавок	47,3	67,0	13,74	3,14
	С Биосилом НН	52,5	69,6	13,84	2,94
	С L. iac.	47,9	63,5	13,84	2,95

При силосовании смеси в фазу молочно-восковой спелости наиболее энергетически эффективным было использование биопрепаратов, причём заметного преимущества их друг перед другом не отмечалось.

Наиболее высокий выход обменной энергии в силосе, продуктивность живого труда и наименьший уровень затрат энергии на 1 кг сухого вещества отмечен при силосовании смеси в фазу восковой спелости зерна ячменя. Заметное преимущество по использованию энергии выявлено в варианте применения Биосила НН (табл. 4).

При силосовании люпино-ячменной смеси № 2 инвестиция энергии на 1га посевной площади также возрастала при перенесении сроков её скашивания с ранних на поздние.

Таблица 5
Энергетические параметры технологий заготовки силоса из люпино-ячменной смеси № 2

Фаза спелости зерна ячменя в составе смеси	Варианты силосования	Уровень инвестиции энергии на 1га, ГДж	Удельные затраты энергии (МДж) на заготовку 1 т:			Окупаемость затраченной энергии питательностью корма
			корма	сухого вещества	сырого протеина	
Молочная	Без добавок	16,51	811	5158	32929	1,87
	С Биосилом НН	16,63	744	4792	28197	2,30
	С L. lac.	16,63	792	4966	29728	2,19
Молочно-восковая	Без добавок	18,76	879	5955	36162	1,70
	С Биосилом НН	18,91	732	5562	30064	1,79
	С L. lac.	18,91	744	5678	34337	1,73
Восковая	Без добавок	18,13	807	4520	27488	2,28
	С Биосилом НН	18,26	812	4277	27697	2,25
	С L. lac.	18,26	810	4152	25696	2,42

При силосовании смеси в фазу молочной и молочно-восковой спелости зерна ячменя наименьшие удельные затраты энергии на единицу корма, сухого вещества и сырого протеина обеспечивало применение биопрепаратов, причём лучшим был результат использования Биосила НН.

Таблица 6

Энергетическая эффективность приготовления силоса
из люпино-ячменной смеси № 2

Фаза спелости зерна ячменя в составе смеси	Варианты силосования	Выход обменной энергии в силосе, ГДж/га	Продуктивность живого труда, ГДж	Уровень прямых затрат энергии	
				ГДж/га	ГДж/т СВ
Молочная	Без добавок	30,8	53,8	11,01	3,44
	С Биосилом НН	38,2	62,4	11,09	3,20
	С L. lac.	36,5	59,6	11,09	3,31
Молочно-восковая	Без добавок	32,0	49,1	12,57	3,99
	С Биосилом НН	33,9	48,5	12,67	3,73
	С L. lac.	32,7	46,8	12,67	3,80
Восковая	Без добавок	42,6	67,9	12,16	3,03
	С Биосилом НН	42,6	63,6	12,25	2,87
	С L. lac.	45,9	68,5	12,25	2,78

Перенесение срока использования смеси на последний (фаза восковой спелости) по снижению удельных затрат на первое место выводило вариант силосования с биопрепаратом L. lac. Причём из трёх сроков скашивания именно этот вариант отличался наилучшим результатом использования энергии (табл. 5).

Применение биопрепаратов при силосовании люпино-ячменной смеси № 2 существенно улучшало энергетическую эффективность технологии (табл. 6).

Использование смеси для силосования в фазе молочной и молочно-восковой спелости зерна ячменя давало

преимущество его консервированию Биосилом НН, в фазу восковой спелости – L. Iac (табл. 6).

Проверку эффективности использования биопрепаратов при силосовании смесей однолетних бобово-злаковых трав проводили в условиях СПК «Дубенский» Вадского района Нижегородской области.

Однолетние бобово-злаковые травы скашивали на силос в фазу восковой спелости зерна при средней влажности вико-ячменной смеси около 62 %. Масса измельчалась на отрезки 20-30 мм. Всего в секцию траншеи было заложено 872 т такого сырья, половина из которого биопрепаратом не обрабатывалась. Общая продолжительность заполнения силосной секции траншеи различными видами сырья составила 12 дней.

Результаты биохимического анализа силоса, проведённые через 6-8 мес. хранения, подтвердили преимущество силосования вико-ячменной смеси с молочнокислой закваской Биосил НН (табл. 7).

Внесение биологического препарата стимулировало дополнительное образование молочной ($P < 0,01$) и уксусной, ограничивало накопление масляной ($P < 0,01$) кислот, способствовало подкислению силоса до pH 4,1 ($P < 0,05$). Силос с консервирующими добавками лучше сохранял сухое вещество и имел в своём составе больше сырого и пептизируемого протеина ($P \leq 0,1$), сырого жира, сахара ($P < 0,01$), сырой золы ($P < 0,05$) и меньше сырой клетчатки ($P < 0,01$). Благодаря этому он превосходил силос без добавок по содержанию обменной энергии ($P = 0,10$). По всем оцениваемым ОСТ 10202-97 показателям химического состава и качества брожения силос из вико-ячменной смеси с Биосилом НН отвечал требованиям 1 класса качества. Силос без добавок оценивался 2 классом по таким важным показателям, как содержание сырого протеина и масляной кислоты. По кислотности он соответствовал требованиям

лишь 3 класса. Поэтому по комплексу признаков силос с добавками был отнесён к 1 классу, а обычный – ко 2 классу качества (табл. 7).

Таблица 7

Состав, питательность, и качество силосов
из однолетних трав

Показатели	Силос:	
	традиционный	с Биосилом НН
Сухое вещество (СВ), %	37,40±0,	38,03±0,
Химсостав СВ, %: сырой протеин	12,51±0,78	13,86±0,21
сырой жир	2,51±0,12	2,81±0,12
сырая клетчатка	29,33±0,96	27,35±0,87***
сырая зола	7,49±0,17	8,33±0,26**
БЭВ	48,24±1,20	47,65±1,47
в т.ч. сахар	8,06±0,31	9,89±0,23***
органические кислоты	6,07±0,84	8,98±0,78*
из них: молочная	3,13±0,25	6,18±0,39***
уксусная	2,07±0,07	2,73±0,34
масляная	0,87±0,22	0,08±0,05**
РН	4,40±0,03	4,10±0,02***
Питательность 1 кг корма: кормовые единицы	0,377±0,01	0,389±0,01
обменная энергия, МДж	3,67±0,11	3,99±0,10*
переваримый протеин, г	30,5±2,8	38,9±0,7*
Класс качества	2	1

Таблица 8

Экономические показатели заготовки силоса

Показатели	Силос		
	обычный	с биодобавкой	
Заложено, т: силосной массы	436	436	
сухого вещества	165	165	
Выход, т: силоса	389,0	427,8	
сухого вещества	145,5	162,7	
переваримого протеина	11,86	16,66	
кормовых единиц	113,5	133,4	
обменной энергии, ГДж	1427,4	1672,6	
Затраты, тыс. руб.: на возделывание	264,9	264,9	
на уборку	100,6	100,6	
Всего	365,5	365,5	
Себестоимость 1 т, руб.: корма	939,6	854,4	
сухого вещества	2512,0	2246,5	
переваримого протеина	30817,9	21952,0	
кормовых единиц	3220,3	2739,9	
1 ГДж обменной энергии	256,1	218,5	
Получено на 1 рубль затрат в готовом силосе	сухого вещества, кг	0,398	0,445
	переваримого протеина, г	32	45
	обменной энергии, МДж	3,90	4,58

Экономическая оценка технологий была проведена по методике ВНИИ кормов [3] с использованием материалов бухгалтерского учёта по фактическим затратам материальных и денежных средств на заготовку силоса из смесей однолетних бобово-злаковых трав. Она показала, что выход готового корма при приготовлении силоса с биопрепаратом Биосил НН увеличивался на 9,9 %, а содержание в нём сухого вещества, переваримого протеина, кормовых единиц и обменной энергии было выше соответственно на 11,8; 40,4; 17,5 и 17,1 %, чем в силосе без добавок. Благодаря лучшей сохранности питательных веществ

при приготовлении силоса с Биосилом НН снизилась себестоимость 1 т: корма на 9,1 % и содержащихся в его составе сухого вещества на 10,6, перевариваемого протеина на 28,8, кормовых единиц на

15,0 % и 1 ГДж обменной энергии на 14,7 %.

На производство 1 т сырого протеина в этом корме затрачивалось на 2,3 тыс. руб. или на 15,2 % средств меньше, чем при заготовке силоса без добавок. На каждый рубль затрат в готовом силосе с биопрепаратом было дополнительно получено 0,047 кг сухого вещества, 13г переваримого протеина и 0,68 МДж обменной энергии или соответственно на 11,8;40,6 и 17,4 % больше, чем в традиционном силосе (табл. 8).

Таким образом, проверка в производственных условиях эффективности биологического препарата Биосил НН подтвердила его положительное влияние на результаты консервирования корма, лучшую сохранность питательных веществ, в особенности протеина. Благодаря этому, несмотря на дополнительные затраты, связанные с покупкой и использованием консервирующих средств, экономические показатели заготовки силоса из вико-ячменной смеси с его использованием выгодно отличалась от таковых при производстве силосованного корма по традиционной технологии.

Список литературы

1. Алиев, С. А. Агроэнергетика – основа повышения плодородия почв и урожаев сельскохозяйственных культур. / С. А. Алиев // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур в Сибири. – Новосибирск, 1986. – с. 13...17.

2. Жученко, А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Роль науки

в повышении эффективности растениеводства / А. А. Жученко, А. Д. Урсул. – Кишинёв; Штинуа, 1983. – 304 с.

3. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. / Подготовлен А. А. Михайличенко, А. А. Кутузова, Ю. К. Новосёлов [и др.]. – М.: 1995. – 174 с.

ВИХРЕВОЙ (ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ) ИСТОЧНИК ТЕПЛОТЫ

Н. В. Оболенский, д.т.н., профессор кафедры «Механика», НГИЭИ;

Ю. Е. Крайнов, преподаватель кафедры «Механика», НГИЭИ;

С. Б. Красиков, директор ГОУ НПО «Профессиональный лицей»

Аннотация. Разрабатываемые в рамках кавитационно-акустического воздействия технологии и оборудования могут быть использованы в различных отраслях промышленности, в частности, в пищевой промышленности при обработке сырной сыворотки.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, полость, каверна, нагрев.

VORTICAL (HYDRODYNAMICAL) SOURCE OF HEAT OF

N. V. Obolensky, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Mechanic», NGIEI;

J. E. Krajnov, the teacher of the chair «Mechanic», NGIEI;

S. V. Krasikov, the director GOU NPO «Professional liceum»

Annotation: technologies developed within the limits of cavitative-acoustic influence and the equipment can be used in various industries, in particular, in the food-processing industry at processing cheese whey.

Keywords: ultrasound, cavitation, a cavern, a cavity, heating.

Использование ультразвуковых колебаний высокой интенсивности позволяет ускорить многие технологические процессы, протекающие в жидких, газообразных и твердых средах. Основным фактором, инициирующим ускорение процессов в ультразвуковом поле высокой интенсивности, является кавитация – явление образования и схлопывания парагазовых пузырьков в жидкой среде, подвергаемой гидродинамическому воздействию (рис. 1).

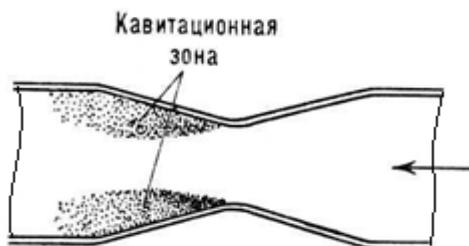


Рис. 1. Явление гидродинамической кавитации в жидкой среде

Явление гидродинамической кавитации, возникает при распространении в жидкости упругих колебаний с заданной амплитудой гармонического давления и строго де-

терминировано по распределению энергии с параметрами пространства упругих колебаний.

Кавитационные реакторы конструкции Ю. С. Потапова – ЮСМАР были первыми серийно выпускаемыми и внедренными в эксплуатацию. Кроме ЮСМАР малыми сериями изготавливались и поставлялись потребителям теплогенераторы: Палевича А. Ф. (патент RU 2129689 от 06.04.98 г.), Мустафаева Р. И. (патент RU 2132517 от 27.06.99 г.), Калиниченко А. Б. (патент RU 2223452 от 10.02.04 г.) и близкий по конструкции инжекторный термогенератор Курносова Н. Е (патент RU 2177591 от 27.12.01 г.), где для ускорения жидкости вместо циклона используется тангенциальное сопло. В настоящее время нам известно 32 патента на «вихревые трубы» и 18 патентов на инжекторные/эжекторные теплогенераторы.[1].

За основу кавитационного реактора была принята Вихревая труба Ранке[1].

Известно, что кавитация возникает при достижении потоком граничной скорости $V = V_c$, когда давление в потоке становится равным давлению парообразования (насыщенных паров). Этой скорости соответствует граничное значение критерия кавитации.

Кавитационное течение характеризуют безразмерным параметром (числом кавитации):

$$K = \frac{z(P - P_s)}{\rho V^2}, \quad (1)$$

где P – гидростатическое давление набегающего потока, Па; P_s – давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды, Па; ρ – плотность среды, кг/м³; V – скорость потока на входе в систему, м/с.

В зависимости от величины X можно различать четыре вида потоков [2]:

1) докавитационный – сплошной (однофазный) поток при $X > 1$;

2) кавитационный – (двухфазный) поток при $X \approx 1$;

3) плёночный – с устойчивым отделением кавитационной полости от остального сплошного потока (плёночная кавитация) при $X < 1$;

4) суперкавитационный – при $X \leq 1$.

Нами на стенде ТИЭПВ-1 [3], установленном в лаборатории кафедры «Механика» ГБОУ ВПО НГИЭИ, проведены исследования вихревого (гидродинамического) теплогенератора с целью определения возможности усиления гидродинамической составляющей кавитационного воздействия в вихревой трубе, а также определения оптимальных геометрических параметров улитки и удельного расхода электроэнергии ($W_{y\partial}$) для нагрева 1 кг воды на 1 °С,

Вт ч/кг °С:

$$W_{y\partial} = W/G_{\phi}\Delta t_l, \quad (2)$$

где W – количество электроэнергии, потреблённой ВТГ в течение 1 ч; G_{ϕ} – усреднённое фактическое количество воды, нагретой в течение 1 ч; Δt_l – усреднённая разница между температурой воды на выходе из ВТГ и на входе в него в начале испытаний.

В качестве прототипа исследуемого теплогенератора был принят вихревой теплогенератор Потапова Ю. С. (рис. 2) [1].

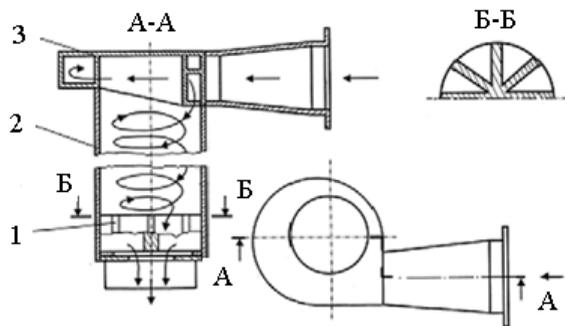


Рис. 2. Вихревая труба: 1 – развихритель, 2 – корпус трубы, 3 – улитка

При входе в улитку (рис.3, *a*) поток воды закручивается в вихревом движении и, пройдя по кругу, обжимает входной поток, создавая на входе в улитку неполный гидравлический удар, в котором сокращение кавитационного пузырька происходит с большой скоростью и с резким перепадом давления. Эффект сопровождается звуковым импульсом тем более сильным, чем меньше газа содержит пузырёк.

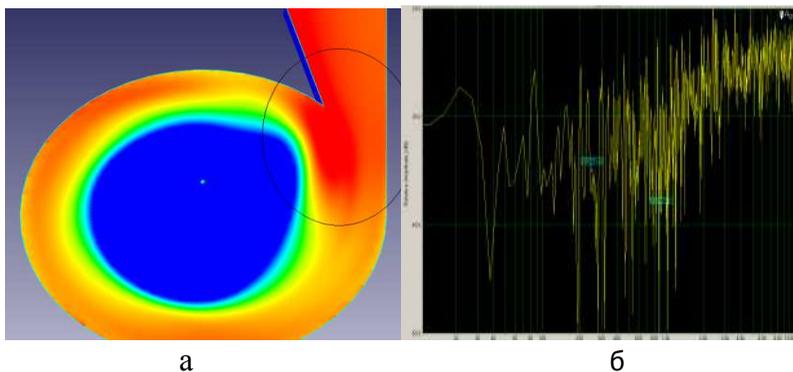


Рис. 3. Улитка теплогенератора (*a*) и звуковой спектр (*б*) при её работе

Если степень развития кавитации такова, что в случайные моменты времени возникает и захлопывается множество пузырьков, то явление сопровождается сильным шумом со сплошным спектром (рис.3,б) от нескольких сотен Гц до тысяч Гц.

