**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

**Сборник научных трудов по материалам
Национальной научно-практической конференции
с международным участием**

Ярославль, 3 декабря 2020 г.

Ярославль
Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА
2021

© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021
© Авторы статей, 2021

ISBN 978-5-98914-236-1

УДК 631.3.004.5
ББК 40.72
М 74

Печатается по решению редакционно-издательского совета инженерного факультета ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.

М 74 **Модернизация и повышение качества технического обслуживания сельскохозяйственной техники** [Электронный ресурс] : сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием. Ярославль, 3 декабря 2020 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Электрон. текст. дан. (4,65 Мб). – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021. – 1 электрон. опт. диск. – ISBN 978-5-98914-236-1

В материалах конференции представлены результаты исследований ученых, преподавателей и обучающихся высших учебных заведений Российской Федерации и Республики Беларусь.

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

УДК 631.3.004.5
ББК 40.72

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-98914-236-1 © ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021
© Авторы статей, 2021

УДК 62-82

РАЗРАБОТКА НОЖНИЧНОГО ПОДЪЕМНИКА 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕМ

старший преподаватель Р.Д. Адакин, к.т.н. В.П. Дмитренко, к.т.н., доцент И.М. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: ножничный подъемник, 3D-моделирование, метод конечных элементов, кинематический анализ конструкции

В статье представлен обзор ножничных подъемников и разработка похожего типа с более интересными характеристиками. Разработанный подъемник состоит из нескольких модулей. Разработка подъемника осуществлялась в 3D-программе методом конечных элементов. Использовался подбор сетки для просчета предельной нагрузки в 2 и 3 тонны на всю конструкцию подъемника. Также был определен максимальный изгиб он составил меньше миллиметра. Был проведен кинематический анализ конструкции, который позволил элементам подъемника перемещаться по заданным траекториям движения, за счет подбора размеров звеньев и координат точек расположения кинематических пар (подшипников). Таким образом получен работоспособный подъемник, состоящий из нескольких модулей. Предложена схема расположения модулей для возможности проведения ремонта всех видов автотракторной техники как по массе, так и по длине.

DEVELOPMENT OF A SCISSOR LIFT BY 3D-MODELING

Senior Lecturer R.D. Adakin,
Candidate of Technical Sciences V.P. Dmitrenko,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor I.M. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: scissor lift, 3D modeling, finite element method, kinematic structural analysis.

The article presents an overview of scissor lifts and the development of a similar type with more interesting characteristics. The developed lift consists of several modules. The development of the lift was carried out in a 3D program using the finite element method. The selection of the grid was used to calculate the maximum load of 2 and 3 tons for the entire structure of the lift. The maximum bend was also determined to be less than a millimeter. Was conducted kinematic analysis of the design, which allowed the elements of the lift to move on given trajectories, due to the selection of the size of links and of the coordinates of points at kinematic pairs (bearings). Thus, a workable lift consisting of several modules is obtained. the scheme of arrangement of modules for possibility of carrying out repair of all types of automotive equipment both on weight, and on length is offered.

Введение

В работе автосервиса используются различные типы и схемы подъемников. Их назначение – подъем легкового или грузового транспорта на высоту удобную для проведения ремонта обслуживающим персоналом. У различных схем подъемников есть свои минусы и плюсы в работе, в конструкции и стоимости. Рассмотрим ножничный подъемник. Он интересен тем, что при опускании вниз его рама полностью уходит под уровень пола. Когда подъемник сложен, сверху по полу можно проезжать транспорту, совершать другие виды работ или временно поставить автомобиль на стоянку. Это, наверное, существенный плюс в данной конструкции. Ножничный подъемник – х-образная рама, сверху имеющая платформу для размещения автотранспорта, поднимается вертикально, рисунок 1.

Вторым и тоже не менее важным преимуществом такой конструкции является высокая грузоподъемность. На рисунке 1 показан подъемник, в сложенном положении уходит под уровень пола, благодаря чему пол становиться ровным без препятствий для проезда транспорта. Верхняя платформа может быть как короткой до 1,400 м, так и длинной до 5…6 метров цельных трапов, рисунок 2.

Устройство и принцип работы

Ножничные подъемники оборудованы электронасосом для создания давления в масляной магистрали. Плавный подъем и опуска-

ние обеспечивается с помощью гидроцилиндров с большим запасом мощности. Системой управляет слесарь кнопками на пульте.

Рисунок 1 – Ножничный подъемник

Рисунок 2 – Ножничный подъемник с длинными трапами

Подъемник полностью безопасный, оснащается механическими блокираторами и «парашютными» гидравлическими клапанами, на случай, аварийного отключения электропитания, обрыва гидравлических шлангов, это защищает людей от произвольного опускания платформы.

Блокирующие клапана автоматически срабатывают при резкой потере давления из-за пробитого шланга или испорченной прокладки. В поднятом положении подъемник может блокироваться механически специальным рычагом.

Разработка конструкции ножничного подъемника

О приведенных выше подъемниках, известно лишь схема работы. Для использования их с другими характеристиками, например, с большей нагрузкой, или другой высотой подъема, по-другому расположенных подъемников, для этого их нужно спроектировать и изготовить. В современном мире для этого существуют 3D-программы и специализированные станки с программным управлением, вырезающие лазером по заданному чертежу детали из цельного толстого куска металла с хорошей точностью. Это позволяет службе технического сервиса любого предприятия изготавливать хорошие технические решения, воплощать в реальность, под запросы предприятия, тем более интерес есть в том, что подъемник будет меньше стоить, чем рыночный такого же класса. Гидравлическая система подбирается под предел нагрузки и широко представлена на рынке: гидроцилиндры, насосы, управляющая электроника.

На рисунке 4 представлен один модуль подъемника. Расстановка модулей попарно друг за другом на нужном расстоянии, позволит использовать парные модули следующим образом: при обслуживании легкового транспорта будут использоваться только два модуля; при обслуживании более тяжелой техники в том числе и грузовой будут использоваться четыре модуля; при обслуживании длинных автобусов будут использоваться шесть модулей. Не задействованные модули будут опущены в пол и не будут мешать проезду или использованию территории. Так же модули можно использовать как два первых и два последних для подъема сразу двух автомобилей. Регулирование количество задействованных модулей можно будет пультом управления подключая или отключая питание гидравлики от секций.

На рисунке 3 представлен подъемник, состоящий из четырех модулей. В каждой секции установлен гидроцилиндр, запитанный

маслом под давлением от общей магистрали. Подъемник снабжен системой защиты от самопроизвольного опускания: реечная стойка с кулачком. Кулачок входит в рейку и для того, чтобы опуститься подъемнику необходимо кулачок вывести из зацепления с рейкой. Это стандартный набор.

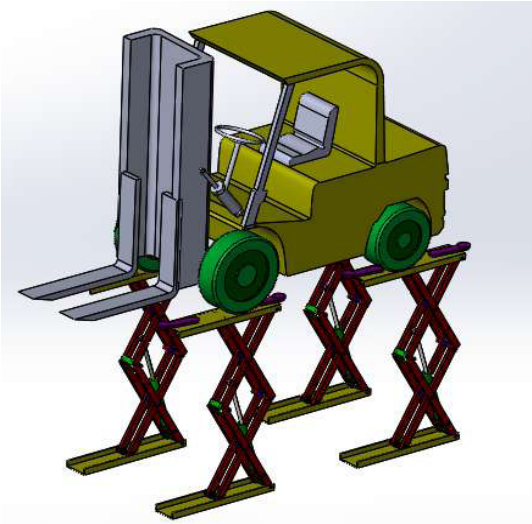

Рисунок 3 – Ножничный подъемник общий вид

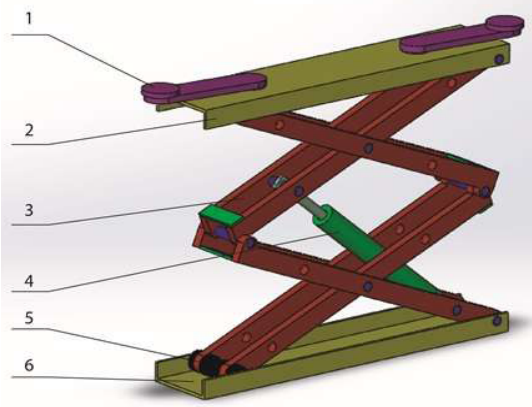

Рисунок 4 – Подъемник, один модуль:
1 – лапа для подъема автомобилей за пороги, днище; 2 – верхняя платформа; 3 – боковая стойка; 4 – гидроцилиндр; 5 – ролики; 6 – нижняя платформа

Для того чтобы платформы 6 не истирались, не изнашивались при трении под нагрузкой при подъеме/опускании используют ролики 5 на подшипниках.