Известно [2], что на элементарную струйку воздействуют факторы 1...4 (см. рис.4):

$$1) \quad dP_1 = p \cdot d\omega; \quad dP_2 = \left(p + \frac{\partial p}{\partial S} dS \right) d\omega - \text{давление на}$$

торцевые сечения;

$$2) \quad dG = \rho \cdot g \cdot d\omega \cdot dS - \text{масса выделенного элемента};$$

$$3) \quad dF = \tau \cdot \underbrace{d\chi \cdot dS}_{d\delta\delta\delta} - \text{сила сопротивления по периметру}$$

$d\chi$;

$$4) \quad dFuF = dm \frac{du}{dt} = \rho \cdot d\omega \cdot dS \frac{du}{dt} - \text{сила инерции, свя-}$$

занная с изменением во время скорости течения,

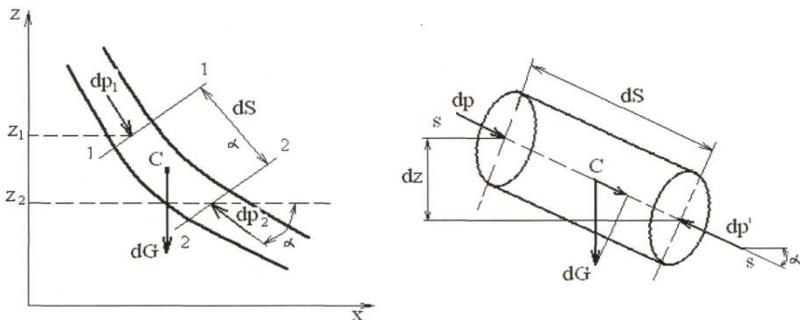


Рис. 4. Факторы, действующие на элементарную струйку

Применительно к системе гидроудара основное уравнение неустановившегося движения имеет вид:

$$\left(\frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g}\right) - \left(\frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g}\right) + \int_{s_1}^{s_2} \frac{\tau}{\rho \cdot g} \cdot \frac{d\chi}{d\omega} dS + \int_{s_1}^{s_2} \frac{\partial u}{g \cdot \partial t} dS = 0. \quad (3)$$

При этом повышение давления в улитке будет равным:

$$\Delta p = \rho \cdot v \cdot \frac{1}{\sqrt{\rho \cdot \left(\frac{1}{E_1} + \frac{D}{b \cdot E_2}\right)}}, \quad (4)$$

где p – давление, ρ – плотность, v – скорость жидкости, E_1 – модуль упругости жидкости, E_{21} – модуль упругости стенок улитки, D – диаметр улитки.

Для усиления явления гидродинамической кавитации гидроудара при неустановившемся движении жидкости, нами изменена конструкция входной части реактора, используя уравнения (3) и (4), рассчитан и изготовлен опытный образец улитки (рис.5), а также проведены сравнительные испытания реактора с существующей и вновь рассчитанной улиткой.

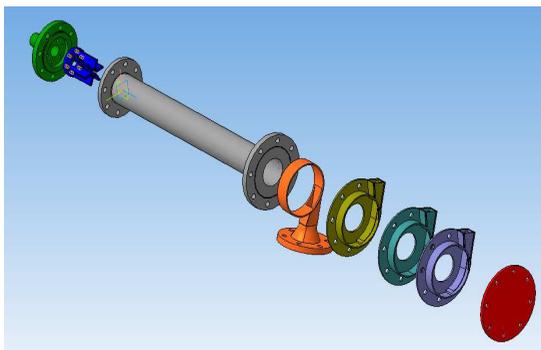


Рис. 5. Реактор кавитационного теплообменника с набором различных улиток

Результаты испытаний отражены на рис.6 и 7.

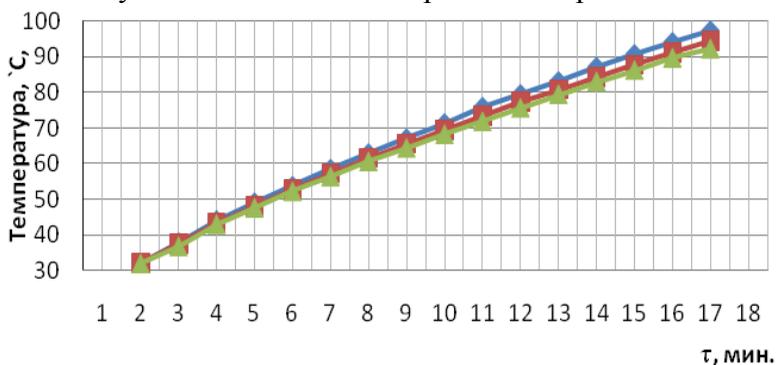


Рис. 6. Зависимость температуры нагрева 20 кг воды в режиме рециркуляции

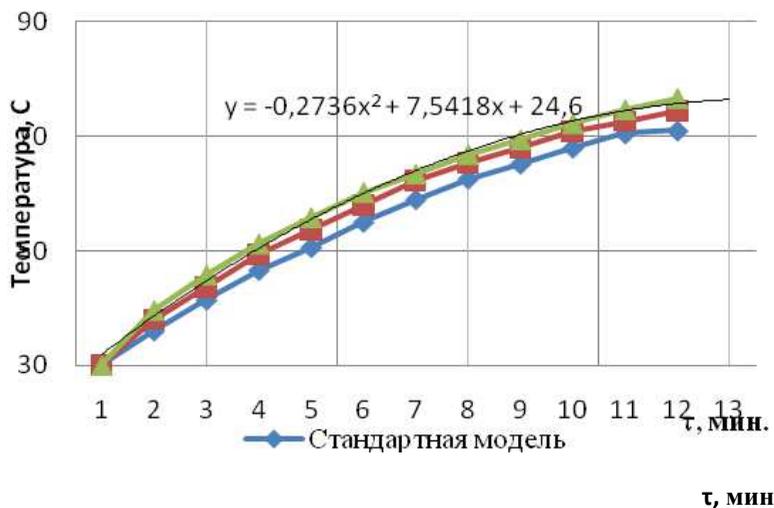


Рис. 7. Зависимость температуры нагрева в режиме отопления

Результаты исследований показали, что изменение конструкции модели улитки привело к увеличению скорости нагрева воды при одних и тех же исходных параметрах реактора.

Кавитационный реактор – рабочая модель при работе в режиме циркуляции нагревает воду, например до 70 °С, на 4,9 %, а с рассечением потока на 9,8 % быстрее, в режиме отопления, соответственно, на 5,0 % и 14,2 %. Таким образом, изменение конструкции улитки приводит к улучшению эксплуатационных параметров кавитационного реактора.

Эффективность кавитационно-акустического воздействия в технологических процессах сельскохозяйственного производства показана в работе [5].

Применение кавитационного реактора в пищевой промышленности позволяет не просто нагревать продукты, но и использовать его как специальное технологическое оборудование. В частности, в таких технологических процессах, как пастеризация сырного рассола.

Проведённые на стенде [3, 6, 7] исследования показали, что использование кавитационной установки не требует, например, при обработке сырной сыворотки нагревать её выше 90 °С. Достаточен нагрев всего до 70 °С, т.к. уничтожение микроорганизмов в ней происходит за счет схлопывания и кавитационных пузырьков, а увеличение скорости нагрева среды позволяет экономить от 4,9 до 14,2 % расходуемой электроэнергии. К тому же такая обработка пищевых продуктов значительно меньше изменяет их физико-химические и структурно-механические свойства, а также способствует получению продукта с максимальным содержанием в нем питательных веществ и витаминов при минимальных потерях сырья.

Список литературы

1. Потапов, Ю. С. Энергия вращения. / Ю. С. Потапов Л. П., Фоминский, С. Ю. Потапов.
2. Иванов, А. Н. Гидродинамика развитых кавитационных течений / Иванов А. Н. – Л.: Судостроение, 1980. – 237 с.
3. Осокин, В. Л. Результаты экспериментально-теоретических исследований по разработке стенда испытаний подогревателей воды: монография /В. Л. Осокин. – Княгинино; Изд-во НГИЭИ, 2011. – 142 с.
4. Федоткин, И. М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов).Ч.1. / И. М. Федоткин, И. С. Гулый – К.: Полиграфкнига, 1997. – 940 с.
5. Крайнов, Ю. Е. Эффективность кавитационно-акустического воздействия в технологических процессах сельскохозяйственного производства / Н.В. Оболенский, В. Л. Осокин, Ю. Е. Крайнов // «Механизация и электрификация сельского хозяйства». – 2011. – № 5 – С.23...25.
6. Патент на полезную модель № 101835 (заявка № 2010130289). Стенд для испытаний электрических конструкций подогревателей воды / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин. (РФ). – 4с: ил.1. Опубл. 27.01.2011. Бюл. № 3.
7. Патент на полезную модель № 107360 (заявка № 2011111913). Стенд для испытаний электрических подогревателей воды / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин, Ю. Е. Крайнов, С. А. Борисов, С. Б. Красиков (РФ). – 4 с: ил.1. Опубл. 10.08.2011. Бюл. № 22.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

П. А. Савиных, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Механизация животноводства», НИИ им.

Н. В. Рудницкого г. Киров;

К. Е. Миронов, аспирант, преподаватель кафедры «Трактора и автомобили», НГИЭИ

Аннотация. Указана необходимость качественного измельчения зерна, кратко описаны виды и способы измельчения, рассмотрены существующие типы измельчителей. Указаны основные требования, предъявляемые к дробилкам зерна, выявлены основные недостатки используемых дробилок. Предложена и описана принципиально новая конструкция дробилки. Работа направлена на дальнейшее исследование и совершенствование процессов измельчения.

Ключевые слова: измельчение, зерно, дробилка, удар, ротор.

PERFECTION OF WAYS OF CRUSHING OF GRAIN

P. A. Savinyh, the doctor of technical sciences, the professor, the manager of the chair «Mechanization of animal industries», Scientific Research Institute by N. V. Rudnitsky, Kirov;

K. E. Mironov, the post-graduate student, the teacher of the chair «Tractors and cars», NGIEI

Annotation. The indispensability of qualitative crushing of grain is specified, types and ways of crushing are outlined, and existing types of grinders are considered.

The fundamental requirements shown to crushers of grain are specified, the basic lacks of used crushers are re-

vealed. Essentially new design of a crusher is offered and described. Work is directed on a further investigation and perfection of processes of crushing.

Keywords: crushing, grain, a crusher, impact, a rotor.

Качественное измельчение кормов в сельском хозяйстве является необходимым требованием для нормальной жизнедеятельности и повышения продуктивности животных. Но сам процесс измельчения при приготовлении кормосмесей и комбикормов является одним из наиболее энергоёмких. Снижение энергоёмкости и увеличение производительности кормоизмельчителей прямо зависит от применения и комбинирования различных видов измельчения кормов (рис.1).

Измельчение – процесс разделения твёрдого тела до требуемых размеров посредством приложения внешних сил.

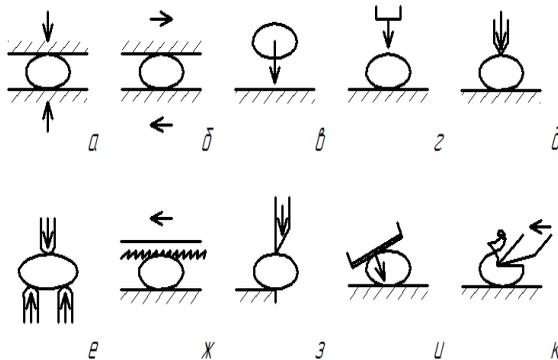


Рис. 1. Виды измельчения:

а) раздавливание, б) истирание, в) удар свободный, г) удар стеснённый, д) раскалывание, е) излом, ж) распиливание, з) резание пуансоном, и) резание лезвием, к) резание резцом

В современных дробилках зерна, различных по конструкции, многие виды измельчения действуют одновременно, например, раздавливание и истирание, истирание и удар. Необходимость в комбинировании различных видов измельчения вызывается многообразием размеров и свойств измельчаемого материала, а также требований к свойствам и размерам готового продукта. Измельчители разделяются на следующие основные типы:

- щековые, в которых материал измельчается в пространстве между двумя щеками раскалыванием, раздавливанием и истиранием при их периодическом сближении;

- валковые, состоящие из валков, вращающихся относительно неподвижной поверхности или относительно друг друга и раздавливающих, а также истирающих поступающий между ними материал;

- конусные, где одна коническая поверхность эксцентрично движется относительно другой, осуществляя тем самым раздавливание, излом, истирание материала;

- измельчители ударного действия, разделяющиеся на молотковые и роторные.

Принцип действия молотковых измельчителей основан на ударах по материалу шарнирно подвешенных молотков и частичным истиранием. В роторных дробилках материал ударяется жёсткими билами, а также может ударяться об отражательные плиты.

В сельском хозяйстве для измельчения зерна наибольшее распространение нашли дробилки именно ударного действия, в частности молотковые (рис.2). Достоинствами таких дробилок являются их простота и компактность, возможность лёгкой замены изношенных деталей, доступные подведение измельчаемого материала и отвод готового продукта. К недостаткам дробилок данного типа

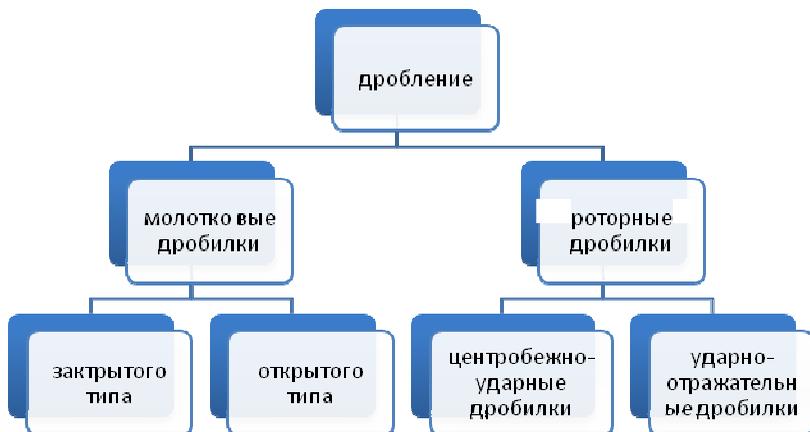


Рис. 2. Основные способы дробления зерна

следует отнести высокую стоимость дробилок, сравнительно большие энергетические затраты и низкое качество готового продукта, так как получаемый продукт отличается высокой степенью неоднородности гранулометрического состава.

Поэтому необходимы дальнейшие исследования, направленные на создание более совершенной дробилки зерна. Она должна обладать простотой конструкции и невысокой металлоёмкостью, иметь небольшую энергоёмкость, обеспечивать равномерность гранулометрического состава готового продукта, иметь широкие возможности регулирования степени измельчения, обеспечивать заменяемость рабочих органов и лёгкий доступ к ним.

Выявив необходимость дальнейших исследований, направленных на совершенствование процессов измельчения, мы предлагаем принципиально новый вариант измельчителя зерна ударного действия (рис.3). Его отличительными особенностями является поворотное расположение лопастей-бил ротора и использование также в качестве

рабочих органов боковых стенок-плит, что в совокупности обеспечит многократные удары измельчаемого материала и естественный своевременный отвод измельчённого продукта из корпуса дробилки. Благодаря использованию такой конструкции предполагается снизить материалоемкость, уменьшить энергозатраты и улучшить качество готового продукта.

Дробилка зерна с поворотным расположением лопастей-бил ротора и боковыми стенками-плитами состоит из рамы, горизонтально расположенного цилиндрического корпуса, к которому с торцов крепятся две съемные стенки-плиты (одна с загрузным окном и крепящимся к ней бункером, вторая – с выгрузным окном со встраиваемыми

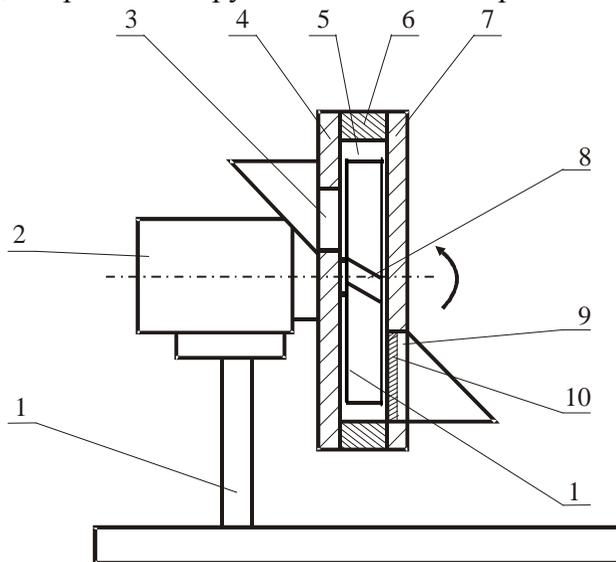


Рис. 3. Общий вид дробилки: 1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – загрузочное окно; 4 и 7 – плиты; 5 – камера измельчения; 6 – барабан; 8 – ротор; 9 – выгрузное окно; 10 – решето; 11 – лопасти

сменными решётами), и горизонтально расположенного ротора, на котором крепятся лопасти, расположенные под определённым углом относительно своих осей, электропривода и пульта управления. Рабочими органами измельчения в данном случае являются лопасти ротора, а также поверхности плит боковых стенок дробилки, о которые материал ударяется многократно, отлетая от расположенных под определённым углом вокруг своих осей лопастей ротора и относительно плоскостей боковых стенок – плит соответственно.

Дробилка работает следующим образом. Подлежащий измельчению материал под действием силы тяжести из бункера через загрузное окно 3 стенки – плиты 4 отправляется внутрь корпуса 6, где сразу попадает под касательные удары быстро вращающихся лопастей – бил 11, от которых отлетает на вторую (противостоящую) стенку-плиту 7, измельчаясь и вновь отлетая на первую стенку, и так далее, подвергаясь многократным разрушительным ударам лопастей и отражательных плит. Материал, таким образом, подвергаясь воздействию рабочих органов и измельчаясь, движется по кругу внутри цилиндрического корпуса, пока не достигает выгрузного отверстия 9. Соответственно измельчённая фракция своевременно транспортируется через решето 10 выгрузного окна во второй стенке за счёт сил инерции, а также воздушного потока, нагнетаемого лопастями ротора. Крупная фракция продолжает движение внутри корпуса дробилки, измельчаясь до необходимых размеров.

Таким образом, предлагаемая дробилка ударного действия обладает рядом преимуществ перед существующими и широко используемыми в сельском хозяйстве молотковыми дробилками. Зерно при измельчении в ней подвергается многократным ударам, своевременно подводится и отводится из корпуса, что обеспечивает быстрое и каче-

ственное измельчение зерна, за счёт чего повышается экономичность процесса. Дальнейшая разработка данной дробилки, а также исследование закономерности процесса измельчения зерна в ней, практические испытания являются актуальной и перспективной задачей.

Список литературы

1. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, Ленингр. отделение, 1978. – 560 с.
3. Сыроватка, В. И. Механизация приготовления кормов: Справочник / В. И. Сыроватка, А. В. Демин, А. Х. Джалилов [и др.]; Под общ. Ред. В. И. Сыроватка. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368с., ил.
4. Механизация процессов консервирования и приготовления кормов: Учебно-методическое издание. – Улан-Удэ: Издательство ФГОУ ВПО «БГСХА им. В. Р. Филиппова», 2008. – 110 с.
5. Наумов, И. А. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи. Издательство «Колос», 1975 г.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ УСТАНОВКИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО РАССОЛА ДЛЯ ПОСОЛКИ СЫРА

Е. А. Денисюк, к.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Механизация переработки продукции животноводства», НГСХА;

И. А. Носова, доцент кафедры «Механизация переработки продукции животноводства», НГСХА

Аннотация. Приведены результаты расчета годового экономического эффекта от внедрения в производство установки приготовления и регенерации рассола для посолки сыра пастеризацией на основе кавитационного теплогенератора.

Ключевые слова: посолка сыра, регенерация рассола, кавитационный теплогенератор, экономический эффект.

CALCULATION OF ECONOMIC BENEFIT OF INTRODUCTION of INSTALLATION OF PREPARATION AND REGENERATION OF THE FULFILLED BRINE FOR CHEESE SALTING

E. A. Denisjuk, the candidate of technical sciences, the professor, the manager of the chair «Mechanization of processing of production of animal industries», Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy;

I. A. Nosova, the docent of the chair «Mechanization of processing of production of animal industries», Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy

Annotation. Results of calculation of annual economic benefit of introduction in manufacture of installation of preparation and regeneration of brine for cheese salting by pasteurization on the basis of cavitative heat generator are resulted.

Keywords: cheese salting, regeneration of brine, cavitative heat generator, economic benefit.

Оценка эффективности вложений должна базироваться на системе оценочных показателей, учитывающих государственные интересы (экологическая безопасность технологического процесса и внедрение инноваций в агропромышленный комплекс), государственного и местного бюджетов (за счет увеличения налоговых поступлений), производителей (снижение трудоемкости технологического процесса и увеличение производительности труда), а также интересы работников (увеличение заработной платы и улучшение эргономичности рабочих мест).

В настоящее время при оценке эффективности инновационных процессов руководствуются Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов. Однако они не в полной мере подходят для оценки эффективности вложений, поскольку они не учитывают многих особенностей процесса модернизации. Реализация нововведений имеет конечной целью достижение лучших результатов по сравнению с аналогом.

Эти особенности заключаются в следующем:

1) при оценке эффективности модернизации необходимо учитывать не только общую массу дохода (полезного результата), который возможно получить за весь срок полезного использования нововведения, но и его прирост по сравнению с аналогом;

2) сравнительная оценка эффективности инноваций необходима не только для выбора и определения наилуч-

шего варианта из числа возможных, но и для определения влияния на экономические, технологические, социальные и экологические показатели хозяйственной деятельности предприятия.

Нами предложена установка приготовления и регенерации отработанного рассола для посолки сыра на основе кавитационного теплогенератора с целью пастеризации [1, 2, 4]. Применение данной установки при приготовлении свежего рассола и регенерации отработанного позволит проводить более глубокую его обработку, увеличивая сроки его хранения и использования, снижая расход энергоносителей [3].

Для оценки эффективности предлагаемой установки необходима система показателей, отражающих конечные результаты (эффект за счет экономии сырьевых и энергетических ресурсов), а также соотношение результатов и затрат, обусловленных разработкой и эксплуатацией установки регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора.

Расчет экономической эффективности результатов исследования проводился по действующим методикам, стандартам и нормативным документам с учетом среднего уровня инфляции, при этом были использованы показатели, отражающие стоимостные и натуральные характеристики сравниваемых вариантов, что соответствует современным требованиями рыночной экономики.

Оценка эффективности использования усовершенствованной установки для регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора выполнена по показателям эксплуатационных затрат, затрат труда и электроэнергии, а также капитальных затрат с учетом монтажа предлагаемой установки в производственных условиях.

В качестве базы сравнения был принят промышленный электропастеризатор марки ИПКС-200.

Исходные данные для расчета экономии соли и воды при внедрении предлагаемой установки определены нормативно-ресурсным методом. Стоимостные показатели использовались в масштабах цен 2011 года.

Таблица 1

Расчет эффекта от внедрения установки регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора за счет экономии соли, воды и экологических тарифах по сравнению с базовым вариантом

Показатели	Ед. изм.	Существующая технология	Предлагаемая технология	Эффект
Производство сыра в год	кг	16823	16823	0
Требуется рассола в год	кг	100938	830	100108
Требуется соли в год	кг	22206	8258	13948
Требуется воды в год	м ³	79	1	78
Объем сточных вод	м ³	86	0,71	86
Плата за сточные воды	руб/м ³	8,83	8,83	0
Цена соли	руб/кг	5,25	5,25	0
Плата за потребление воды и содержание системы холодного водоснабжения	руб/м ³	23,01	23,01	0
Экологические расходы	руб.	761,78	6,26	756
Расходы на водоснабжение	руб.	1810,89	13,81	1797
Расходы на соль	руб.	116583,39	43354,50	73229
Совокупная экономия на водных и экологических тарифах и соли	руб.	x	x	75781

Как видно из таблицы 1, существенную экономию при применении технологии регенерации отработанного рассола для посолки сыра составит снижение расходов на соль при приготовлении свежего рассола 73,2 тыс. руб., экономия средств также осуществляется за счет снижения расхода воды при регенерации рассола с целью его многократного использования – 1,8 тыс. руб.

Размер необходимых капитальных вложений для установки регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора складывается из следующих элементов затрат:

$$KB = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5, \quad (1)$$

где KB – капитальные вложения установки регенерации рассола, тыс.руб.; Z_1 – стоимость покупных изделий для установки, тыс. руб.; Z_2 – стоимость материала для изготовления оригинальных деталей установки, тыс. руб.;

Z_3 – затраты на оплату труда с отчислениями на соцнужды рабочих, занятых на изготовлении деталей, тыс. руб.;

Z_4 – затраты на монтаж и установку оборудования, тыс. руб.; Z_5 – прочие непредвиденные расходы, тыс. руб.

Эффект от внедрения установки регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора состоит в экономии энергетических, сырьевых ресурсов, снижения трудозатрат и экологических тарифов за счет сокращения объема соленых сточных вод:

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_e + \mathcal{E}_{от} + \mathcal{E}_{эк} + \mathcal{E}_{эл}, \quad (2)$$

где \mathcal{E}_p – общий, совокупный эффект от экономии ресурсов при внедрении новой технологии, тыс. руб.; \mathcal{E}_c – эко-

номия на затратах на покупку соли, тыс. руб.; \mathcal{E}_e – экономия на затратах на плате за потребление воды и содержание системы холодного водоснабжения, тыс. руб.; $\mathcal{E}_{от}$ – экономия затрат на оплату труда за счет сокращения трудоемкости технологического процесса, тыс. руб.; $\mathcal{E}_{эж}$ – экономия на затратах на плате за сточные воды, тыс. руб.; $\mathcal{E}_{эл}$ – экономия на затратах на электроэнергию, тыс. руб.

Таблица 2

Сводная смета затрат на капитальные вложения на установку регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора

Показатели	Единицы измерения	Значения
1.Стоимость покупных изделий	тыс. руб.	220,97
2.Стоимость материала для изготовления оригинальных деталей	тыс. руб.	11,73
3.Затраты на оплату труда рабочих с отчислениями на соцнужды	тыс. руб.	12,23
4. Итого затрат на кавитационный теплогенератор	тыс. руб.	244,93
5. Затраты на монтаж и установку оборудования (25% от стоимости установки)	тыс. руб.	61,23
6. Прочие (15% от суммы предыдущих затрат)	тыс. руб.	45,9
Итого капитальных затрат	тыс. руб.	352,1

Таблица 3

Совокупный эффект от внедрения предлагаемой
технологии по сравнению с базовой

Показатели	Ед. изм.	Электрический пастеризатор ИПКС-200	Кавитационный теплогенератор	Эффект (экономия ресурсов)
Расход электроэнергии за час работы	кВт·ч	35	30	5
Продолжительность пастеризации	ч	2,33	1	1
Расход электроэнергии за цикл	кВт	81,6	30,0	52
Расход электроэнергии за год	кВт	9921,9	3650,0	6272
Тарифы для юридических лиц на электроэнергию	руб./кВт	4,3	4,3	0
Затраты на электроэнергию	тыс. руб.	42,4	15,6	27
Трудоемкость обслуживания 1 цикла	чел. ч	2,3	1	1
Трудозатраты на обслуживание аппаратуры в год	чел. ч	283,5	121,7	162
Часовая тарифная ставка по ЕТС	руб./ч	360,78	391,22	30,44
Коэффициент, учитывающий компенсационные и стимулирующие надбавки		1,30	1,50	0,20
Обязательные отчисления во внебюджетные социальные фонды	в % к заработной плате	20,2	20,2	0,00

Продолжение таблицы 3

Затраты на оплату труда с отчислениями на социальные нужды	тыс. руб.	159,82	95,67	64,14
Совокупный эффект от внедрения предлагаемой технологии	тыс. руб.	x	x	166,1

Необходимо отметить, что самый существенный экономический эффект связан со снижением трудоемкости технологического процесса на 162 чел.·ч. При этом мы исходили из социальных позиций и увеличили в проектных расчетах часовую тарифную ставку операторов до 391, 22 руб., а премии и другие доплаты – 20 %.

Срок окупаемости затрат на новую установку определен по формуле:

$$T_{ок} = \frac{KB}{\mathcal{E}_p}. \quad (3)$$

Таблица 4

Расчет окупаемости установки регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора

Показатели	Ед. изм.	Значения
Капитальные затраты на внедрение нового оборудования	тыс. руб.	352,1
Совокупный эффект от внедрения проектной технологии	тыс. руб.	166,1
Срок окупаемости оборудования	лет	2,1

Выводы

1. Эффект от внедрения установки регенерации рассола на основе кавитационного теплогенератора состоит в экономии сырьевых ресурсов: соли 13948 кг или 73,2 тыс.

руб. в год и воды 78 м³, что в денежном эквиваленте составляет 1,8 тыс. руб. в год, а также в снижении объема сточных вод за год на 86 м³.

2. Затраты электроэнергии на работу теплогенератора для пастеризации рассола при его регенерации снижаются на 6272 кВт или 27 тыс. руб. в год по сравнению с электропастеризатором марки ИПКС-200.

3. Совокупный годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой установки составит 166,1 тыс. руб., а срок окупаемости капитальных вложений в размере 352,1 тыс. руб. – 2,1 года.

Список литературы

1. Денисюк, Е. А. Технологические аспекты совершенствования оборудования для приготовления и регенерации рассола для посолки сыра / Е. А. Денисюк, И. А. Носова, // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2011. – № 1, часть 1 – С. 203 – 206.

2. Денисюк, Е. А. Ресурсосберегающий способ обработки рассола при посолке сыров / Е. А. Денисюк, И. А. Носова, // Вестник НГИЭИ. – 2011. Серия технические науки. Выпуск 2(3). – С. 85 – 92.

3. Носова, И. А. Инактивация микрофлоры «отработанного» рассола после посолки сыра с применением кавитационного теплогенератора / И. А. Носова, Е. А. Денисюк // Аграрная Россия. – 2011. – № 4 – С.18-20.

4. Устройство приготовления и регенерации рассола для посолки сыра: патент на полезную модель № 107022 Рос. Федерация: МПК А01J 25/00 / И. А. Носова, Е. А. Денисюк, Е. И. Кистанов; патентообладатель ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» № 2011112889/10, заявл. 04. 04. 2011; опубл. 10.08.2011 Бюл. № 22.

РЕГУЛИРОВКИ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ GL 34T ФИРМЫ GRIMME

К. Е. Грунин, преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», НГИЭИ

Анотация. В статье рассмотрены различные регулировки картофелесажалки GL 34T фирмы GRIMME, а также приведена настроечная таблица расстояний между клубнями картофеля в ряду

Ключевые слова: картофелесажалка, глубина хода, норма высадки, регулировка.

ADJUSTMENTS POTATO PLANTER GL 34T FIRMS GRIMME

К. Е. Grunin, the teacher of the chair «Mechanics and agricultural cars», NGIEI

Annotation. In article various adjustments potato planter GL 34T firms GRIMME and as the adjusting table of distances between tubers of a potato in a number is resulted are considered.

Keywords: potato planter, depth of a course, norm of landing, adjustment.

Регулировка положения серьги дышла

Для регулировки необходимо опустить сажалку в рабочее положение и установить дышло на стойку. Перемещая серьгу по отверстиям, подогнать ее положение под прицепное устройство трактора таким образом, чтобы лента вычерпывающего аппарата со стороны питающего ковша была строго перпендикулярна или слегка наклонена вперед.

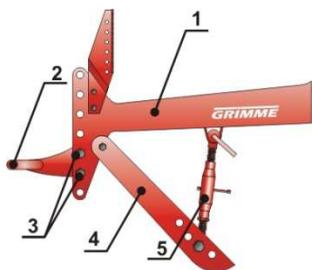


Рис 1. Регулировка положения серьги дышла:
1 – дышло, 2 – серьга, 3 – болты, 4 – стойка, 5 – винтовая стяжка

В случае неправильной регулировки (лента наклонена назад) возможно выпадение клубней из ложечек и, как следствие, пропуски.