Расчет подъемника на прочность

Для расчета подъемника необходимо задать граничные условия – это водные данные, с помощью которых ограничиваем и обуславливаем работу и свойства подъемника, как и в аналогичной статье [1]. Создаем 3D-модель, проверяем кинематику и интерференцию (не допускается наложения одной детали на другую) [2–4]. Указываем программе направление силы тяжести, обозначаем места конструкции, которые опираются на пол, то есть без перемещения по вертикали. Указываем, какая часть конструкции перемещается как ползун – это ролики. Также указываем величину нагрузки – 20000 Н или 2 т и место на которое воздействует данная нагрузка, рисунок 5. Задаем также материал – простая углеродистая сталь, аналог российской стали Ст 20. Выполнив все эти условия, переходим к заданию сетки – это шаг с которым будет просчитываться модель. Чем меньше шаг, тем точнее и дольше будет просчитываться модель. В сетке задается уровень сложности, кривизна и метод создания. Выполнив эти шаги, переходим к расчетам и получаем следующие эпюры, показанные на рисунках 5 и 6.

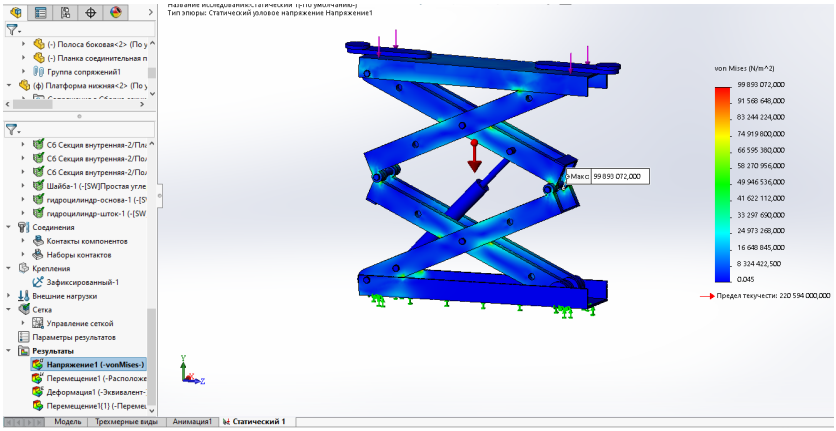

Рисунок 5 – Эпюра напряжений

Проанализируем данные эпюры. Эпюра напряжений, показывает максимальное напряжение в конструкции 90 МПа. Для дан-

ной стали предел текучести составляет 220 МПа. Разделив одно значение на другое, получим коэффициент запаса прочности конструкции при нагрузке в 2 тонны. Коэффициент запаса прочности составляет 2,4, что является достаточным условием надежности конструкции при работе с грузами в указанном пределе и немного выше [5–6]. Примерно при 4 тоннах нагрузки коэффициент запаса прочности будет равен единице. Нагрузка, составляющая 2,5–3 тонны, является нормальной рабочей. Для подъема легковых автомобилей и легких транспортных до 3,5–4 тонны рабочим весом необходимо два подъемника, каждый из которых поднимает по 3 т, то есть суммарно 6 тонн рабочий вес подъема.

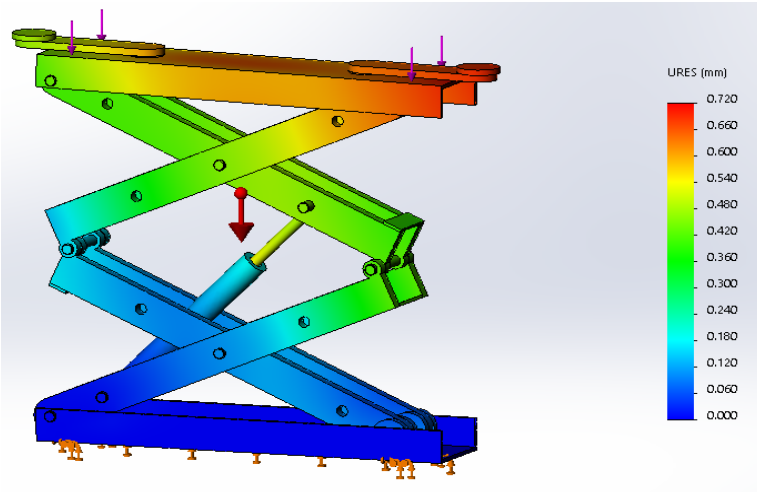

Рисунок 6 – Эпюра перемещений (изгиб)

В случае, когда требуется поднимать грузовой автомобиль, или длинный автобус то подъемников устанавливают от 4 до 6, соответственно грузоподъемность такой системы составляет 12–18 тонн. Соответственно такой подъемник может поднимать любые грузовые автомобили и комбайны.

Эпюра перемещений, рисунок 6 показывает нам максимальный изгиб конструкции при максимальной нагрузке, и составляет всего 0,7 мм, то есть конструкция практически не прогибается.

Делаем вывод о пригодности конструкции к данному виду выполняемых работ.

Стандартным способом также был проведен расчет конструкции, по которому предельные напряжения были получены большими. Для этого была выбрана сталь с большим пределом текучести 255 МПа.

Характеристики и разработанного подъемника:

• Грузоподъемность 3 тонны при коэффициенте запаса прочности 1,9.

• Высота подъема 1,8 метра, что является удобным моментом для обслуживающего персонала.

• Одна секция весит всего 211 кг.

• Стенд оснащен дополнительными прорезиненными лапами, для более удобного крепления автомобиля на стенде.

Выводы

Был представлен и разработан ножничный подъемник для поднятия опускания техники условного машинно-тракторного парка. Подъемник отличается простотой конструкции, надежностью, высокой грузоподъемностью от 6 тонн базовая грузоподъемность при использовании двух модулей, четыре модуля дают грузоподъемность 12 тонн, 6 модулей 18 тонн соответственно.

Литература

1. Карпов, Д.С. Разработка стенда с помощью 3D-моделирования для обкатки трансмиссий без разрыва потока мощности. [Текст] / Д.С. Карпов, Р.Д. Адакин, Е.В. Уткин // Современные проблемы механизации сельскохозяйственного производства и обслуживания сельскохозяйственной техники: сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Ярославль: Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2020. – С. 31–35.

2. Справка по SOLIDWORKS [Электронный ресурс] // Dassault Systèmes: официальный сайт компании. – М.: Dassault Systèmes, 1995-2020. – Режим доступа: http://help.solidworks.com/SearchEx.aspx?query = %D0%A1%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BA-%D0%B0%20%D0%BF%D0%BE%20SOLIDWORKS%20&version = 2017&lang = russian&prod = solidworks (дата обращения: 1.012.2020).

3. Алямовский, А.А. SolidWorksSimulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации [Текст] / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.

4. Ашейчик, А.А., Полонский В.Л. Расчет деталей машин методом конечных элементов [Текст] / А.А. Ашейчик. – СПб.: Издательско-полиграфический центр (ИПЦ) СПбПУ, 2016. – 243 с.

5. Федосьев, В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов [Текст] / В.И. Федосьев. – 17-е изд. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. –542 с.

6. Баженов, Ю.В. Основы теории надежности машин: учеб. пособие [Текст] / Ю.В. Баженов. – Владимир: Издательство ФГБОУ ВО «Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», ВлГУ, 2006. – 160 с.

УДК 621.43.0139

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ АВТОМОБИЛЕЙ

д.т.н., профессор Б.С. Антропов,
обучающийся М.И. Волянский, обучающийся Е.А. Чернолихов
(ФГБОУ ВО ЯГТУ, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: отработавшие газы, экологические стандарты, бензиновый и дизельный двигатель.

В статье рассматриваются экологические стандарты, регулирующие содержание вредных веществ на территории стран Европы и Российской Федерации.

MODERN REQUIREMENTS FOR ENVIRONMENTAL VEHICLES OF CARS

Doctor of Technical Sciences, Professor B.S. Antropov, Student
M.I. Volyansky, Student E.A Chernolikhov
(FSBEI HE YSTU, Yaroslavl, Russia)

Key words: exhaust gases, environmental standards, gasoline and diesel engine.

The article discusses environmental standards that regulate the content of harmful substances in Europe and the Russian Federation.

По данным американской аналитической компании INRTX в мире эксплуатируется 1,3 миллиарда автомобилей. Они являются основными потребителями традиционных жидких топлив (бензина и дизельное топлива). С каждым годом количество автомобильного транспорта непрерывно увеличивается. Согласно данным министерства транспорта Российской Федерации на начало 2002 г. на территории нашей страны было зарегистрировано 27,8 млн. транспортных средств. На начало 2020 г. на территории Российской Федерации было зарегистрировано уже более 44 млн. транспортных средств. В связи с таким увлечением автомобилей в большинстве городов основным фактором загрязнения атмосферного воздуха стал автомобильный транспорт. Проблемы экологической безопасности автомобильного транспорта являются составной частью экологической безопасности окружающей среды. Экологические проблемы, связанные с использованием традиционного моторного топлива в двигателях транспортных средств, актуальны не только в России, но и для всех стран мира. В большинстве развитых стран в настоящее время нормируют следующие компоненты вредных выбросов: окись углерода, окислы азота, углеводороды, твердые частицы.

Вредные вещества, выбрасываемые автомобильным транспортом, оказывают пагубное влияние на здоровье человека, в частности сажа, которая может оседать в легких и привносить в них большое количество тяжелых металлов, да и другие компоненты, выбрасываемые автомобильным транспортом в атмосферу, могут приводить к множеству других заболеваний. Ухудшает ситуацию то, что выхлопные газы, выделяемые автомобилем, оседают в основном на уровне дыхания человека (в приземной области). Ветер не может рассеять все скопившиеся выбросы из-за плотной городской застройки. Решением данной проблемы является либо сокращение количества автомобильного транспорта, однако статистика показывает его неуклонный рост, либо же уменьшение количества выбрасываемых токсичных веществ от одного конкретного автомобиля, именно поэтому на территории большинства Европейских стран уже в 1988-м году были введены нормы ЕВРО-0 для бензиновых автомобилей. Начиная с 1992 года, вводятся нормы ЕВРО-1 для бензиновых и дизельных автомобилей, которые регу-

лярно, каждые 4–5 лет ужесточаются путем снижения содержания вредных компонентов в ОГ. В настоящее время действуют нормы ЕВРО-6, приведенные таблице [1].

Таблица 1 – Нормы ЕВРО для дизельных и бензиновых легковых автомобилей

Класс	Дата введения	CO, (г/км)	THC, (г/км)	NMHC, (г/км)	NOx, (г/км)	HC + NOx, (г/км)	PM, (г/км)
Дизельные вигатели							
Евро-1	Июль 1992	2,72(3,16)	–	–	–	0,97(1,13)	0,14(0,18)
Евро-2	Январь 1996	1,0	–	–	–	0,7	0,08
Евро-3	Январь 2000	0,64	–	–	0,5	0,56	0,05
Евро-4	Январь 2005	0,50	–	–	0,25	0,30	0,0,025
Евро-5	Сентябрь 2009	0,500	–	–	0,180	0,230	0,005
Евро-6	Сентябрь 2014	0,500	–	–	0,080	0,170	0,005
Бензиновые двигатели							
Евро-0	1988	11,2	–	–	14,4	–	–
Евро-1	Июль 1992	2,72(3,16)	–	–	–	0,97(1,13)	–
Евро-2	Январь 1996	2,2	–	–	–	0,5	–
Евро-3	Январь 2000	1,3	0,20	–	0,15	–	–
Евро-4	Январь 2005	1,0	0,10	–	0,08	–	–
Евро-5	Сентябрь 2009	1,00	0,100	0,068	0,060	–	0,005
Евро-6	Сентябрь 2014	1,000	0,100	0,068	0,060	–	0,005

Нормы Евро-0 измерялись в (г/кВт*ч).

Условные обозначения: CO – углекислый газ, THC – углеводороды, NMHC – летучие органические вещества, NOx – оксиды азота, PM – взвешенные частицы.

На территории Российской Федерации нормы ЕВРО были введены только в 2005-м году, это были нормы ЕВРО-2. На данный момент актуальны нормы ЕВРО-5. Нужно понимать, что данные нормы действуют только на новые автомобили, выпускаемые заводом-изготовителем или ввозимые из-за границы. Новые автомобили, продаваемые официальными дилерами на российском рынке, должны соответствовать нормам не ниже ЕВРО-4. Экологический класс автомобиля подтверждается лишь единожды на сертифицированных испытания для каждой модели автомобиля с определенными силовым агрегатом и его системами. В дальнейшей эксплуатации транспортного средства никаких подтверждений принадлежности его к определенному экологическому классу не требуется.

Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» проводило исследования парка легковых автомобилей на территории Российской Федерации по состоянию на 1 июля 2019 г. Экспертам агентства удалось определить, что среди всех зарегистрированных легковых автомобилей средний возраст автопарка составляет 1,4 года, автомобили отечественного производства доля которых составляет 40% от общего числа автомобилей, имеют средний возраст в районе 17 лет, а автомобили зарубежного производства 11,2 года. Также эксперты установили доли автопарка в России по нормам токсичности (рисунок 1) [2].

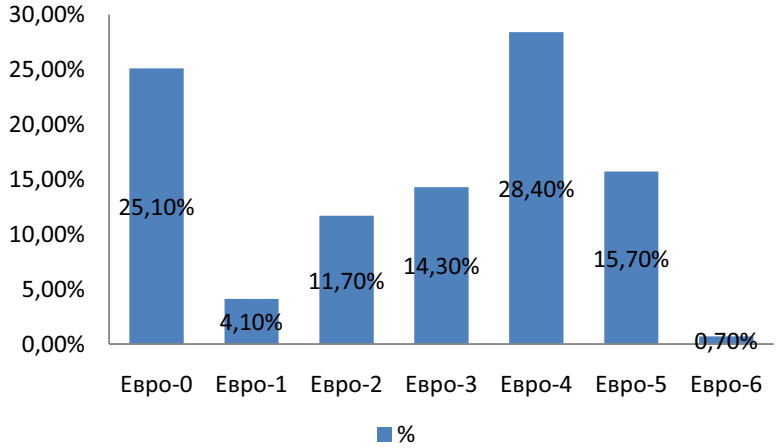

Рисунок 1 – График распределения автопарка России по нормам токсичности

Из графика видно, что более половины легковых транспортных средств соответствуют экологическому классу ЕВРО-3 или ниже. Стоит учитывать тот факт, что определение экологического класса среднестатистического автомобиля происходило более 10 лет назад, и как упоминалось ранее, никаких подтверждающих испытаний с автомобилем более не проводилось, а о соответствии экологическому классу автомобиля говорит лишь отметка в его паспорте.

Согласно действующему законодательству в РФ для каждого автотранспортного средства, старше двух лет с момента сборки, необходимо проводить технический осмотр. Для транспортных средств, от двух до семи лет с момента сборки, технический осмотр проводится раз в два года, для транспорта старше семи лет один раз в год. В ходе данного технического осмотра определяется техническое состояние в соответствии с ГОСТ 33997-2016 [3].

Содержание окиси углерода (CO) в отработавших газах колесного транспортного средства (КТС) с бензиновыми двигателями в режиме холостого хода на минимальной и повышенной частотах вращения коленчатого вала двигателя должно быть не выше значений, указанных в эксплуатационной документации изготовителя КТС, а при отсутствии этих данных - не выше значений, приведенных в ГОСТ33997-2016.