Регулировка положения параллелограммного механизма подвески сошников

Сдвинуть гидроцилиндры дышла и опорных колес при помощи гидросистемы трактора (рабочее положение). Поворачивать упорное кольцо (1) до тех пор, пока параллелограммные механизмы подвески сошников не примут среднее положение.



Рис. 2. Регулировка положения длины гидроцилиндра дышла: 1 – упорное кольцо



Рис. 3. Точная регулировка положения параллелограммной подвески:
1 – регулировочный винт,
2 – параллелограммный механизм

Окончательную регулировку нужно проводить в поле. Пройти на машине, в рабочем положении, некоторое расстояние. Выворачивать регулировочные винты (1), пока тяги (2) параллелограммного механизма не будут находиться в горизонтальном положении или немного приподняты вверх.

При такой настройке механизм параллелограммной подвески сошников находится в среднем положении. В этом случае сошники могут отклоняться вверх и вниз на одинаковое расстояние, что позволяет компенсировать неровности поверхности поля. Эта настройка влияет на положение высаживающих аппаратов. Для оптимальной заделки ленты в питающем ковше должны двигаться вертикально вверх. Это необходимо обязательно учитывать.

Регулировка заслонки питающего ковша

Количество клубней, находящееся в питающем ковше, влияет на качество посадки. Недостаточное количество приводит к пропускам, излишнее – к дополнительной нагрузке на ленту и повреждению клубней. Положение регулирующей заслонки должно зависеть от формы и размера семенного картофеля.

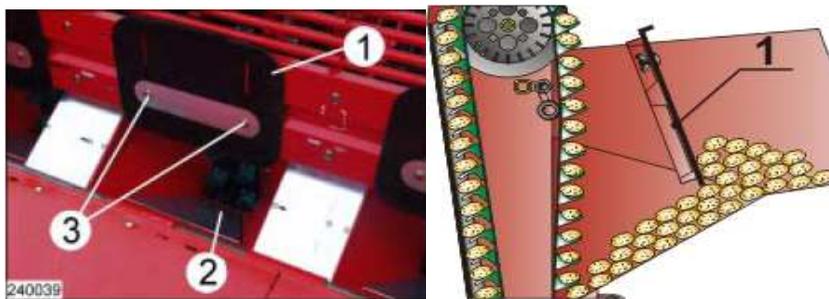


Рис. 4. Регулировка положения заслонки питающего ковша: 1 – заслонка, 2 – питающий ковш, 3 – регулировочные винты

Положение заслонки (1) изменяется перемещением по продолговатым отверстиям. Для этого нужно ослабить винты (3), установить заслонку в нужное положение и затянуть винты. Как показывает практика, крайние заслонки должны быть приоткрыты больше средних, из-за неравномерности распределения картофеля в бункере.

Регулировка отключения высаживающих аппаратов на конце поля

Как уже говорилось выше, после того, как клубни уложены в рядок, они должны быть закрыты гребнем, т.е. сажалка должна продолжать некоторое время движение с опущенными заделывающими рабочими органами и выключенными вычерпывающими аппаратами.



Рис. 5. Регулировка положения датчика отключения высаживающих аппаратов: 1 – датчик, 2 – регулировочные винты



Рис. 6. Муфта отключения высаживающих аппаратов: 1 – муфта, 2 – гидроцилиндр

Датчик выключения (1) расположен на гидроцилиндре дышла. Исполнительный механизм расположен на муфте включения (1) и представляет из себя гидроцилиндр.

Момент отключения концевого выключателя (1) можно установить при помощи перемещения кулисы. Для перемещения кулисы отвернуть винты (2).

Момент отключения всегда должен устанавливаться таким образом, чтобы высаживающие аппараты своевременно отключались до достижения конца поля, для того чтобы посадочный материал мог быть полностью заделан землей.

Кроме того, высаживающие аппараты должны своевременно включаться в начале поля во избежание нарезки пустых гребней.

Отключение отдельных высаживающих аппаратов

Сбоку посадочных аппаратов находятся выключатели для отключения отдельных рядов.

Для отключения нужного высаживающего аппарата необходимо вытянуть соответствующий складной шплинт



Рис. 7. Выключатель отдельных высаживающих аппаратов

Настройка глубины хода сошника

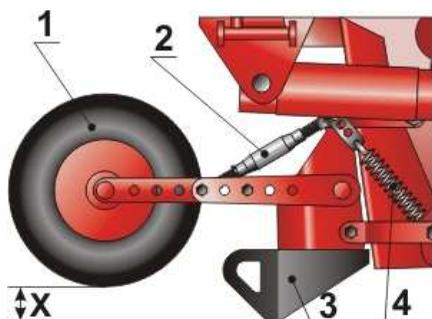


Рис. 8. Регулировка глубины хода сошника:
1 – копирующее колесо, 2 – винтовая тяга, 3 – сошник,
4 – догружающая пружина

Предварительная настройка:

1. Установить сажалку на ровное и твердое основание.

2. Изменять длину винтовой тяги (2), пока расстояние между копирующим колесом (1) и поверхностью поля не будет соответствовать необходимой глубине заделки (X). Также следует учитывать люфт копирующего колеса в направлении вверх и величину продавливания им почвы.

3. Настойку всех сошников необходимо проводить одинаково.

4. Регулируемая величина (X) в зависимости от размера посадочного материала и строения почвы составляет 2 – 5 см (предварительная настройка).

Более точную настройку следует проводить в поле.

После того как сажалка пройдет несколько метров, нужно проверить глубину посадки. Для этого нужно разровнять получившиеся гребни – верхняя часть клубня гребни должна находиться почти на поверхности поля или на сантиметр ниже. При необходимости следует откорректиро-

вать глубину изменением положения опорного колеса. Параллельность тяг параллелограммного механизма также следует проверить.

В случае, если копирующее колесо не достаточно прижимается к поверхности почвы, нужно усилить натяжение догружающей пружины (4).

Регулировка механического вибратора ленты вычерпывающего аппарата

Величину вибрации ленты вычерпывающего аппарата подбирают таким образом, чтобы не было «двоек» и пропусков. Интенсивность вибрации регулируется рычагом (2). Для этого нужно ослабить винт (1), переместить рычаг (2) до получения вибраций нужной интенсивности и зафиксировать рычаг. При перемещении рычага (2) вверх нажимные ролики отодвигаются от ленты. Ролики оказывают меньшее давление на ряды клиньев ленты. Вследствие меньшего давления нажимных роликов интенсивность вибраций снижается. С помощью винта (3) производится точная настройка. Поворот вправо – увеличение. Поворот влево – уменьшение.

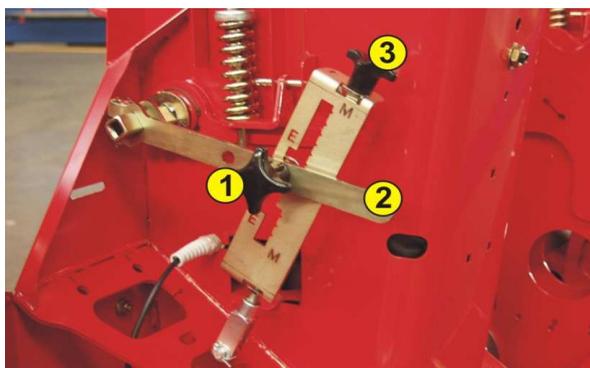


Рис. 9. Регулировка интенсивности вибрации ленты вычерпывающего аппарата: 1 – стопорный винт; 2 – регулировочный рычаг; 3 – винт точной регулировки

При перемещении рычага (2) вниз нажимные ролики интенсивнее прижимаются к ленте. Ролики оказывают более сильное давление на ряды клиньев ленты. Вследствие более сильного давления нажимных роликов увеличивается интенсивность вибраций. С помощью винта (3) производится точная настройка. Поворот вправо – увеличение. Поворот влево – уменьшение. При использовании интенсивного вибратора (дополнительная поставка) рычаг для регулировки интенсивности вибраций разрешается перемещать только между нижним и верхним положением (Е – electric) кулисы. Положения (М – manual) предназначены исключительно для регулировки механического вибратора.

Регулировка нормы посадки (расстояния между клубнями)

После того как определена норма посадки нужно определить регулировочные параметры. В зависимости от используемых ложечек и расстояния между клубнями выбирают пару звездочек.

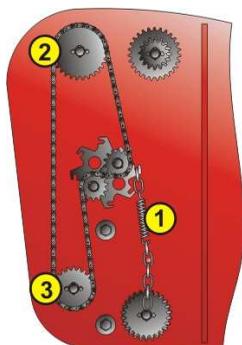


Рис. 10. Цепной редуктор привода высаживающих аппаратов: 1 – натяжная пружина; 2 – верхняя звездочка; 3 – нижняя звездочка

Цепной редуктор состоит из двух звездочек (2) и (3), натяжного устройства (1) и двух блоков сменных звезд-

дочек. Расстояние между клубнями в ряду можно изменить, заменив пары звездочек в цепном редукторе:

1. Ослабить устройство натяжения пружины (1).
2. Снять приводную цепь.
3. Снимите откидные шплинты.
4. Снимите звездочки.
5. Выбрать пару нужных звездочек.
6. Установить детали на место в обратной последовательности.

На расстояние между клубнями в ряду влияют многие факторы, такие как размер шин, строение почвы, влажность и т.д. Поэтому в таблице даны только приблизительные значения настройки. После настройки проверьте расстояние между клубнями в ряду!

Регулировка натяжения ленты высаживающего аппарата.



Рис 11. Устройство для быстрого натяжения ленты: 1 – пружина натяжная, 2 – шплинт, 3 – устройство ослабления натяжения



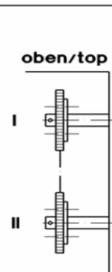
Рис 12. Регулировка натяжного устройства ленты высаживающего аппарата: 1 – пружина, 2 – гайка

Проверка нормы посадки

Нужно откопать 11 клубней, измерить расстояние между крайними клубнями и разделить его на 10. Лучше

это сделать в каждом ряду по диагонали, это и будет среднее расстояние между клубнями в рядке. Полученное расстояние нужно сравнить с необходимым, и при необходимости, откорректировать его, выбрав ближайшее в таблице.

Таблица 1
Настроечная таблица расстояний между клубнями в ряду

Legeabstand / plant spacing					
	Räderpaarung sprocket pairs		40 Becher rot 40 cups red	36 Becher grün 36 cups green	
	I	II	cm	cm	
oben/top 	16	29	14,5	16	
	16	28	15	16,5	
	16	27	15,5	17	
	16	26	16	18	
	16	25	16,5	18,5	
	16	24	17,5	19,5	
	19	26	19	21	
	19	25	20	22	
	19	24	20,5	23	
	22	26	22	24,5	
	22	25	23	25,5	
	Kettenräder sprockets	22	24	24	26,5
	Zähne teeth	22	23	25	27,5
	23	22	27	30,5	
16	24	22	28,5	31,5	
19	25	22	29,5	33	
22	26	22	30,5	34	
23	24	19	32,5	36,5	
24	25	19	34	38	
25	26	19	35,5	39,5	
26	27	19	37	41	
27	28	19	38	42,5	
28	29	19	39,5	44	
29	26	16	42	47	
	27	16	43,5	49	
	28	16	45,5	50,5	
	29	16	47	52,5	

240306

08.9.014.26

Для проведения работ по техническому обслуживанию или замены ленты устройство натяжения пружины можно ослабить. Для этого с помощью рычажного инструмента поднять вверх устройство ослабления натяжения (2) и вынуть шплинт (3). Ленту обязательно нужно ослаблять при постановке сажалки на хранение. Ложечные ленты не должны проскальзывать. Каждую ложечную ленту необходимо равномерно натянуть при помощи устройств натяжения пружин (1) с обеих сторон. Расстояние между нижней опорой и крышкой на обоих устройствах натяжения пружин определяет предварительное натяжение. Это расстояние регулируется при помощи регулировочной гайки (2). Ориентировочное значение – 100 мм.

Список литературы

1. <http://www.kartofel.org>
2. <http://www.pleasing.com.ua>
3. <http://bryansk-agro.ru>
4. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины: для студ. вузов/ В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М.: КолосС, 2003. – 624 с.

ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ УСТАНОВКА ПОПЕРЕЧНОЙ ЕМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

А. С. Серебряков, д.т.н. профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» НГИЭИ;

Л. А. Герман, д.т.н, профессор, кафедры «Электрификация и электроснабжение», Московский государственный университет путей сообщения;

Д. Е. Дулепов, аспирант, преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», НГИЭИ

Аннотация. В статье рассматривается необходимость применения двухступенчатых установок поперечной емкостной компенсации в системах электроснабжения с однофазной резко переменной нагрузкой. Описаны конструкция и принцип работы установки. Включение КУ позволяет снизить потери электроэнергии, так как потери мощности от протекания реактивных токов могут достигать 20...30% от суммарных потерь.

Ключевые слова: двухступенчатая установка поперечной емкостной компенсации; перенапряжение; демпфирующий резистор; шунтирование.

TWO-LEVEL INSTALLATION OF THE CROSS-SECTION CAPACITOR COMPENSATION OF JET CAPACITY

A. S. Serebryakov, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Electrification and automation», NGIEI;

L. A. Herman, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Electrification and electrosupply», the Moscow state university of means of communication;

D. E. Dulepov, the post-graduate student, the teacher of the chair «Electrification and automation», NGIEI

Annotation. In article the indispensability of application of two-level installations of the cross-section capacitor compensation in systems of electrosupply with single-phase sharply variable load is considered. The design and a principle of work of installation are described.

Keywords: two-level installation of the cross-section capacitor compensation; an overstrain; the softening resistor; shunting;

Необходимость создания двухступенчатых установок поперечной емкостной компенсации (КУ) в системах электроснабжения с однофазной резко переменной нагрузкой диктуется следующими соображениями. С ростом нагрузки напряжение на питающих шинах у потребителя может снизиться меньше допустимого значения. В этом случае одним из наиболее эффективных мероприятий является включение КУ. Кроме того, необходимо выполнять требования региональных электроснабжающих компаний по компенсации реактивной мощности до нормированных значений коэффициента реактивной мощности ($\text{tg}\varphi$ не более 0,0). Включение КУ позволяет также снизить и потери электроэнергии, так как потери мощности от протекания реактивных токов могут достигать 20...30 % от суммарных потерь.

Однако в связи с постоянно изменяющейся нагрузкой включение нерегулируемой КУ приводит к недопустимым повышениям напряжения в тех случаях, когда нагрузка уменьшается и особенно когда она становится близкой к нулю. Исходя из опыта эксплуатации можно отметить, что в течение суток число случаев повышенного напряжения может составить 10...20 и более. Это указывает на необходимость выполнения КУ регулируемой.

В настоящее время и в ближайшей перспективе реально выполнить регулируемую КУ ступенчатой с небольшим числом ступеней, например, с двумя ступенями [1, 2]. При этом целесообразно выполнение двухступенчатой КУ со следующими настройками резонансных частот: первая ступень на 140 Гц для фильтрации третьей гармоники, вторая ступень – на 240 Гц для фильтрации пятой гармоники. Отметим, что вторая ступень обязательно включается только при включенной первой ступени. Схема двухступенчатой КУ показана на рис.1. Каждая ступень

КУ содержит главный выключатель (B11 и B21), конденсаторную батарею (C1 и C2), реактор (L1 и L2), демпфирующий резистор (R1 R2) и выключатель (B12 и B22), шунтирующий демпфирующий резистор. Первая ступень установки включается в следующем порядке: включается выключатель B11, затем включается выключатель B12, шунтирующий демпфирующий резистор R1. На этом процесс включения первой ступени заканчивается. Отключение первой ступени происходит в обратном порядке. Вторая ступень КУ включается и отключается аналогично. Процесс отключения тока КУ происходит без бросков тока и напряжения.

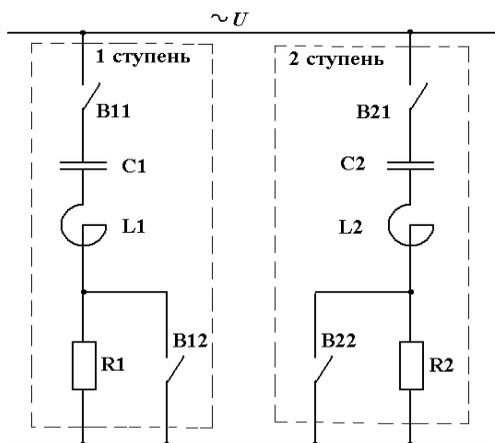


Рис. 1. Схема двухступенчатой КУ

Однако, как показали исследования авторов, включение второй ступени при включенной первой ступени может вызвать повышенные броски тока и напряжения не только на конденсаторах второй ступени, но и на конденсаторах первой ступени, что подтверждается осциллограммой, приведенной на рис. 2. С увеличением внутрен-

него сопротивления питающей сети значения перенапряжений на конденсаторах возрастают

Требования по допустимым перенапряжениям на конденсаторах в установках поперечной емкостной компенсации регламентируются нормативными документами (МЭК – 60187, ГОСТ 1282 – 88 и СТ СЭВ 294 – 84), в соответствии с которыми для надежной работы конденсаторов в КУ перенапряжения на них следует ограничить до значения $1,1 U_{ном}$.