Так, в указанном документе предусматривается, что на автомобилях экологических классов 2 и 3 (соответствующих нормам ЕВРО-2 и 3), объемная доля CO в отработавших газах на минимальной частоте вращения коленчатого вала (700–1100 мин$^{-1}$) не должна превышать 0,5% и на повышенной частоте (2500–2800 мин$^{-1}$) – 0,3%. Для автомобилей класса 4 и выше (соответствующих ЕВРО-4 и выше) указанные показатели не должны превышать, соответственно, 0,3 и 0,2%.

Дымность отработавших газов КТС с дизелями в режиме свободного ускорения не должна превышать значения, указанного в документах, удостоверяющих соответствие КТС требованиям [3], либо значений, указанных на знаке официального утверждения, нанесенном на двигатель или на КТС, либо приведенных изготовителем в эксплуатационной документации. При отсутствии указанных сведений дымность отработавших газов не должна превышать следующих значений:

а) Для двигателей экологического класса 3 и ниже: 2,5 мин$^{-1}$ для двигателей без наддува и 3,0 мин$^{-1}$ для двигателей с наддувом;

б) для двигателей экологического класса 4 и выше – 1.5 мин$^{-1}$.

В результате выполненного исследования установлено, что на автомобилях с дизельными двигателями иностранного производства повышены требования к содержанию оксидов азота в отрабатываемых газах. Так, нормы ЕВРО-6 по этому параметру ужесточены примерно в два раза по сравнению с нормами ЕВРО-5.

Нормы ЕВРО-6 на вредные компоненты отработавших газов бензиновых автомобилей оставлены на уровне норм ЕВРО-5. Ужесточены нормы на СО и дымность отработавших газов на автомобилях, эксплуатируемых на территории Российской Федерации. Об этом свидетельствует ГОСТ 33997-2016, введенный в действие с 1 января 2018 г.

Литература

1. Средний возраст легковых автомобилей в России [Электронный ресурс]: исследование Аналитического агентства «АВТОСТАТ» // ООО «Автомобильная статистика»: официальный сайт Аналитического агентства «АВТОСТАТ». – М.: ООО «Автомобильная статистика», 2005-2021. – Режим доступа: https://www.autostat.ru/press-releases/45590/ (дата обращения 17.09.2020).

2. Структура автопарка РФ и Москвы по экологическим классам [Электронный ресурс]: исследование Аналитического агентства «АВТОСТАТ» // ООО «Автомобильная статистика»: официальный сайт Аналитического агентства «АВТОСТАТ». – М.: ООО «Автомобильная статистика», 2005-2021. – Режим доступа: https://www.autostat.ru/infographics/38282/ (дата обращения: 17.09.2020).

3. ГОСТ 33997-2016 Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки [Электронный ресурс]: введен в действие Приказом Росстандарта от 18.07.2017 N 708-ст. // Консультант Плюс: официальный сайт компании. – М.: Консультант Плюс, 1997–2020. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_294563/ (дата обращения 29.10.2020).

УДК 621.436

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ СПЕКТРАМ

д.т.н., проф. Н.В. Грунтович
(Гомельский ГТУ имени П.О. Сухого, Гомель, Беларусь),
Д.В. Кирдищев
(ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянск, Россия)

Ключевые слова: методика, диагностирование, вибрация, дизельная форсунка, топливная аппаратура.

В статье предложена методика технического диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей по результатам виброакустических экспериментов.

THE METHOD OF TECHNICAL DIAGNOSING OF THE FUEL EQUIPMENT OF DIESEL ENGINES FOR THE VIBRO-ACOUSTIC SPECTR

Doctor of Technical Science, Professor T.M. Gruntowych
(Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus),
D.V. Kirdishchev
(FSBEI HE Bryansk SAU, Bryansk, Russia)

Key words: methodology, diagnostics, vibration, diesel nozzle, fuel equipment.

The article offers a technique for technical diagnostics of diesel engine fuel equipment based on the results of vibroacoustic experiments.

Последние 10 лет учеными России уделяется большое внимание экономическому росту и модернизации производства в сельском хозяйстве [1]. Рассматривая экономические показатели отмечается, что энергоемкость в России превышает энергоемкость Японии в 3,5 раза, а Германии в 3 раза. Совокупные энергетические затраты на производство 1 т условной зерновой единицы в

России по сравнению с США выше более чем в пять раз. К 2000 г. темпы роста цен от продажи сельскохозяйственной продукции в 7,5 раз отставали от темпов роста цен на приобретаемые товары и услуги. В 2012 г при покупке одного трактора сельхозорганизации отдали почти в три раза больше зерна, за один центнер минеральных удобрений больше в 6,7 раз, чем в 2000 г. Все это значительно усложнило проблему модернизации техники в сельскохозяйственных организациях.

Значительное сокращение количества машин, резкое снижение их безотказности, уменьшение готовности машинно-тракторного парка привело к тому, что уровень механизации трудоемких процессов в растениеводстве не превышает 40%, а в животноводстве и того меньше [2, 3]. Это привело к значительному снижению производительности сельскохозяйственной техники, уменьшению площади сельскохозяйственных угодий в России на 18 млн. га. Объем валовой продукции сельского хозяйства сократился на 28,2%, в том числе растениеводства – на 15,2%, животноводства – почти на 40% [4].

Основные объемы ремонтных работ в течение последних 20 лет хозяйства выполняют собственными силами, используя в основном детали списанных машин. Однако этот резерв себя уже исчерпал, о чем свидетельствует уменьшение числа таких машин, стабилизация и повышение объемов ремонтных работ с использованием покупных запасных частей, агрегатов и ремкомплектов. Чтобы улучшить качество ремонта в мастерских, необходимо внедрить новое универсальное контрольно-диагностическое оборудование, новые методики проведения диагностирования и одновременно обучить персонал и повысить его квалификацию [4].

В результате экспериментов, проведенных авторами, было обследовано более 10 дизельных двигателей Д-240 и Д-246 с разными ресурсами от нового трактора до трактора с временем наработки более 8000 часов. Обследования проводились как на работающих двигателях, так и на диагностических стендах в ремонтных мастерских. Кроме того, выполнялось вибродиагностирование топливной аппаратуры дизельных двигателей «Detroit Diesel», «Deutz», «Volvo».

Проведенные исследования показали, что уровень вибрации на определенных частотах или диапазонах характеризует:

– частота 137 Гц это техническое состояние топливного насоса. Высокая вибрация на этой частоте соответствует неисправности узла «роликовый толкатель – кулачок» (рисунок 1, позиция a);

– диапазон от 98 до 115 Гц упругость пружины форсунки, при перемещении иглы вверх (рисунок 1, позиция b);

– диапазон от 73 до 88 Гц характеризует состояние системы впрыска топлива в камеру сгорания, детонацию. Снижение вибрации на этой частоте свидетельствует о закоксовывании сопловых отверстий, подтеканию из распылителя после посадки иглы в седло, ухудшению качества распыливания. Что в свою очередь является следствием значительного снижения давления впрыскивания топлива (рисунок 1, позиция c);

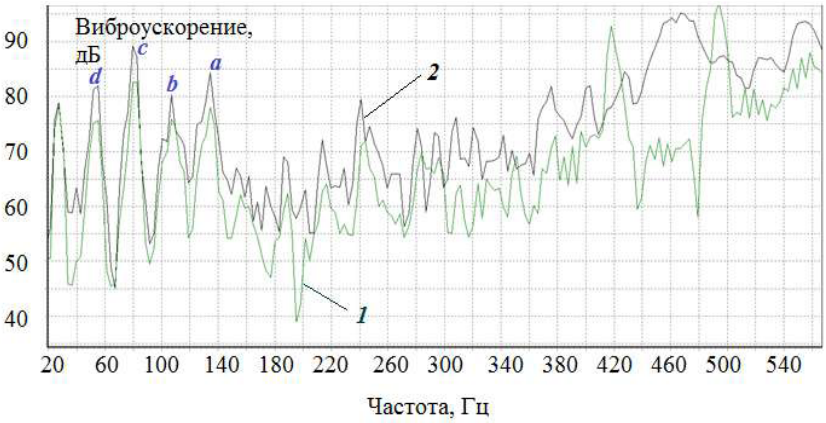

Рисунок 1 – Спектр вибрации дизельных форсунок Д-240 на 700 об/мин 300 моточасов (1 кривая – вторая форсунка; 2 кривая – четвертая форсунка). Амплитуды вибрации форсунок: a – поступление топлива в полость форсунки; b – подъем иглы; c – впрыск топлива в камеру сгорания, детонация; d – опускание иглы

– диапазон от 49-58 Гц характеризует упругость пружины, а также износ посадочного конуса иглы. При снижении давления затяжки пружины форсунки и чрезмерно большой разгрузке топливопроводов высокого давления (особенно при работе на малой подаче) может привести к более низкому давлению топлива в форсунке по сравнению с давлением газов в камере сгорания. По этой причине

газы, имеющие высокую температуру, проникают в полость распылителя и нагревают находящееся там топливо. Вместе с газами во внутреннюю полость распылителя заносятся частички нагара. На рабочих поверхностях иглы и корпуса распылителя образуются лаковые пленки и налет нагара, которые снижают теплопроводность металла. Поэтому происходит дальнейшее повышение температуры распылителя, вследствие чего лаковая пленка и нагар превращаются в твердые отложения кокса (рисунок 1, позиция d).

Диагностику топливной аппаратуры дизельного двигателя по виброакустическим характеристикам рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1. Производится внешний осмотр двигателя и определяется степень доступности ТА для крепления диагностических датчиков.

2. Прогрев двигателя. Непрерывная работа двигателя до выхода на рабочую температуру.

3. Установка и настройка диагностического комплекса, который представляет собой многофункциональный сборщик данных МСД-2010 с вибродатчиком ускорения (тип АР-1040 с диапазоном измерения 5-5000Гц или 5-20000 Гц), персональный компьютер с программой обработки данных [5] (рисунок 2).

Рисунок 2 – Вибродиагностирование дизельного двигателя с использованием диагностического комплекса проводит инженер Д. Кирдищев

3. Производится подключение датчиков к точкам сбора информации. Вибродатчик с помощью магнита крепится на место измерения виброакустического сигнала. В том случае, когда из-за плохого доступа закрепить магнит нельзя, к вибродатчику крепится стальной штырь длиной 10–20 см. В этом случае штырь с датчиком прижимается рукой к месту измерения сигнала вибрации.

4. На прогретом двигателе поддерживаются устойчивые обороты коленчатого вала (700 об/мин). Производится сбор диагностической информации форсунок при работающем двигателе на номинальной частоте. Сбор диагностической информации ТНВД при работающем двигателе на номинальной частоте.

5. Получение и обработка спектров вибрации. Сигнал с вибродатчика ускорения через усилитель заряда сборщика поступает на соответствующий порт компьютера. В компьютере имеется две программы. С помощью первой программы измеренный сигнал записывается в соответствующий файл. Вторая программа после обработки способом Фурье позволяет измеренный сигнал представить в частотном диапазоне от 2 до 5000 Гц. Это дает возможность оценить уровень белого шума и выделить дискретные частоты вибрации с определением уровня вибрации на соответствующих частотах [6].

6. Выделение информативных частот по полученным спектрам. Исходя из физики работы опытным путем было установлено частота 137 Гц соответствует поступлению топлива в полость форсунки; диапазон частоты от 98 до 115 Гц – соответствует подъему иглы; диапазон частоты от 73 до 88 Гц – впрыску топлива в камеру сгорания, детонации; диапазон от 49 до 58 Гц – опусканию иглы.

7. Определение технического состояния форсунок и ТНВД. При помощи диагностической модели производится определение степени износа форсунки путем сравнения амплитуд реперных частот полученных при диагностировании с составленной экспериментальным способом диагностической моделью.

8. Составление рекомендаций по ремонту топливной аппаратуры. Описание элементов форсунки и ТНВД со степенью износа и рекомендаций по их ремонту или замене.

Выводы

1. Проведенные исследования в лабораториях, ремонтных мастерских и полевых условиях показали эффективность вибродиагностирования дизельных двигателей.

2. Вибродиагностирование топливной аппаратуры дизелей во время работы позволят выявить типовые дефекты топливной аппаратуры без ее разборки.

Литература

1. Панин, А.В. Экономический рост в сельском хозяйстве на основе модернизации производства: монография [Текст] / А.В. Панин. – М.: Издательство Проспект, 2016. – 240 с.

2. Семейкин, В.А. Оценка уровня механизации в сельском хозяйстве [Текст] / В.А. Семейкин // Сельский механизатор. – 2010. – № 2. – С. 12–13.

3. Кирдищев, Д.В. Техническое диагностирование топливных форсунок на стендах в ремонтных мастерских [Текст] / Д.В Кирдищев, В.И. Лавров // Вестник Брянской ГСХА. – 2016. – № 5 (57). – С. 65–69.

4. Горячев, С.А. Востребованность современной техники [Текст] / С.А. Горячев, З.В. Волкова. // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 38–40.

5. Грунтович, Н.В. Техническое диагностирование дизельных двигателей по спектрам вибрации корпуса для обеспечения долговечности, безотказности и экономичности [Текст] / Н.В. Грунтович, Д.В. Кирдищев // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: метериалы Международной научно-практической конференции «Белагро-2018» (Минск, 7–8 июня 2018 г.). – Минск: БГАТУ, 2018. – 452 с.

6. Грунтович, Н.В. Техническое диагностирование форсунок дизелей во время их работы [Текст] / Н.В. Грунтович, Д.В. Кирдищев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22–24 ноября 2017 г.). – Минск: БГАТУ, 2017. – 660 с.

7. Грунтович Н.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе [Текст] / Н.В. Грунтович, Д.В. Кирдищев // Агротехника и энергообеспечение. – 2016. – № 4 (13), Т. 2. – С. 47-55.

УДК 633.1

ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ НАСАДКА НА ЯЧМЕННЫЙ ТРАНСПОРТЕР СОЛОДОВНИ ОАО «ЯРПИВО» ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА

руководитель солодовенного производства ОАО «Ярпиво» М.Ю. Епифанов, д.т.н., профессор В.В. Шмигель, аспирант М.И. Луговский (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: проращивание ячменя, обработка семян электрическим полем постоянного тока, технологии пивоваренной промышленности, производство солода, высоковольтная насадка, токи положительной короны.

В рамках данной статьи были изучены технологии пивоваренной промышленности, а именно, начальные технологические операции по подготовке семян ячменя для солодовни. Также была разработана примерная схема высоковольтной насадки на ячменный транспортер предприятия ОАО «Ярпиво». Объектом исследования являются семена ячменя, обработанные электрическим полем постоянного тока.

HIGH-VOLTAGE NOZZLE FOR THE BARLEY CONVEYOR OF THE MALT HOUSE OF JSC «YARPIVO» FOR ELECTRICAL STIMULATION AND GRAIN DISINFECTION

Head of malt production of JSC Yarpivo M.Yu. Epifanov, Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel, Postgraduate M.I. Lugovsky (FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: barley germination, treatment of seeds with electric fieldof direct current, technologies of brewing industry, malt production, high-voltage nozzle, positive corona currents.

Within the framework of this article, the technologies of the brewing industry were studied, namely, the initial technological operations for

the preparation of barley seeds for malting. An approximate scheme of a high-voltage nozzle on a barley conveyor of the Yarpivo company was also developed. The object of research is barley seeds treated with a DC electric field.

Известно, что при приготовлении древнейшего напитка (пива) используется проросшее зерно злаковых культур. Именно от солода зависят его вкусовые особенности. Солод представляет собой зерно, прошедшее процесс соложения. Для этого зерно (чаще всего ячменное) проращивают, чтобы в нем начали образовываться нужные для пивоварения ферменты, которые будут расщеплять крахмал зерна на более простые углеводы.

Основы технологий современного пивоварения были изучены нами на предприятии ОАО «Ярпиво», которое является филиалом ООО «Пивоваренная компания «Балтика» – одной из крупнейших и преуспевающих на сегодняшний день компаний в России. Семенной материал на предприятие поставляют железнодорожными составами.

Первоначальной технологической операцией сразу после отгрузки является предварительное очищение семян от вороха и пыли, далее очищенный материал попадает в триера, где происходит калибровка семян по размерам и массе. Таким образом, получают бункеры с очищенными от ненужных примесей семенами определенных категорий [1].