В [3] была предложена схема одноступенчатой КУ с минимальными бросками тока и напряжения в процессе её включения. Это достигается тем, что, во-первых, увеличивается сопротивление демпфирующего резистора на 15...20 %, что снижает броски тока и напряжения на первом этапе включения КУ. Во-вторых, что самое главное, шунтирование демпфирующего резистора происходит в нуль тока.

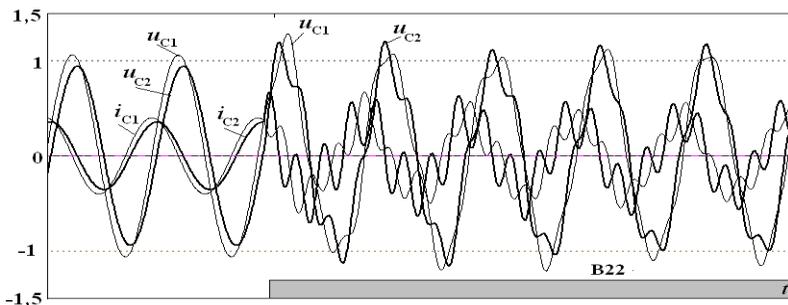


Рис. 2. Переходный процесс при включении второй ступени двухступенчатой КУ и включенной в штатном режиме первой ступени

Эти предложения следует использовать и в рассматриваемой двухступенчатой КУ. Кроме того, предлагается ещё одно техническое решение. Перед включением

второй ступени следует ввести (то есть расшунтировать) демпфирующий резистор R1 первой ступени. Указанные мероприятия позволяют снизить перенапряжения на конденсаторах при включении КУ до 1,1Uном.

Процесс включения второй ступени КУ следующий. Отключается выключатель B12 и тем самым в первой ступени последовательно с конденсатором C1 и реактором L1 вводится демпфирующий резистор R1. Затем включается главный выключатель второй ступени B21 при отключенном выключателе B22. Вторая ступень включается с последовательно включенным демпфирующим резистором R2. Через несколько полупериодов питающего напряжения резистор R2 шунтируется выключателем B22 в момент, когда ток, протекающий через резистор R2, становится равным нулю. Затем также в момент прохождения тока через нуль выключателем B12 шунтируется демпфирующий резистор R1. С учетом рассматриваемых предложений представлена осциллограмма процесса включения КУ на первом и втором этапах (рис.3).

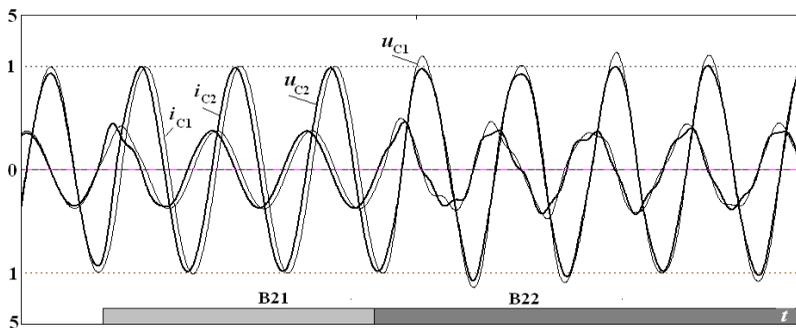


Рис.3. Переходные процессы при шунтировании демпфирующих резисторов в нуль тока

Выводы

Предложена двухступенчатая установка поперечной емкостной компенсации реактивной мощности, отличающаяся тем, что перед включением второй ступени с демпфирующим резистором при включенной первой ступени в первую ступень также вводится демпфирующий резистор и затем демпфирующие резисторы поочередно шунтируются в те моменты времени, когда ток через них становится равным нулю. Это позволяет снизить перенапряжения на конденсаторах и повысить эксплуатационную надежность КУ.

Список литературы

1. Бородулин, Б. М. Конденсаторные установки электрифицированных железных дорог./ Б. М. Бородулин, Л. А. Герман, Г. А. Николаев. – М.: Транспорт, 1983.

2. Герман, Л. А. Регулируемая установка поперечной емкостной компенсации для тяговых сетей переменного тока./ Л. А. Герман, А. С. Серебряков.// Электроника и электрооборудование транспорта № 6 – 2009, с. 29 – 35.

3. Серебряков, А. С. Современная схема установки поперечной емкостной компенсации. / А. С. Серебряков, Л. А. Герман, И. А. Балужева.// Электроника и электрооборудование транспорта. № 2 – 3, 2009, с. 17 – 22.

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ В ЦИЛИНДРЕ ДИЗЕЛЯ 2Ч 10,5/12,0 ПРИ РАБОТЕ НА ЭТАЛОНЕ С ДВОЙНОЙ СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ

*В. А. Луханов, академик РАТ, д.т.н., профессор
кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Вятской
ГСХА*

А. С. Полевщиков, М. А. Долгих, С. А. Верстаков,
аспиранты кафедры «Двигатели внутреннего сгорания»
Вятской ГСХА

Аннотация. В статье рассматривается влияние применения этанола в качестве основного топлива на показатели процесса сгорания и тепловыделения дизеля при изменении частоты вращения. Статья содержит результаты исследований, проведенных на двигателе Д-120 (2Ч10,5/12,0), при работе на этаноле с использованием двойной системы топливоподачи.

Ключевые слова: дизель, этанол, двойная система топливоподачи, показатели процесса сгорания, характеристики тепловыделения.

**VARIATION OF PARAMETERS OF PROCESS OF
COMBUSTION IN THE CYLINDER OF THE DIESEL
ENGINE 2Ч 10,5/12,0 AT WORK ON THE STANDARD
WITH DOUBLE SYSTEM OF FUEL GIVING**

*V. A. Lihanov, the academician, the doctor of technical
sciences, the professor of the chair «Internal combustion en-
gines» State agricultural Academy in Vyatka;*

*A. S. Polevschikov, M. A. Dolgyh, S. A. Verstakov, the
post-graduate students of the chair «Internal combustion en-
gines» State agricultural Academy in Vyatka*

Annotation. In article influence of application of ethanol as the basic fuel on parameters of process of combustion and a thermal emission of a diesel engine is considered at variation of frequency of rotation. Article contains results of the

researches lead on engine D-120 (2Ч10, 5/12, 0), at work on ethanol with use of double system of fuel giving.

Keywords: a diesel engine, ethanol, double system of fuel giving, parameters of process of combustion, the characteristic of a thermal emission.

Ужесточение норм выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, экономия энергоносителей органического происхождения, а также ограничение эмиссии диоксида углерода заставляют большинство стран мирового сообщества искать пути уменьшения опасности воздействия тепловых двигателей на окружающую среду. В последнее время все более широкое распространение получают альтернативные биотоплива на основе спиртов и их производных, в частности этанола.

В соответствии с целью, задачами и методикой исследований были проведены стендовые испытания [1]. Величина запальной порции ДТ при работе на этаноле с двойной системой топливоподачи (ДСТ) определялась путем уменьшения подачи ДТ до начала появления пропусков воспламенения, после чего она несколько увеличивалась до достижения устойчивой работы дизеля. В дальнейшем цикловая подача запального топлива фиксировалась и оставалась постоянной, а изменение нагрузочного режима велось только путем изменения подачи этанола. На рис. 1 представлены графики изменения экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных углах опережения впрыска топлива (УОВТ) на номинальном режиме работы.

Анализируя результаты исследований, проведенных при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$, можно отметить, что наименьший суммарный удельный эффективный расход топлив достигается при обоих частотах при углах впры-

скивания этанола $\Theta_{\text{э}} = 30^\circ$. При $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ минимальный расход топлива достигается при сочетании углов $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$ и $\Theta_{\text{э}} = 30^\circ$, а при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ минимальный расход топлива достигается при сочетании углов $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{э}} = 30^\circ$.

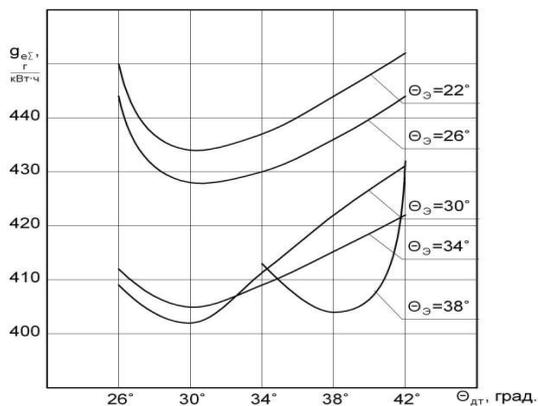


Рис. 1. Изменение экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ ДТ и этанола при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,588 \text{ МПа}$, $q_{\text{цдт}} = 6,9 \text{ мг/цикл}$.

Но, учитывая незначительные различия в удельном эффективном расходе топлив при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и углах опережения впрыска ДТ $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ и $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$, которые составляют 380 г/(кВт·ч) и 381 г/(кВт·ч) , соответственно. А также учитывая, что заводом изготовителем для данного дизеля оптимальный установочный УОВТ устанавливается по минимальному удельному эффективному расходу топлива при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$, можно утверждать, что при работе дизеля 2Ч10,5/12,0 при работе на этаноле с ДСТ оптимальным сочетанием углов впрыска ДТ и этанола будет $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$ и $\Theta_{\text{э}} = 30^\circ$. Анализируя изменения значений показателей процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при

$n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальных УОВТ (рис. 2, а), можно отметить, что максимальное давление цикла при работе дизеля на этаноле с ДСТ на малых нагрузках меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ максимальное давление цикла снижается с $p_{z \text{ max}} = 5,42 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ до $p_{z \text{ max}} = 5,08 \text{ МПа}$ при работе дизеля на этаноле с ДСТ. Снижение составляет 6,3 %.

С увеличением нагрузки разница в величине максимального давления сгорания сохраняется. Так, при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ $p_{z \text{ max}} = 7,10 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ $p_{z \text{ max}} = 6,16 \text{ МПа}$. Снижение составляет 13,2 %. При этом степень повышения давления при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ при работе на дизельном топливе составляет 1,41, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ и этой же нагрузке $\lambda = 1,33$, снижение составляет 5,7 %.

При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ степень повышения давления при работе дизеля на ДТ $\lambda = 1,94$, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ – 1,69. Увеличение составляет 12,9 %. Максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на этаноле с ДСТ на малых нагрузках ($p_e = 0,115 \text{ МПа}$) снижается и составляет 1350 К, а при работе дизеля на ДТ температура составляет 1370 К. Снижение составляет 20 К, или 1,5 %.

При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на этаноле с использованием ДСТ составляет 1780 К, что меньше, чем T_{max} при работе на ДТ, которая равна 1850 К. Уменьшение составляет 70 К. ПЗВ при работе дизеля на этаноле с использованием ДСТ возрастает во всём диапазоне изменения нагрузки. Так, при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ значение $\varphi_i = 28,0^\circ$ положения коленчатого вала (в дальнейшем п.к.в.), а при работе дизеля на ДТ $\varphi_i = 27,5^\circ$ п.к.в. Увеличение составляет $0,5^\circ$ п.к.в. При дальнейшем увеличении

нагрузки до $p_e = 0,635$ МПа значение φ_i при работе дизеля на этаноле с использованием ДСТ составляет

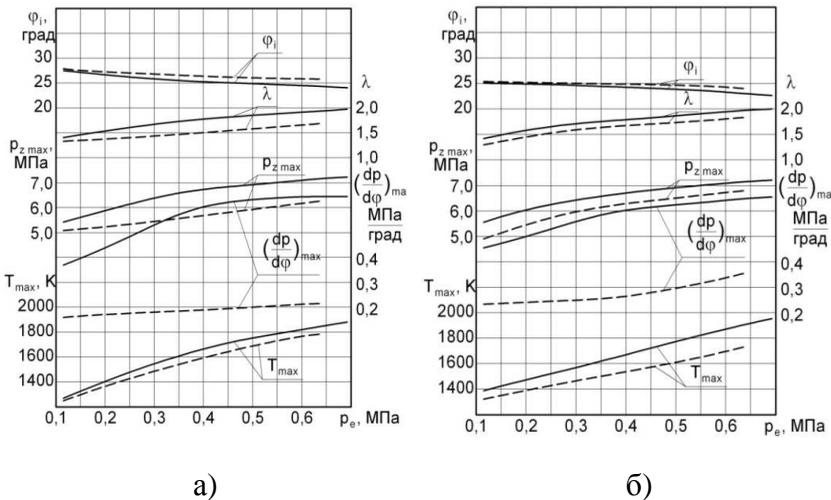


Рис. 2. Влияние применения этанола с ДСТ на показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки: а) при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$; б) при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$; — — дизельный процесс; - - - — этанол с запальным ДТ $25,1^\circ$ п.к.в., а при работе дизеля на ДТ $\varphi_i = 24,4^\circ$ п.к.в. Увеличение составляет $0,7^\circ$ п.к.в.

Величина максимальной «жесткости» процесса сгорания при $p_e = 0,115$ МПа при работе дизеля на ДТ составляет $(dp/d\varphi)_{\max} = 0,369$ МПа/град, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ — $0,160$ МПа/град. Снижение составляет 56,6 %. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635$ МПа максимальная «жесткость» процесса сгорания при работе дизеля на ДТ составляет $(dp/d\varphi)_{\max} = 0,643$ МПа/град, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ $(dp/d\varphi)_{\max} = 0,215$ МПа/град.

При рассмотрении изменений значений показателей процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальных установочных УОВТ (рис. 2, б), отмечается, что максимальное давление цикла при работе дизеля на этаноле с ДСТ на малых нагрузках меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ оно снижается на 11,7 % с $p_{z \text{ max}} = 5,55 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ до $p_{z \text{ max}} = 4,90 \text{ МПа}$ при работе дизеля на этаноле с ДСТ.

С увеличением нагрузки происходит увеличение максимального давления сгорания. Так, при $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ значение $p_{z \text{ max}} = 7,16 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ $p_{z \text{ max}} = 6,60 \text{ МПа}$. Снижение составляет 7,8 %. При этом значение степени повышения давления при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ составляет 1,42, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ и этой же нагрузке $\lambda = 1,30$. Снижение составляет 8,5 %.

При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ степень повышения давления при работе дизеля на ДТ равна 1,97, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ – 1,83, уменьшение составляет 7,1 %. Максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на этаноле с ДСТ, на малых нагрузках ($p_e = 0,115 \text{ МПа}$) составляет 1320 К, а при работе на ДТ $T_{\text{max}} = 1390 \text{ К}$. Увеличение составляет 70 К, или 5,3%.

При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на этаноле с ДСТ составляет 1730 К по сравнению с T_{max} при работе дизеля на ДТ, которая равна 1910 К. Уменьшение составляет 180 К, или 9,4 %. ПЗВ при работе дизеля на этаноле с ДСТ возрастает во всем диапазоне изменения нагрузки, при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ угол $\phi_i = 25,4^\circ$ п.к.в., а при

работе дизеля на ДТ $\varphi_i = 25,0^\circ$ п.к.в. Увеличение составляет $0,4^\circ$ п.к.в. При дальнейшем увеличении нагрузки до $p_e = 0,635$ МПа значение φ_i при работе дизеля на этаноле с ДСТ составляет $24,0^\circ$ п.к.в., а при работе дизеля на ДТ $\varphi_i = 23,0^\circ$ п.к.в. Величина максимальной жесткости процесса сгорания при $p_e = 0,115$ МПа при работе дизеля на ДТ составляет $(dp/d\varphi)_{\max} = 0,455$ МПа/град, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ – $0,234$ МПа/град. Снижение составляет $48,6\%$.

При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635$ МПа «жесткость» процесса сгорания при работе дизеля на ДТ составляет $(dp/d\varphi)_{\max} = 0,650$, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ $(dp/d\varphi)_{\max} = 0,354$ МПа/град. Снижение составляет $45,5\%$.

Таким образом, можно отметить, что применение этанола в качестве моторного топлива возможно в дизелях указанной модели. При этом существенных отличий в характере протекания внутрицилиндровых процессов при работе на ДТ и этаноле не отмечается. Так же применение этанола в качестве основного топлива ведет к снижению термонапряженности и динамических нагрузок на детали двигателя.

Список литературы

1. Полевщиков, А. С., Методика исследований дизелей при работе на этаноле с использованием двойной системы топливоподачи // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания. Материалы Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение»: Сборник научных трудов. – С. – Петербург – Киров: Российская Академия транспорта – Вятская ГСХА, 2009. – Вып. 6. – С. 150...153.

**ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТЭ НА ПОКАЗАТЕЛИ
ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ, ОБЪЕМА СОДЕРЖАНИЯ
И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА
В ЦИЛИНДРЕ ДИЗЕЛЯ 4Ч 11,0/12,5
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА ПОВОРОТА
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА**

А. В. Зонов, аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Вятской ГСХА

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы токсичности дизельных двигателей и возможность расширения топливной базы имеющихся современных дизелей. Статья содержит результаты исследований, проведенных на двигателе Д-240 (4Ч11,0/12,5), при работе на этанола-топливной эмульсии. Представлено влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизельного двигателя на различных скоростных и нагрузочных режимах.

Ключевые слова: дизель, этанола-топливная эмульсия, экологические показатели.

**IMPROVING THE ECOLOGICAL
PERFORMANCE OF DIESEL 4ч 11,0/12,5 WHEN
RUNNING ON ETHANOL-FUEL EMULSION AT
DIFFERENT SPEED AND LOAD CONDITIONS**

A. V. Zonov, the post-graduate student of the chair «Internal combustion engines» State agricultural Academy in Vyatka

Annotation. In this article, consider the problem of toxicity of diesel engines and the possibility of expanding the ex-

isting fuel base of modern diesels. The article contains the results of studies conducted on the engine D-240 (4Ч 11,0/12,5), while working on an ethanol-fuel emulsion. Presented by the effects of using ethanol-fuel emulsion on the ecological performance of diesel engine at various speed and load conditions.

The keywords: diesel, ethanol-fuel emulsion, ecological indicators.

В работе представлены результаты исследований, проведенных на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры ДВС Вятской ГСХА, по улучшению экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на этано-топливной эмульсии (ЭТЭ) путем снижения содержания токсичных компонентов в ОГ. В соответствии с методикой, целью и задачами исследований был выполнен комплекс работ по изучению влияния применения ЭТЭ в качестве моторного топлива для дизеля 4Ч 11,0/12,5.

Целью наших исследований является улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения ЭТЭ в качестве основного топлива с подачей ее непосредственно в камеру сгорания дизеля.

Для исследования особенностей протекания процесса сгорания в дизеле 4Ч 11,0/12,5 при работе дизеля на ЭТЭ проводилось индицирование процесса сгорания на номинальном скоростном режиме при частоте вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и на режиме максимального крутящего момента при частоте вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$. Значения нагрузки при работе дизеля на ЭТЭ устанавливались такими же, как и при работе дизеля на ДТ, чем обеспечивалось поддержание одинаковых значений среднего эффективного давления при работе дизеля на ЭТЭ и ДТ, что было необходимо для сравнения этих двух процессов.

Объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота в цилиндре дизеля в зависимости от угла п.к.в. рассчитывалась по программе, разработанной в Ленинградском политехническом институте профессорами С. А. Батуриным и А. С. Лоскутовым. На рис. 1 представлены графики влияния применения ЭТЭ на объемное содержание Γ_{NO_x} и массовую концентрацию C_{NO_x} оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 20^\circ$ до ВМТ. Графики объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ расч}}$, массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла положения коленчатого вала, в дальнейшем п.к.в., при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 20^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 1, а. Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре двигателя при переходе с ДТ на ЭТЭ объемное содержание $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NO}_x \text{ расч}}$ оксидов азота в цилиндре рассчитываются нами для максимальных и выходных значений в зависимости от угла п.к.в.

Как видно из графиков, максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 970 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ составляет $1,40 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{\text{NO}_x \text{ max расч}} = 14,4^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NO}_x \text{ вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 740 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ вых расч}} 1,07 \text{ г/м}^3$. При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ в цилиндре составляет 870 ppm, максимальное значение массовой концентрации

$C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,18 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 20,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 670 ppm , при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} = 0,91 \text{ г/м}^3$. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 100 ppm или $0,22 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на $11,5 \%$. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 70 ppm или $0,16 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота на $9,5 \%$. Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. дизельный процесс, ЭТЭ для одинакового положения коленчатого вала.

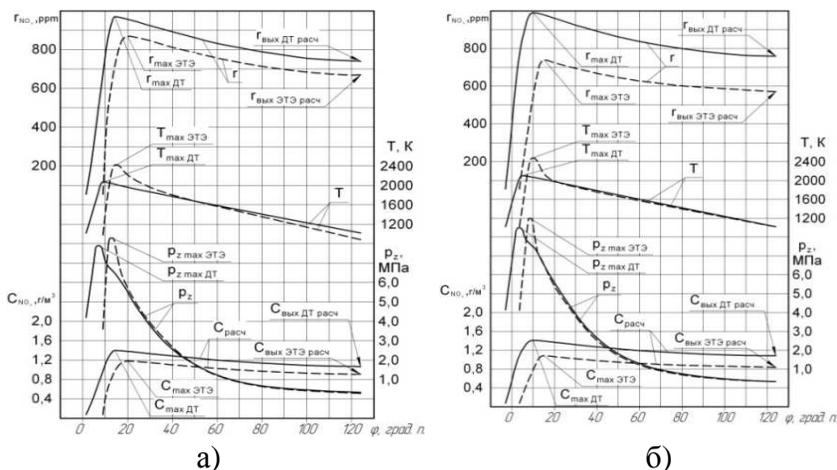


Рис. 1. Влияние применения ЭТЭ на объемное содержание r_{NOx} и массовую концентрацию C_{NOx} оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0 / 12,5 в зависимости от изменения угла п. к. в. двигателя при $\Theta_{\text{впр}} = 20^\circ$ до ВМТ:
 а) $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; б) $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$

При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 14,4^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ $r_{\text{NOx max теор}}$ составляет 970 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,40 \text{ г/м}^3$. При переходе на ЭТЭ $r_{\text{NOx теор}}$ составляет 723 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет $0,98 \text{ г/м}^3$. Разница между значениями объемного содержания $r_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\varphi = 14,4^\circ$ п.к.в. после в.м.т. составляет 25,5 %.

Графики объемного содержания $r_{\text{NOx расч}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12, в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на

ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 20^\circ$ до в.м.т. представлены на рис. 1, б.

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 990 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,41 \text{ г/м}^3$ при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 10,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 760 ppm при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} 1,08 \text{ г/м}^3$.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 740 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,08 \text{ г/м}^3$ при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 15,2^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 572 ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} 0,84 \text{ г/м}^3$. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 250 ppm или $0,33 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит уменьшение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на 25,3 %. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 188 ppm или $0,24 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота на 24,7 %.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $r_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 10,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ $r_{\text{NOx max теор}}$ составляет 990 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1,41 г/м³. При переходе на ЭТЭ $r_{\text{NOx теор}}$ составляет 551 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет 0,78 г/м³. Разница между значениями объемного содержания $r_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\varphi = 10,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 44,3 %.

На рис. 2 представлены графики влияния применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $r_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ.

Графики объемного содержания $r_{\text{NOx расч}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 2, а.

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания оксидов азота $r_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1250 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,80 г/м³ при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 18,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $r_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана

$\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 965 ppm при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} 1,39 \text{ г/м}^3$.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 950 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,29 \text{ г/м}^3$ при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 16,8^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 730 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} 0,99 \text{ г/м}^3$. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 300 ppm или $0,51 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на 24,0 %. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 235 ppm или $0,40 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота на 24,4 %.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 18,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ $\Gamma_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1250 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$

составляет $1,80 \text{ г/м}^3$. При переходе на ЭТЭ $\gamma_{\text{NOx теор}}$ составляет 948 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет $1,29 \text{ г/м}^3$.

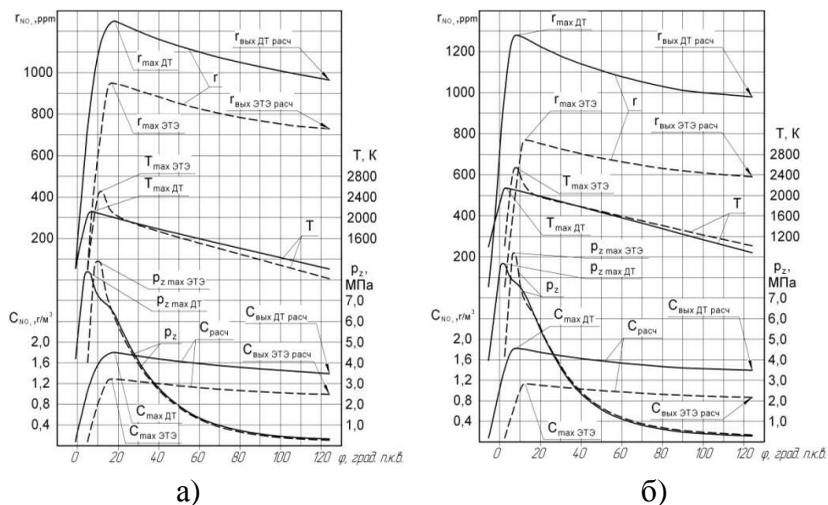


Рис. 2. Влияние применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к. в двигателе при $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ: а) $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; б) $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,76 \text{ МПа}$
 ——— дизельный процесс; ——— ЭТЭ

Разница между значениями объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\varphi = 18,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 24,1 %.

Графики объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на

ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 2, б.

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1280 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,82 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 8,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п. к. в. после ВМТ составляет 980 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}}$ 1,4 г/м³.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ составляет 770 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,13 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 12,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 592 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}}$ 0,87 г/м³. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 510 ppm или 0,69 г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на 39,8 %. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 388 ppm или 0,53 г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота на 39,6 %.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 8,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ $\gamma_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1280 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,82 \text{ г/м}^3$. При переходе на ЭТЭ $\gamma_{\text{NOx теор}}$ составляет 530 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет $0,78 \text{ г/м}^3$. Разница между значениями объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\varphi = 8,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 58,6 %.

На рис. 3 представлены графики влияния применения ЭТЭ на объемное содержание γ_{NOx} и массовую концентрацию C_{NOx} оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при установившемся УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ до ВМТ.

Графики объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 3, а.

Как видно из графиков, максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1360 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,96 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 10,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,$

0° п.к.в. после ВМТ составляет 1045 ppm при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ 1,49 г/м³.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 1050 ppm, максимальное значение массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1,41 г/м³, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 14,4^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 800 ppm, при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}}$ 1,09 г/м³. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 310 ppm или 0,55 г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на 22,8 %. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 245 ppm или 0,40 г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота на 23,4 %.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 10,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т., при работе на ДТ $\Gamma_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1360 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1,96 г/м³. При переходе на ЭТЭ $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ составляет 918 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет 1,25 г/м³.

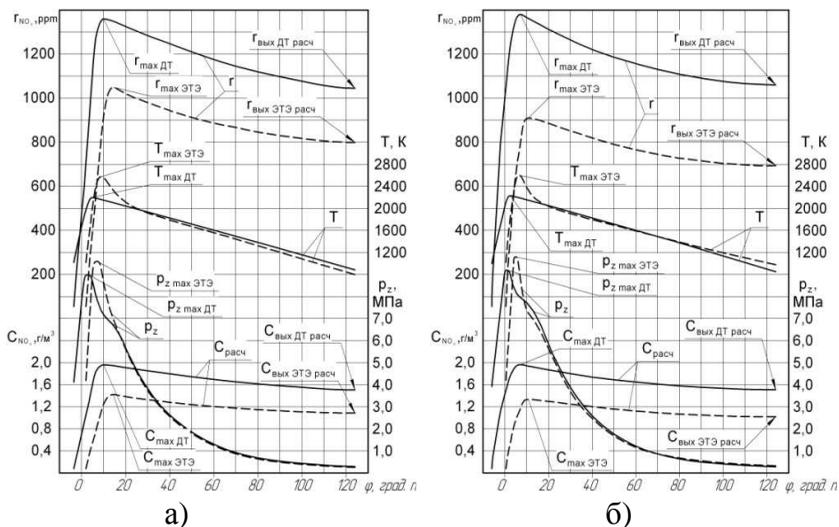


Рис. 3. Влияние применения ЭТЭ на объемное содержание γ_{NOx} и массовую концентрацию C_{NOx} оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ до ВМТ: а) $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,64 \text{ МПа}$; б) $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,69 \text{ МПа}$; — — дизельный процесс; - - - - ЭТЭ

Разница между значениями объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\phi = 14,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 32,5 %. Графики объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 3, б. Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1380 ppm, максимальная

массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,96 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 7,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 1060 ppm , при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} 1,51 \text{ г/м}^3$.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ составляет 910 ppm , максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,33 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 10,8^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 795 ppm , при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} 1,02 \text{ г/м}^3$. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 470 ppm или $0,63 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на $34,1 \%$. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 265 ppm или $0,49 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота на $25,0 \%$.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала,

соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 7,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ $\Gamma_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1380 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,96 \text{ г/м}^3$. При переходе на ЭТЭ $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ составляет 800 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет $1,17 \text{ г/м}^3$. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\varphi = 7,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 42,0 %. На рис. 4 представлены графики влияния применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\Gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 29^\circ$ до ВМТ. Графики объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 29^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 4, а. Как видно из графиков, максимальное расчетное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1380 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,99 \text{ г/м}^3$, при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 8,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 1060 ppm при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}} 1,53 \text{ г/м}^3$. При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре составляет 1180 ppm, максимальное значение массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,60 \text{ г/м}^3$ при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 12,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 910 ppm при массовой кон-

центрации оксидов азота $C_{\text{NO}_x \text{ вых расч}}$ 1,24 г/м³. Разница между максимальными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 200 ppm или 0,39 г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ max расч}}$ оксидов азота на 14,5 %. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 150 ppm или 0,29 г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ вых расч}}$ оксидов азота на 14,2 %.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NO}_x \text{ max теор}} = 8,2^\circ$ п.к.в. после в.м.т. при работе на ДТ $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ max теор}}$ составляет 1380 ppm, $C_{\text{NO}_x \text{ max теор}}$ составляет 1,99 г/м³. При переходе на ЭТЭ $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ теор}}$ составляет 967 ppm, $C_{\text{NO}_x \text{ теор}}$ составляет 1,33 г/м³. Разница между значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ЭТЭ при $\varphi = 8,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 29,9 %.

Графики объемного содержания $\Gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$ оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ для частоты вращения $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 29^\circ$ до ВМТ представлены на рис. 4, б.

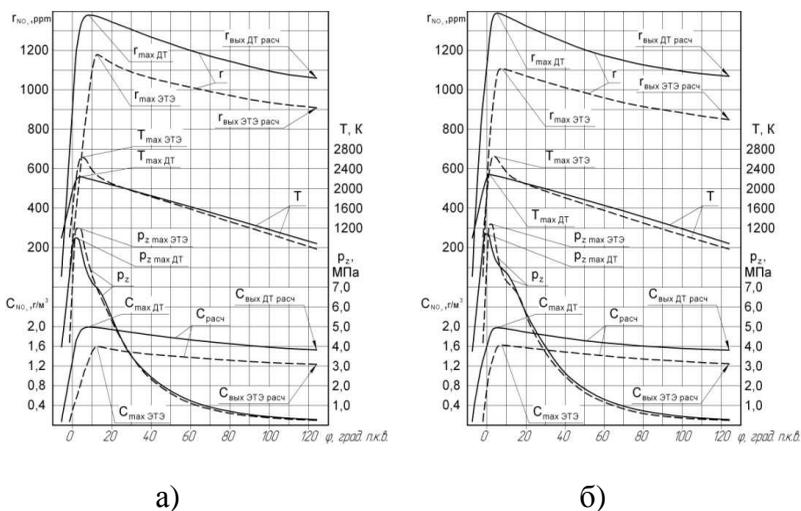


Рис. 4. Влияние применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовую концентрацию $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в при $\Theta_{\text{впр}} = 29^\circ$ до ВМТ: а – $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_c = 0,64 \text{ МПа}$; б – $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_c = 0,76 \text{ МПа}$;
 — — — — дизельный процесс, - - - - ЭТЭ

Как видно из графиков, максимальное значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max расч}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1390 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,98 \text{ г/м}^3$ при $\phi_{\text{NOx max расч}} = 5,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре $\gamma_{\text{NOx вых расч}}$ в момент открытия выпускного клапана $\phi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 1070 ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} 1,52 \text{ г/м}^3$.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное значение объемного содержания оксидов азота в цилиндре $r_{\text{NOx max расч}}$ составляет 1110 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx max расч}}$ составляет $1,63 \text{ г/м}^3$ при $\varphi_{\text{NOx max расч}} = 7,6^\circ$ п.к.в. после ВМТ. Объемное содержание оксидов азота $r_{\text{NOx вых расч}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_{\text{NOx вых расч}} = 124,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 850 ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NOx вых расч}} 1,25 \text{ г/м}^3$. Разница между максимальными значениями объемного содержания $r_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота в цилиндре составляет 280 ppm или $0,035 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $r_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на 20,1 %. Разница между значениями объемного содержания $r_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 220 ppm или $0,27 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота на 20,6 %.