Затем отобранные семена из бункера хранения промываются водой и загружаются в специализированный аппарат, где происходит процесс замачивания. Для ускорения прорастания семян добавляют янтарную кислоту, которая ускоряет процесс прорастания на 1–1,5 дня. Стоимость данного препарата по оптовым ценам составляет около 180 рублей за 1 килограмм. Этого количества янтарной кислоты хватает примерно на полтонны семян, поэтому ее применение в большом объеме связано со значительными затратами на производстве.

После вышеперечисленных операций семенной материал закладывается для проращивания на 4 или 5 дней, до появления небольших ростков.

В основные задачи наших исследований входит проведение ряда экспериментов по воздействию электрического поля постоянного тока на семена ячменя с целью мобилизации процессов их жизнедеятельности. Таким образом, при показателях высокой эффективности данной технологии, планируется внедрение новой разработки на пивоваренное предприятие в замену применения «Янтарной кислоты», что позволит снизить затраты на производство пива и улучшению его вкусовых качеств.

А.М. Ниязов под руководством доктора технических наук, профессора В.В. Шмигеля проводил исследования по стимуляции семян ячменя в электростатическом поле. Результатами проведенных опытов А.М. Ниязов подтвердил положительное влияние электростатической энергии на прорастание семени в своей кандидатской диссертации «Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле» [2].

Анализ результатов поставленных экспериментов в 2019 году показал, что для обработки семян ячменя оптимальное время воздействия электрического поля постоянного тока равняется 2 секундам. Такое время обработки благоприятно влияет на качество прорастания семян. Максимальная эффективность по показателю всхожести была отмечена на вариантах с обработанными семенами под напряжениями 20 кВ и 25 кВ в течение 2 секунд.

Результаты второго опыта, заложенного в толстом слое, также носили положительный характер, как и в первом. И наоборот, чаши с тонким слоем по 100 отобранных семян не дали достоверной информации. Данный опыт проиллюстрировал, что именно в толстом слое семян идет стимуляция и обработка материала токами положительной короны [4].

Дальнейшее изучение воздействия электрического поля постоянного тока на семена ячменя проводились совместно с предприятием ОАО «Ярпиво». Совместно с профессором Шмигелем Владимиром Викторовичем и руководителем солодовни компании ОАО «Ярпиво» Епифановым Михаилом Юрьевичем на установке «Многослойный ленточный электрический стимулятор семян» были обработаны несколько партий семян ячменя пивоваренной компании под разными напряжениями в течении 2-х секунд.

После обработки данные образцы были отправлены на солодовню предприятия для последующего замачивания и проращивания. На профессиональных опытных установках предприятия семенной материал закладывался 2 раза, первый раз сразу после обработки семян, второй раз после отлеживания в течение двух недель.

Результаты проведенных испытаний получились следующими.

Таблица 1 – Прорастание материала, заложенного сразу после обработки

Время обр.	Напряжение				
	К	20 кВ	25 кВ	30 кВ	35 кВ
2 сек.	77%	74%	74%	77%	79%

Таблица 2 – Прорастание материала, заложенного через две недели после обработки

Время обр.	Напряжение				
	К	20 кВ	25 кВ	30 кВ	35 кВ
2 сек.	77%	82%	78%	80%	80%

Из полученных результатов проведенных экспериментов можно сделать вывод, что прорастание обработанного материала после отлеживания выше, чем на контроле. Самым оптимальным вариантом, как и в предыдущих опытах, оказался обработанный материал с напряжением 20 кВ в течение 2-х секунд. Данный вариант по сравнению с контрольным вариантом показал прирост по прорастанию на 5%.

На данный момент разрабатывается высоковольтная насадка на ячменный транспортер солодовни ОАО «Ярпиво» для электростимуляции и обеззараживания зерна.

Пока что примерная схема данной установки выглядит так, как показано на рисунке 1.

В верхней части установки находится высоковольтный электрод, под транспортерной лентой заземлитель. Также рядом с установкой расположен блок управления, где можно задавать такой параметр, как напряжение. Время обработки семян будет рассчитываться по скорости транспортерной ленты.

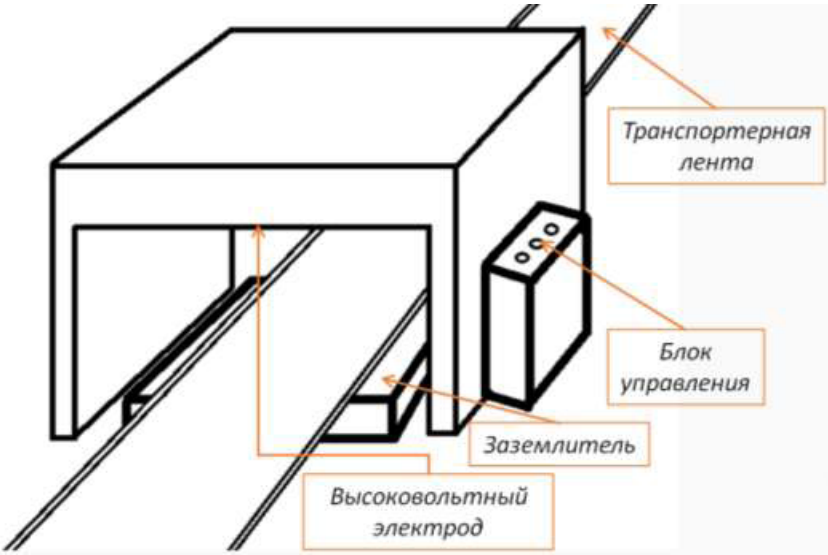

Рисунок 1 – Высоковольтная насадка на ячменный транспортер солодовни ОАО «Ярпиво»

Литература

1. Нарцисс, Л. Технология солодоращения [Текст] / Л. Нарцисс, перевод 7-го немецкого издания А.С. Яблоковой. – М.: Профессия. – 2007. – С. 110–146.

2. Ниязов, А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / А.М. Ниязов. – Ижевск, 2001.

3. Патент RU 2181234 C2 Российская Федерация. Машина для предпосевной обработки семян в электрическом поле / Шмигель В.В., Ниязов А.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Костромская ГСХА – № 99118792/13; заявл. 30.08.99; опубл. 20.04.02.

4. Шмигель, В.В. Сепарация и стимуляция семян в электрическом поле [Текст]: монография / В.В. Шмигель. – Кострома: Изд-во ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2003. – С. 35–36.

5. Патент RU 2182411 C2 Российская Федерация. Способ предпосевной обработки семян в электрическом поле / Шмигель В.В., Ниязов А.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Костромская ГСХА – № 99118786/13; заявл. 30.08.99; опубл. 20.05.02.

УДК 656.1

ВЕЛОМОБИЛЬ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВИД ТРАНСПОРТА

обучающийся М.С. Ладыгин, аспирант А.С. Ладыгин, обучающийся М.С. Джерепа
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: ресурсы, мускульный привод, экономичный, экологичный, аккумулятор.

Веломобиль – принципиально новое поколение в мире машин, верный помощник человека, для работы которого не нужны ресурсы, которые, как известно, в природе не бесконечны. Это транспортное средство с мускульным приводом, сочетающее простоту, экономичность и экологичность велосипеда с устойчивостью и удобством автомобиля. Веломобиль может иметь ножной, ручной или комбинированный привод. Некоторые веломобили снабжены дополнительным устройством электропривода, который подпитывается при помощи аккумулятора. Веломобили имеют свою классификацию по их назначению, по области применения. Веломобили приравниваются к велосипедам и для управления ими водительское удостоверение не требуется.

VELOMOBILE AS AN ALTERNATIVE MODE OF TRANSPORT

Student M.S. Ladygin, Postgraduate A.S. Ladygin, Student M.S. Dzherepa
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: resources, muscle drive, economical, environmentally friendly, battery.

The velomobile is a fundamentally new generation in the world of cars, a faithful assistant to man, whose work does not require resources that, as you know, are not infinite in nature. It is a muscle-powered vehicle that combines the simplicity, economy and environmental friendliness of a bicycle with the stability and comfort

of a car. The velomobile can have a foot, manual or combined drive. Some velomobiles are equipped with an additional electric drive device, which is powered by a battery. Velomobiles have their own classification according to their purpose, according to the field of application. Velomobiles are equated to bicycles and a driver's license is not required to operate them.