Для сравнимости показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим значения объемного содержания $r_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре для постоянного объема цилиндра, т.е. для одинакового положения коленчатого вала. При положении коленчатого вала, соответствующего $\varphi_{\text{NOx max теор}} = 5,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ $r_{\text{NOx max теор}}$ составляет 1390 ppm, $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,98 \text{ г/м}^3$. При переходе на ЭТЭ $r_{\text{NOx теор}}$ составляет 1076 ppm, $C_{\text{NOx теор}}$ составляет $1,58 \text{ г/м}^3$. Разница между значениями объемного содержания $r_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля

при работе на ЭТЭ при $\varphi = 5,2^\circ$ п.к.в. после ВМТ составляет 22,6 %.

Таким образом, при работе дизеля на оптимальном установочном УОВТ на ЭТЭ происходит уменьшение максимальных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx max расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx max расч}}$ оксидов азота на 24,0 % при номинальной частоте вращения коленчатого вала и на 39,8 % при частоте вращения соответствующей максимальному крутящему моменту. Разница между выходными значениями объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 235 ppm или $0,40 \text{ г/м}^3$ при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и 388 ppm или $0,53 \text{ г/м}^3$ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение выходных значений объемного содержания $\Gamma_{\text{NOx вых расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx вых расч}}$ оксидов азота на 24,4 % при номинальной частоте вращения коленчатого вала и на 39,6 % при частоте вращения соответствующей максимальному крутящему моменту.

Список литературы

1. Хачеян, А. С. Применение спиртов в дизелях // Двигателестроение. – 1984 г., – № 8. – С. 30 – 34
2. Лиханов, В. А. Снижение токсичности автотракторных дизелей./ В. А. Лиханов, А. Н. Сайкин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1994. – 224 с.
3. Звонов, В. А. Относительная агрессивность вредных веществ и суммарная токсичность отработанных газов / В. А. Звонов, А. С. Заигрев, Ю. В. Азарова. // Автомобильная промышленность. – 1997. – № 3 – с.20 – 22.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТЭ НА ТОКСИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ 4Ч 11,0/12,5 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

А. В. Зонов, аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Вятской ГСХА

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы токсичности дизельных двигателей и возможность расширения топливной базы имеющихся современных дизелей. Статья содержит результаты исследований, проведенных на двигателе Д-240 (4Ч11,0/12,5) при работе на этанола-топливной эмульсии. Представлено влияние применения этанола-топливной эмульсии на экологические показатели дизельного двигателя на различных скоростных и нагрузочных режимах.

Ключевые слова: дизель, этанола-топливная эмульсия, экологические показатели.

IMPROVING THE ECOLOGICAL PERFORMANCE OF DIESEL 4ч 11, 0/12,5 WHEN RUNNING ON ETHANOL-FUEL EMULSION AT DIFFERENT SPEED AND LOAD CONDITIONS

A. V. Zonov, the post-graduate student of the chair «Internal combustion engines» State agricultural Academy in Vyatka

Annotation. In this article, consider the problem of toxicity of diesel engines and the possibility of expanding the existing fuel base of modern diesels. The article contains the results of studies conducted on the engine D-240 (4Ч 11,0/12,5),

while working on an ethanol-fuel emulsion. Presented by the effects of using ethanol-fuel emulsion on the ecological performance of diesel engine at various speed and load conditions.

Keywords: diesel, ethanol-fuel emulsion, ecological indicators.

К настоящему времени в нашей стране, как и во всем мире, складывается неблагоприятная экологическая обстановка. Существенную роль в загрязнении окружающей среды, и в первую очередь воздуха, безусловно, вносит и автомобильный транспорт. Одним из наиболее эффективных способов снижения отработавших газов (ОГ) является использование альтернативного топлива, в том числе из возобновляемого сырья. Такими топливами являются метиловый и набирающий большую актуальность этиловый спирты и эмульсии на его основе [1, 2]. В то же время использование этих топлив в двигателях с искровым зажиганием применяется достаточно давно и показало свою эффективность (снижение выбросов вредных веществ при использовании газового и спиртового топлива составляет на разных двигателях, по оценке специалистов, от 20 до 40%) [3]. При этом практически не изучен вопрос об использовании вышеуказанных топливных материалов в автомобильных и тракторных дизелях. А это на основании уже проведенных нами исследований, подтвержденных документально, позволяет значительно снизить выбросы с ОГ таких токсичных компонентов как оксиды азота NO_x (до 30%) и сажи (до 90%) [4]. Столь существенное сокращение выбросов вредных веществ с ОГ позволит уже существующим и находящимся в эксплуатации двигателям соответствовать современным экологическим требованиям.

Скоростные характеристики изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальном установочном УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала представлены на рис. 1 [2, 3, 4].

Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ на всем скоростном диапазоне работы содержание углеводородов CH_x в ОГ увеличивается. При увеличении частоты вращения уменьшается содержание оксидов азота NO_x в ОГ от 1175 ppm при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 830 ppm при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Уменьшение содержания NO_x составляет 29,4 %. При увеличении частоты вращения уменьшается содержание CO_2 в ОГ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ значение CO_2 составляет 7,0 %, а при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ значение CO_2 составляет 6,4 %. Содержание CO_2 в ОГ уменьшается на 8,6 %. Содержание CO в ОГ понижается с 0,225 % при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,120 % при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, или в 1,9 раза. Дымность ОГ с увеличением частоты вращения увеличивается. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ дымность ОГ составляет 2,5 единицы по шкале Bosch, а при частоте $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ – 3,1 единицы по шкале Bosch, т.е. дымность повышается в 1,24 раза.

Если рассматривать изменение токсических показателей при работе дизеля на ЭТЭ, можно сделать следующие выводы. При увеличении частоты вращения уменьшается содержание NO_x в ОГ от 785 ppm при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 605 ppm при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Уменьшение содержания NO_x составляет 23 %. При работе дизеля на ЭТЭ при увеличении частоты вращения коленчатого вала содержание CH_x в ОГ увеличивается на всем скоростном диапазоне работы. При увеличении частоты вращения снижается содержание CO_2 в ОГ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ содержание CO_2 в ОГ составляет 7,9 %, а при увеличении частоты вращения до максимальной, т.е. при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, содержа-

ние CO_2 в ОГ составляет 6,1 %. Содержание CO_2 снижается на 22,8 %. Содержание CO в ОГ снижается с 0,145 % при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,095 % при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, или на 34,5 %. Дымность ОГ (С) с увеличением частоты вращения увеличивается. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ дымность ОГ составляет 0,9 единицы по шкале Bosch, а при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ – 1,4 единицы по шкале Bosch, т.е. повышается в 1,6 раза.

Анализируя изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при переходе с ДТ на ЭТЭ при работе дизеля на оптимальном установочном УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала, можно отметить следующее. Содержание NO_x в ОГ при работе дизеля на ЭТЭ меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ содержание NO_x снижается с 1175 ppm при работе дизеля на ДТ до 785 ppm при работе дизеля на ЭТЭ. Снижение составляет 33,2 %. На большей частоте вращения коленчатого вала также происходит снижение содержания NO_x . Так, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ содержание NO_x при работе дизеля на ДТ составляет 830 ppm, а при работе дизеля на ЭТЭ составляет 605 ppm. Снижение составляет 27,1 %. Содержание CH_x в ОГ при работе дизеля на ЭТЭ на малой частоте вращения ($n = 1200 \text{ мин}^{-1}$) повышается и составляет 0,070 % по сравнению с содержанием CH_x при работе дизеля на ДТ, которое составляет 0,046 %, т.е. увеличивается в 1,5 раза. При увеличении частоты вращения до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ содержание CH_x в ОГ при работе дизеля на ЭТЭ также возрастает и составляет 0,35 % по сравнению с содержанием CH_x при работе дизеля на ДТ, которое равно 0,074 %, т.е. увеличивается в 4,7 раза.

Содержание CO_2 в ОГ при работе дизеля на ДТ при частоте вращения $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 7,0 %, а при работе дизеля на ЭТЭ – 7,9 %, т.е. повышается на 12,9 %. При увеличении частоты вращения до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$

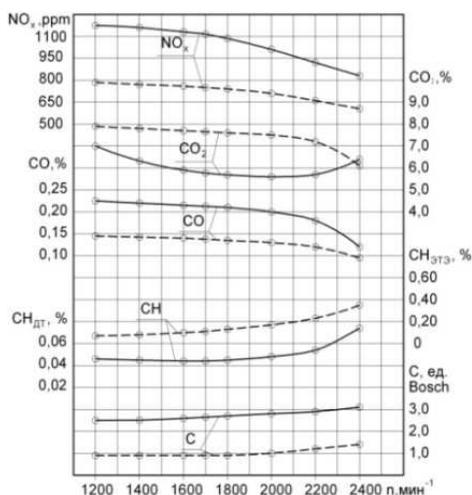


Рис.1. Влияние применения ЭТЭ на токсические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала:

— — дизельный процесс, - - - - ЭТЭ

содержание CO_2 в ОГ при работе дизеля на ДТ составляет 6,4 %, а при работе дизеля на ЭТЭ – 6,1 %. Т.е. снижение содержания CO_2 составляет 4,7 %. Содержание CO в ОГ при частоте вращения $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ на ДТ составляет 0,225 %, а при работе дизеля на ЭТЭ – 0,145 %. Содержание CO в ОГ уменьшается в 1,6 раза. При увеличении частоты вращения до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ содержание CO в ОГ при работе дизеля на ДТ составляет 0,12 %, а при работе дизеля на ЭТЭ 0,095 %, т.е. уменьшается в 1,3 раза. Дымность ОГ (C) при работе дизеля на ЭТЭ, по сравнению с работой на ДТ, изменяется с увеличением частоты вращения. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ при работе дизеля на ДТ, значение дымности составляет

2,5 единицы по шкале Bosch, а при работе дизеля на ЭТЭ – 0,9 единицы по шкале Bosch. При увеличении частоты вращения до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ значение дымности при работе дизеля на ДТ составляет 3,1 единицы по шкале Bosch, а при работе дизеля на ЭТЭ 1,4 единицы по шкале Bosch, т.е. дымность снижается более чем в 2 раза.

Анализируя изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при переходе с ДТ на ЭТЭ отметим, что при работе дизеля на ЭТЭ на всем скоростном диапазоне уменьшается содержание в ОГ дизеля оксида углерода CO, происходит увеличение диоксида углерода CO₂, возрастает содержание суммарных углеводов CH_x. При этом значительно снижается содержание оксидов азота NO_x, и уменьшается дымность ОГ.

Список литературы

1. Хачеян, А. С. Применение спиртов в дизелях//Двигателестроение. – 1984 г., – № 8. – С.30 – 34.
2. Лиханов, В. А. Снижение токсичности автотракторных дизелей./ В. А. Лиханов, А. Н. Сайкин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1994. – 224с.
3. Звонов, В. А. Относительная агрессивность вредных веществ и суммарная токсичность отработанных газов./ В. А. Звонов, А. С. Заигрев, Ю. В. Азарова. // Автомобильная промышленность. – 1997. – № 3 – с.20 – 22.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТАНОЛО-ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ ДИЗЕЛЯ 4Ч 11,0/12,5 ПРИ СНЯТИИ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В. А. Лиханов, д.т.н, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Вятской ГСХА;

А. И. Чупраков, А. В. Зонов, И. М. Шаромов, аспиранты кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Вятской ГСХА

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения этанола-топливных эмульсий в качестве альтернативного топлива для дизелей. Статья содержит данные исследований, проведенных на базе кафедры двигателей внутреннего сгорания Вятской ГСХА на дизеле Д-240 при работе на этанола-топливной эмульсии. В ней приведены показатели процесса сгорания и тепловыделения при работе дизеля на этанола-топливной эмульсии.

Ключевые слова: дизель, этанол, этанола-топливная эмульсия, показатели процесса сгорания и тепловыделения.

INFLUENCE OF APPLICATION ETHANOL - FUEL EMULSION ON PARAMETERS OF PROCESS OF COMBUSTION AND THE CHARACTERISTIC OF THE THERMAL EMISSION OF THE DIESEL ENGINE 4Ч 11, 0/12, 5 AT REMOVAL OF HIGH-SPEED CHARACTERISTICS

V. A. Lihanov, the academician, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Internal combustion engines» State agricultural Academy in Vyatka;

A. I. Chuprakov, A. V. Zonov, I. M. Sharomov, the post-graduate students of the chair «Internal combustion engines» State agricultural Academy in Vyatka

Annotation. In article the possibility of application ethanol - fuel emulsions as alternative fuel for diesel engines is considered.

Article contains data of researches of internal combustion engines State agricultural Academy in Vyatka lead on the basis of the chair on diesel engine D – 240 at work on ethanol – fuel emulsion. In it parameters of process of combustion and a thermal emission are resulted at work of a diesel engine on ethanol - fuel emulsion.

Keywords: a diesel engine, ethanol, ethanol - fuel emulsion, parameters of process of combustion and a thermal emission.

Во многих частях мира в настоящее время природный газ и простейшие спирты конкурируют (в области количества и возобновляемости данных ресурсов) с бензином или дизельным топливом и могут поэтому быть рациональны с точки зрения экономии стандартного топлива и экологической привлекательности.

Например этанол на современном этапе может производится не только из пищевого сырья, но и из отходов сельскохозяйственной, химической, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, в том числе разработаны технологии производства этанола из опилок, что существенно снижает затраты и удешевляет себестоимость.

Одним из способов подачи этанола в цилиндр является использование его в качестве этанола-топливных

эмульсий (ЭТЭ), что позволяет обойтись без конструктивных изменений.

На основании проведенных в Вятской ГСХА на базе кафедры двигателей внутреннего сгорания экспериментальных исследований и расчетов были построены графики влияния применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальном установочном угле опережения впрыскивания топлива (УОВТ) при варьировании частотами вращения, что показано на рисунке 1.

При анализе показателей процесса сгорания (рисунок 1, а), соответствующих работе дизеля на ДТ и на ЭТЭ, при варьировании частотой вращения коленчатого вала от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ и на оптимальном установочном УОВТ выявляется ряд закономерностей.

Анализируя работу дизеля на ДТ, получаем следующие закономерности. С увеличением частоты вращения коленчатого вала от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ происходит снижение максимальной осредненной температуры от 2170 К до 2102 К соответственно. Снижение составляет 68 К или 3,0 %. Также происходит снижение максимального давления цикла $p_{z \max}$ от 8,83 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 8,28 МПа при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, снижение составляет 0,55 МПа или 6,2 %. Также снижается степень повышения давления λ от 2,09 при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 1,97 при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Снижение λ составляет 0,12 или 5,7 %. Также происходит снижение скорости нарастания давления газов в цилиндре дизеля $(dp/d\phi)_{\max}$ от 0,70 МПа/град при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,69 МПа/град при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. С увеличением частоты происходит увеличение значения ϕ_i , которое соответствует ПЗВ, от 20,0 ° п. к. в. при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 22,0 ° п. к. в. при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Разница значений составляет 2,0° п. к. в.

При анализе скоростных характеристик (рис.1, а), соответствующих работе дизеля на ЭТЭ при оптимальном

установочном УОВТ, значения основных характеристик изменяются по схожим закономерностям, как при работе дизеля на ДТ.

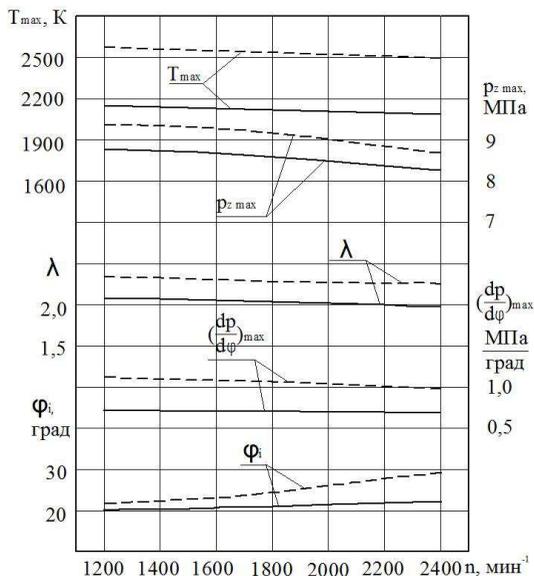


Рис. 1. Влияние применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала:
 — — ДТ; - - - - ЭТЭ

Из графиков видно, что при увеличении частоты от $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ происходит снижение максимальной осредненной температуры от 2578 К до 2496 К соответственно. Снижение составляет 82 К или 3,2 %. Также происходит снижение максимального давления цикла $p_{z \text{ max}}$ от 9,40 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 8,72 МПа при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, снижение составляет 0,68 МПа или 7,2 %. Также при увеличении частоты происходит снижение степени повышения давления λ от 2,33

при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 2,25 при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$. Снижение λ составляет 0,08. Также происходит незначительное снижение скорости нарастания давления газов в цилиндре дизеля $(dp/d\phi)_{\max}$ от 1,13 МПа/град при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,97 МПа/град при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Также, с увеличением частоты происходит увеличение значения ϕ_i , который соответствует ПЗВ, от 22,5 ° п.к.в. при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 29,0 ° п.к.в. при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Разница значений составляет 6,5 ° п.к.в. или 28,9 %.

Сравнивая работу дизеля 4Ч 11,0/12,5 на ДТ и ЭТЭ на оптимальном установочном УОВТ при варьировании частотой вращения коленчатого вала можно отметить следующие особенности. При частоте соответствующей $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ происходит увеличение максимальной средней температуры цикла от 2170 К при работе на ДТ до 2578 К при работе на ЭТЭ. С увеличением частоты до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ также прослеживается увеличение T_{\max} от 2102 К при работе на ДТ до 2496 К при работе на ЭТЭ. Увеличение составляет 394 К или 18,7 %. Максимальное давление цикла $p_{z \max}$ при частоте $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ выше при работе на ЭТЭ. При работе на ЭТЭ $p_{z \max}=9,40$ МПа, а при работе на ДТ $p_{z \max}=8,83$ МПа. Увеличение составляет 0,57 МПа. При частоте $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $\lambda = 2,09$ при работе на ДТ и возрастает до $\lambda = 2,33$ при работе на ЭТЭ. С повышением частоты до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ λ вырастает от 1,97 при работе на ДТ до 2,25 при работе на ЭТЭ. Сравнивая работу дизеля на ДТ и ЭТЭ можно отметить, что происходит рост скорости нарастания давления газов во всем диапазоне изменений частот. Так при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $(dp/d\phi)_{\max}$ повышается от 0,70 МПа/град при работе на ДТ до 1,13 МПа/град при работе на ЭТЭ. Увеличение составляет 0,43 МПа/град или 61,4 %. На максимальной частоте соответствующей $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ разница в значениях жесткости снижается. Так при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$

$(dp/d\phi)_{\max} = 0,69$ МПа/град при работе дизеля на ДТ, а при переводе на ЭТЭ вырастает до $(dp/d\phi)_{\max} = 0,97$ МПа/град. Увеличение на режиме максимальной частоты составляет 0,28 МПа/град или 40,6 %. Также выявляется увеличение ϕ_i на всем интервале частот. На режиме малых частот при $n = 1200$ мин⁻¹ $\phi_i = 20,0$ п.к.в. при работе на ДТ и $\phi_i = 22,0$ п.к.в. при работе на ЭТЭ. С увеличением частоты до максимальной при $n = 2400$ мин⁻¹ $\phi_i = 22,0$ п.к.в. при работе на ДТ, а при работе на ЭТЭ $\phi_i = 29,0$ п.к.в. Увеличение составляет 7,0 п.к.в.

При анализе характеристик тепловыделения дизеля при работе на ДТ выявляются некоторые закономерности. При увеличении частоты от $n = 1200$ мин⁻¹ до $n = 2400$ мин⁻¹ происходит увеличение значений углов, показывающих положение коленчатого вала при достижении в цилиндре максимальной осредненной температуры газов, от $\phi_{T \max} = 2,0^\circ$ до $\phi_{T \max} = 8,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ соответственно. Также с увеличением частоты наблюдается понижение активного выделения теплоты, соответствующего максимальному давлению сгорания $\chi_{i Pz \max}$ и максимальной температуре $\chi_{i T \max}$. На малой частоте при $n = 1200$ мин⁻¹ $\chi_{i Pz \max} = 0,67$, $\chi_{i T \max} = 0,72$ при увеличении частоты до максимального значения $n = 2400$ мин⁻¹ $\chi_{i Pz \max} = 0,58$, $\chi_{i T \max} = 0,69$. Происходит снижение скорости тепловыделения $(d\chi/d\phi)_{\max}$ от 0,10 при $n = 1200$ мин⁻¹ до 0,09 при $n = 2400$ мин⁻¹.

С увеличением частоты от $n = 1200$ мин⁻¹ до $n = 2400$ мин⁻¹ происходит увеличение значений углов, показывающих положение коленчатого вала при достижении в цилиндре максимальной осредненной температуры газов, от $\phi_{T \max} = 3,5^\circ$ до $\phi_{T \max} = 12,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ соответственно. Также с увеличением частоты наблюдается повышение активного выделения теплоты, соответствующих максимальному давлению сгорания $\chi_{i Pz \max}$ и максимальной

температуре $\chi_{i \text{ Tmax}}$. На режиме малой частоты при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $\chi_{i \text{ Pz max}} = 0,63$, $\chi_{i \text{ Tmax}} = 0,66$, при увеличении частоты до максимального значения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $\chi_{i \text{ Pz max}} = 0,69$, $\chi_{i \text{ Tmax}} = 0,78$. Происходит увеличение скорости тепловыделения $(d\chi/d\phi)_{\text{max}}$ от 0,14 при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,16 при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$.

Сравнивая характеристики тепловыделения дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала при работе дизеля на ДТ и ЭТЭ, можно сделать следующие заключения. Значение $\phi_{\text{T max}}$ при частоте $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет $2,0^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ДТ и увеличивается до $3,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ЭТЭ. Увеличение составляет $1,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ. При увеличении частоты до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $\phi_{\text{T max}}$ увеличивается от $8,5^\circ$ при работе на ДТ до $12,5^\circ$ п.к.в. после ВМТ при работе на ЭТЭ. Разница составляет $4,0^\circ$. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ происходит снижение значения $\chi_{i \text{ Pz max}}$ от 0,67 при работе на ДТ до 0,63 при работе на ЭТЭ, а также значения $\chi_{i \text{ Tmax}}$ от 0,72 при работе на ДТ до 0,66 при работе на ЭТЭ. Также при повышении частоты до максимума и переводе дизеля на работу на ЭТЭ происходит увеличение значений $\chi_{i \text{ Pz max}}$ и $\chi_{i \text{ Tmax}}$. Так при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $\chi_{i \text{ Pz max}}$ увеличивается от 0,58 при работе на ДТ до 0,69 при работе дизеля на ЭТЭ, а $\chi_{i \text{ Tmax}}$ увеличивается от 0,69 при работе на ДТ до 0,78 при работе на ЭТЭ. При переходе дизеля на работу на ЭТЭ также наблюдается увеличение скорости тепловыделения. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $(d\chi/d\phi)_{\text{max}}$ составляет 0,10 при работе на ДТ и вырастает до 0,14 при работе на ЭТЭ. Разница составляет 0,04 или 40,0 %. С увеличением частоты до $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $(d\chi/d\phi)_{\text{max}} = 0,09$ при работе на ДТ и увеличивается до $(d\chi/d\phi)_{\text{max}} = 0,16$ при работе на ЭТЭ. Увеличение составляет 77,8 %.

Таким образом, при снятии скоростных характеристик при работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на ЭТЭ сохраняются

законы изменения основных показателей процесса сгорания и тепловыделения.

Список литературы

1. Хачеян, А. С. Применение спиртов в дизелях//Двигателестроение. – 1984 г., – № 8. – С. 30 – 34.
2. Лиханов, В. А. Снижение токсичности автотракторных дизелей./ В. А. Лиханов, А. Н. Сайкин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1994. – 224 с.
3. Звонов, В. А. Относительная агрессивность вредных веществ и суммарная токсичность отработанных газов./ В. А. Звонов, А. С. Заигрев, Ю. В. Азарова. // Автомобильная промышленность. – 1997. – № 3. – с. 20 – 22.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

В. Н. Сушинцев, А. Н. Морозов, аспиранты кафедры «Эксплуатация МТП» Вятской ГСХА

Аннотация. Представлены исследования по изучению и сравнению консервационных материалов для защиты рабочих органов сельскохозяйственных машин, где в качестве метода ускоренных испытаний выбрано испытание влагостойкости покрытий в гидростате собственной конструкции.

Ключевые слова: гидростат, коррозия, хранение, композиция, сталь.

DEFINITION OF PROTECTIVE PROPERTIES OF ANTICORROSIVE MATERIALS BY THE METHOD OF THE ACCELERATED TESTS

V. N. Sushintsev, A. N. Morozov, the post-graduate students of the chair «Exploitation of car – tractors park» State agricultural Academy in Vyatka

Annotation. Researches on studying and comparison conservative materials for protection of working bodies of agricultural cars where as a method of the accelerated tests test of moisture resistance of coverings in hydrostat own design is chosen are presented.

Keywords: hydrostat, corrosion, storage, a composition, steel.

Анализ условий эксплуатации рабочих органов сельскохозяйственных машин показывает, что основными разрушающими факторами для противокоррозионных покрытий являются воздействие влаги, перепадов температуры, солнечной радиации, воздействие механических напряжений, истирающее действие частиц почвы и т.п. Большинство сельскохозяйственных машин и агрегатов в течение длительного времени находятся в состоянии хранения на открытых площадках, поэтому основной причиной разрушения является воздействие открытой атмосферы, и, в первую очередь, влажности воздуха и температуры.

На кафедре ЭМТП Вятской ГСХА ведутся исследования по изучению и сравнению консервационных материалов для защиты рабочих органов сельскохозяйственных машин, где в качестве метода ускоренных испытаний выбрано испытание влагостойкости покрытий в гидростате

собственной конструкции. Гидростат (рис. 1) был выполнен согласно ГОСТ 9054 – 75 п. 3.5. [1], и позволяет выполнять следующие методы испытаний:

1) при повышенных значениях относительной влажности и температуры воздуха без конденсации влаги;

2) при повышенных значениях относительной влажности и температуры воздуха с периодической конденсацией влаги;

3) при повышенных значениях относительной влажности и температуры воздуха с постоянной конденсацией влаги;

4) при воздействии соляного тумана.

Испытания без конденсации влаги на образцах проводят при температуре (40 ± 2) °С и относительной влажности 95 – 100 %.

Испытания с периодической конденсацией влаги на образцах проводят циклами. Каждый цикл испытаний состоит из двух частей. В первой части цикла образцы подвергают воздействию воздушной среды с температурой (40 ± 2) °С и относительной влажности 95 – 100 % в течение 7 часов. Во второй части цикла создают условия конденсации влаги на образцах путем их охлаждения до температуры камеры на 5 – 10 °С или охлаждением образцов и камеры одновременно путем выключения нагрева камеры. Продолжительность второй части цикла 17 часов.

Испытания при постоянной конденсации влаги на образцах проводят при температуре (49 ± 2) °С и относительной влажности 100 %.

Сущность метода при воздействии соляного тумана заключается в выдерживании образцов при температуре (35 ± 2) °С и атмосферы соляного тумана. Из обзора литературы видно, что большинство исследований в области коррозионных поражений сталей, проводилось в растворе NaCl. В то же время многими исследованиями показано, что в состав пленки влаги адсорбирующей на металлической поверхности в условиях сельской атмосферы, входит ряд других анионов: CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^{-} и т.д. В связи с этим для исследования был выбран раствор $0,05\text{нNaCl} + 0,5\text{нNa}_2\text{SO}_4$, концентрация ионов Cl^{1-} и SO_4^{2-} в котором сопоставима с концентрацией ионов, встречающейся на практике [2]. Показатель рН этого раствора равен 6, 7. Кроме того, коррозия в данной среде не изменяет характер коррозионных поражений, имеющих место в реальных условиях.



Рис. 1. Гигростат собственной конструкции (согласно ГОСТ 9054 – 75 п. 3.5)

Для определения защитных свойств противокоррозионных материалов были приобретены следующие консервационные составы: Росойл-700, Оремин, Девакс, ПВК (пушечное сало) и Битумная композиция. Битумная композиция, (состав находится на экспертизе по новизне) была изготовлена в условиях кафедры эксплуатации МТП Вятской ГСХА.

Испытания проводятся с образцами из стали Ст. 3 размерами 50 x 50 x 5 мм, и имеющими отверстие для подвешивания диаметром 4 мм, расположенное посередине одной из сторон. После маркировки образцы обезжиривались в этилированном бензине, помещались в сушильную камеру и выдерживались там в течение 24 часов при температуре 45...50°C. После этого их взвешивали на весах ВСЛ 400/1 с точностью до 0,001 г. Средние значения (из трех образцов) взвешиваний заносили в таблицы. Консервационные материалы наносили - на образцы методом окунания и подвешивали в гигростате.

Контрольный осмотр образцов проводим после 50, 100, 200 часов и далее через 200 часов, общее время испытаний – 1000 часов. После визуального осмотра и снятия защитных составов с образцов, определили процент коррозионных поражений, путем наложения прозрачного трафарета, с нанесенной на него сеткой из ста равных ячеек. Далее определяем величину коррозионных потерь, для этого тщательно очищаем образцы от продуктов коррозии, сначала при помощи деревянного шпателя и этилированного бензина, а затем путем травления образцов в химическом растворе: Соляная (концентрированная) кислота 5...15 %, Уротропин (сухой спирт) 0,5...1,0 %, остальное вода.

После удаления продуктов коррозии и консервационного материала образцы промываются сначала проточной водой, затем дистиллированной и высушиваются в сушильном шкафу в течение одних суток при температуре

45...50 °С. После этого взвешиваем по 3 образца и их средние значения записываем в журнал наблюдений.

В качестве критерия потерь металла используют коэффициент потерь $K_{п}$, определяемый по формуле:

$$K_{п} = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

где m_1 – масса образца до испытания, г; m_2 – масса образца после испытания, г; S – площадь поверхности образца, m^2

Ускоренные испытания – более быстрый способ получения данных о коррозионных поражениях стали. Наиболее полную картину о защитных способностях консервационных материалов нам дают стендовые и эксплуатационные испытания [3].

Список литературы

1. ГОСТ 9.054-75 Единая система защиты от коррозии и старения. Консервационные масла, смазки и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы. Методы ускоренных испытаний защитной способности. 1975.–19с.

2. Берукштис, Г. К. Коррозионная устойчивость металлов и металлических покрытий в атмосферных условиях./ Г. К. Берукштис, Г. Б. Кларк. – М.: Наука, 1971.–С.159.

3. Курбанов, Р. Ф. Сушинцев, В. Н. Испытания консервационных материалов для защиты рабочих органов сельскохозяйственных машин./ Р. Ф. Курбанов, В. Н. Сушинцев. // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: Материалы IV Международной науч.-практ. конф. «Наука-Технология-Ресурсосбережение»: Сб. науч. тр. – Киров: Вятская ГСХА, 2011. – Вып. 12. – С. 64 – 66.

Для заметок

Научное издание

ВЕСТНИК
НГИЭИ

Серия технические науки
Выпуск 5 (6)

Главный редактор А. Е. Шамин
Отв. редактор серии Е. В. Королев

Отв. редактор выпуска В. Л. Осокин
Корректор Т. А. Быстрова

Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной
службы по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций по Нижегородской области
Регистрационное свидетельство ПИ № ТУ 52-0345 от 10 августа 2010 г.

Сдано в набор Подписано в печать
Формат 60×90 1/16. Бумага писчая. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. Уч.-изд. л. Тираж 500 шт. экз. Заказ.

Отпечатано в типографии НГИЭИ в полном соответствии
с предоставленным оригинал-макетом
606340, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22