Веломобиль – это замечательная машина для современного человека, которому само время и ритм жизни выдвигают требования быть мобильным и оперативным.

Веломобиль – принципиально новое поколение в мире машин, верный помощник человека, для работы которого не нужны ресурсы, которые, как известно, в природе не бесконечны.

Рисунок 1 – PodRide – самодельный всепогодный веломобиль от шведского конструктора Микаэля Кьельмана

Это транспортное средство с мускульным приводом, сочетающее простоту, экономичность и экологичность велосипеда с устойчивостью и удобством автомобиля. Веломобиль предназначен, как правило, для эксплуатации на дорогах с твердым покрытием. По сравнению с велосипедом, он имеет лучшую обтекаемость, защиту от непогоды. Именно поэтому появление веломобиля – скоростного и более комфортного вида транспорта, у любителей быстрой езды вызвал восторг и небывалый интерес. Но высокая, по сравнению с велосипедом, скорость веломобиля не единственное его преимущество. Плюс большинства моделей, предлагаемых сегод-

ня современных веломобилей – это удобная посадка, человек сидит в комфортном кресле, а его спина и позвоночник находиться в удобном положении [1].

Вес современных веломобилей составляет 25–40 кг, их корпус теперь делается из кевлара (в 90-е годы – из алюминия; пластик позволил уменьшить вес на 10 кг). Их длина в среднем составляет 250 см, ширина – 80 см, высота – 95 см. Три колеса имеют подвеску, кузов – встроенные зеркала заднего вида, фары, тормозные огни, багажное отделение. Имеются также двухместные машины.

Принцип работы веломобиля

Веломобиль может иметь ножной, ручной или комбинированный привод. Привод может осуществляться на передние, задние или на все колеса. На ведущие колеса крутящий момент может передаваться с помощью цепи, ремня, карданного вала или стальных (кевларовых) тросиков. С точки зрения движения ног (рук) веломобилиста, привод веломобиля может быть круговым, эллиптическим или линейным. На некоторые веломобили устанавливается система переключения передач. Веломобиль имеет, как правило, классический или планетарный переключатель скоростей, однако могут также устанавливаться велосипедные вариаторы.

Некоторые веломобили снабжены дополнительным устройством электропривода, который подпитывается при помощи аккумулятора. Веломобиль с электрическим приводом при торможении вырабатывает электричество, которое аккумулируется и используется для подъема в гору. Преимуществом современного веломобиля можно назвать именно неподвижность педалей во время холостого хода [2].

Водитель, который отдал предпочтение веломобилю, уже не должен заботиться о сохранении равновесия. Он может часто менять позы, находясь в довольно широком удобном кресле, а нажатие на педали включает в работу 80% мускулатуры тела. При этом утомляемость водителя значительно ниже, чем велосипедиста на аналогичной дистанции и при такой же скорости. По сравнению с велосипедом веломобилю для поддержания крейсерской скорости в 30 км/ч требуется в 3,5 раза меньше усилий человека.

Также существует возможность присоединения к веломобилю различных аксессуаров, включая вместительные багажники, солн-

цезащитные козырьки, бортовой компьютер, дополнительное сидение или несколько сидений. Такими машинами легко управлять и, естественно, не трудно обслуживать.

Популярность веломобиля растет с каждым годом. Если сравнивать веломобиль уже с автомобилем, то тут также можно увидеть ряд преимуществ:

• Эксплуатация веломобиля проста и общедоступна. Веломобиль не требует регулярного технического обслуживания (если вовремя очищать агрегат от грязи и пыли). Веломобиль – достаточно простая машина, поддающаяся ремонту, восстановлению и даже усовершенствованию в самых неприхотливых полевых условиях. Отремонтировать веломобиль сможет даже школьник.

• Современные материалы и компьютерные технологии позволяют значительно упростить и усовершенствовать веломобили. Поэтому они могут стать реальной альтернативой автомобильному транспорту при поездках на относительно небольшие расстояния. В особенности это касается городов, где трудно дышать из-за постоянных выхлопных газов, и при этом скорость передвижения автомобилей все равно затруднена ввиду постоянных пробок. Компактные, бесшумные, экологически чистые веломобили могли бы во многом поспособствовать решению транспортной проблемы городов.

• Стоимость веломобиля в десятки раз меньше стоимости автомобиля. Это безоговорочное преимущество веломобиля. Часто такие агрегаты приобретаются для размеренных прогулок, чтобы иметь возможность полюбоваться пейзажами, насладиться прогулкой на свежем воздухе. Хотя скоростной потенциал веломобиля не такой уж и маленький. За счет правильного подбора формы для улучшения аэродинамических качеств отдельные веломобили способны развивать скорость около 100 км/ч. Во всяком случае, официальный рекорд, установленный одним из немецких веломобилей, равняется 105 км/ч.

• Благодаря тому, что веломобиль обладает довольно хорошей грузоподъемностью (багажник веломобиля может выдерживать до 100 кг и более веса груза) [3].

Веломобили имеют свою классификацию по их назначению, по области применения.

Веломобили для повседневных поездок

Такой веломобиль предназначен прежде всего для поездок на работу, а также в магазин, на рынок, в мастерскую и так далее.

Существуют также многоместные велобусы – своего рода маршрутные велотакси.

Рисунок 2 – Велотакси на ВДНХ в Москве

Веломобили для дальних поездок

Они должны иметь повышенную надежность и ремонтопригодность. Их жизнеспособность часто достигается за счет устройства раздельного для каждого веломобилиста привода на ведущие колеса. Это позволяет в случае выхода из строя одного индивидуального привода продолжать движение до намеченной стоянки, не теряя времени на ремонтные работы в пути.

Лечебные веломобили

Как известно, расход энергии при езде на велосипеде и веломобиле в несколько раз меньше, чем при ходьбе. Усилия и нагрузки на веломашине можно строго дозировать и плавно регулировать. Эти соображения и позволяют рекомендовать «велотерапию» для выздоравливающих после сердечно-сосудистых и других заболеваний.

Специальные веломобили

Грузовые веломобили для развозки по городу продовольственных заказов, мороженого, мелких партий промышленных товаров. Специальные веломобили конструируют для доставки писем, газет и почтовых посылок.

Рисунок 3 – Велорикша Муравей Z1, оснащен автономной морозильной камерой

Грузовые и грузопассажирские веломобили

Такие веломобили необходимы в аэропортах, на перронах железнодорожных вокзалов, в крупных торговых центрах, в больших цехах и на многокилометровых территориях современных промышленных предприятий, для транспортного обслуживания и проката в зонах отдыха, на территориях выставок и музеев на открытом воздухе. Конструкции специальных веломобилей так же разнообразны, как и функции, ими выполняемые.

Лидерами в веломобилестроении являются скандинавские страны, Голландия и США.

Сдерживающим фактором в широком распространении веломобилей остается цена. За модель с завода придется отдать от 150 до 450 тысяч рублей. Такая цена объясняется технологиями, используемыми для создания транспортного средства [4].

ПДД РФ

Анализ Правил дорожного движения позволяет сделать вывод, что пока веломобили приравниваются к велосипедам и для управления ими водительское удостоверение не требуется.

24.1. Движение велосипедистов в возрасте старше 14 лет должно осуществляться по велосипедной, велопешеходной дорожкам или полосе для велосипедистов.

24.2. Допускается движение велосипедистов в возрасте старше 14 лет:

– по правому краю проезжей части – в следующих случаях:
  – отсутствуют велосипедная и велопешеходная дорожки, полоса для велосипедистов либо отсутствует возможность двигаться по ним.

24.5.1. Скорость движения велосипедистов и лиц, использующих для передвижения средство индивидуальной мобильности, во всех случаях совмещенного движения с пешеходами, а также в жилых зонах, велосипедных зонах и на дворовых территориях не должна превышать 20 км/ч.

Без прав разрешено управлять любым электротранспортом, при условии, что мощность его двигателя не превышает 250 ватт (2,5 кВт) [5].

Литература

1. Веломобили – простой, доступный, экономичный и экологичный транспорт! [Электронный ресурс] // Портал для саморазвития и самопознания Любодар. – Режим доступа: https://lubodar.info/velomobili-transport-budushego/ (дата обращения: 19.11.2020).

2. Веломобиль [Электронный ресурс] // Wikipedia® – зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации Wikimedia Foundation, Inc. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Веломобиль (дата обращения: 19.11.2020).

3. Веломобиль [Электронный ресурс] // Портал о жизни на велосипеде Velife. – Режим доступа: https://velife.ru/vidy-vybor/velomobil.html/ (дата обращения: 19.11.2020).

4. ВЕЛОМОБИЛЬ [Электронный ресурс] // Портал Вело Ironhorse: о велосипедах без купюр. – Режим доступа: http://bikes.ironhorse.ru/alternatives/velomobiles/ (дата обращения: 19.11.2020).

5. ПДД РФ, Правила дорожного движения Российской Федерации [Электронный ресурс]: утверждены Постановлением Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. N 1090 // Консультант Плюс: официальный сайт компании. – М.: Консультант Плюс, 1997–2020. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/824c911000b3626674abf3ad6e38a6f04b8a7428/ (дата обращения: 19.11.2020).

УДК 66.045

ВАРИАНТЫ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СМЕННОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО МОДУЛЯ

доцент, к.т.н. О.Г. Несиоловский,
старший преподаватель Р.Д. Адакин, аспирант Н.А. Козлов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: утилизация тепла, теплообменные аппараты, конструкция и технология изготовления сменного пластинчатого модуля

Статья посвящена утилизации тепла отработавших газов теплогенерирующих установок с помощью пластинчатого теплоутилизатора. Рассмотрены конструкции подобных утилизаторов и варианты их изготовления.

VARIANTS OF THE DESIGN AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF THE REPLACEABLE HEAT EXCHANGE PLATE MODULE

Associate Professor,
Candidate of Technical Sciences O.G. Nesiolovsky,
Senior Lecturer R.D. Adakin, Postgraduate N.A. Kozlov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: heat recovery, heat exchangers, design and manufacturing technology of a replaceable plate module

The article is devoted to heat recovery of exhaust gases of heat generating plants using a plate heat exchanger. The designs of such heat exchangers and their manufacturing options are considered.

Методика

Авторами статьи ранее были проведены исследования существующих конструкций теплообменников утилизаторов тепла [1]. В результате можно утверждать, что наиболее применимы к случаям небольшой тепловой мощности (до 100К Вт) теплообменники рекуперативного типа.

Рекуператор – теплообменный аппарат, работающий в условиях близких к стационарному тепловому состоянию, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделительную стенку.

Рекуператоры обеспечивают:

– Постоянную температуру подогрева воздуха или газа и не требуют никаких перекидных устройств – это обеспечивает возможность для автоматизации и контроля ее тепловой работы;

– В рекуператорах отсутствует вынос холодного теплоносителя в дымовую трубу;

– Рекуператоры имеют небольшой объем и массу.

Однако рекуператорам свойственны и некоторые недостатки. Основными из которых являются низкая огнестойкость металлических рекуператоров и низкая газоплотность керамических рекуператоров.

Передача в рекуператорах осуществляется в три ступени [3]:

– От дымовых газов к стенкам рекуперативных труб;

– Через разделительную стенку;

– От стенки к нагреваемому воздуху и газу.

Классификация рекуператоров:

– По схеме относительного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестные и противоточные);

– По конструкции (трубчатые, пластинчатые, ребристые и т.д.);

– По назначению (подогреватели воздуха и газа);

– По материалу (металлические, керамические и металлокерамические).

По результату анализа существующих конструкций рекуперативных теплообменников был сделан вывод о целесообразности разработки теплоутилизатора на основе пластинчатого теплообменника.

К его основным достоинствам можно отнести:

– При производстве можно использовать относительно недорогие материалы и простые технологии;

– Простая и малозатратная эксплуатация.

В начале работы были поставлены основные цели и задачи:

Цель – разработать эффективное малогабаритное и недорогое теплоутилизирующее устройство для теплогенерирующих устройств малой мощности (15–100 кВт)

Основные задачи:

1. Разработка методики расчета теплоутилизатора;

2. Разработка общей схемы теплоутилизационной установки;

3. Разработка и изготовление установки для испытания теплообменника;

4. Создание виртуальной модели пластинчатого теплоутилизатора для изучения процессов происходящих в процессе теплообмена между дымовыми газами и нагреваемым воздухом;

5. Разработка вариантов конструкций и технологий изготовления.

Первые четыре задачи в ходе выполнения работы были успешно решены:

– Была разработана методика расчета;

– Спроектирована теплоутилизационная установка (рисунок 1);

– Разработана и изготовлена установка для испытания теплообменника, а также были проведены сами испытания, показавшие его эффективность;

– Создана и опробована виртуальная модель пластинчатого теплоутилизатора [2];

Некоторые результаты по пятой задаче приведены ниже.

Рисунок 1 – Рекуператор-утилизатор с перекрестным движением теплоносителей, разработанный в ЯГСХА

Наиболее целесообразной, с точки зрения эксплуатации, представляется конструкция со сменным теплообменным блоком. Та-

кой блок можно было бы в случае загрязнения быстро извлечь, очистить или заменить (рисунок 2).

Особенность теплообменника состоит в том, что горячие отработанные газы и холодный воздух проходят через промежутки между листами, причем промежутки для холодного и горячего теплоносителей чередуются между собой

Сам блок может быть изготовлен несколькими способами с использованием штамповки, сварочных и клеевых технологий.

Рисунок 2 – Теплообменный модуль с вертикальными стенками в разрезе

Выбор сварочной или клеевой технологии во многом зависит от температурного режима работы теплообменника: при высоких температурах необходима сварка, а при относительно низких возможно использовать клеевые технологии. Изображенный на рисунке 2 теплообменный модуль собран с помощью вертикальных пластин с горизонтальными щелями для прохода горячего и холодного теплоносителей. Вертикальные пластины и теплообменные пластины изготавливаются штамповкой и соединяются сваркой или с помощью клеевых технологий.

Возможно изготовление теплообменных модулей и другими способами.

Например: набором пластин и проставок (рисунок 3). Такую конструкцию можно сделать разборной.

Еще один вариант изготовления вырубка из листа с последующей гибкой (рисунок 4). Благодаря использованию такой технологии можно получить модуль из нескольких пластин без сварки и клеевых технологий.

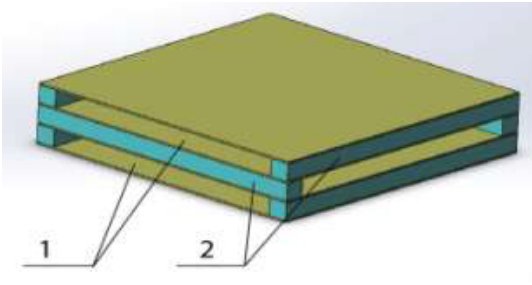

Рисунок 3 – Элемент теплообменного модуля:
1 – пластины;
2 – проставки

Рисунок 4 – Выкройка элемента модуля теплообменника

Для изготовления модуля теплообменника рекомендуется использовать недорогие сплавы алюминия в виде тонких листов (менее 1,5 мм). Возможно использование и других материалов.

Выводы

Разработка и доведение до серийного производства теплообменников утилизаторов со сменными модулями позволило бы экономить энергоресурсы при использовании их с теплогенерирующими устройствами и климатическими установками. Надо также учитывать их низкую стоимость и удобство в эксплуатации.

Литература

1. Козлов, Н.А. Способы утилизации тепла [Текст] / Н.А. Козлов, О.Г. Несиоловский, Р.Д. Адакин, Е.В. Уткин // История и перспективы развития транспорта на севере России: Сборник научных статей. – Ярославль: ФГБОУ ВО ПГУПС Ярославский филиал, 2020. – С. 125–130.

2. Несиоловский, О.Г. Численное моделирование процессов в пластинчатом теплообменнике-утилизаторе [Текст] / О.Г. Несиоловский, Н.А. Козлов, Р.Д. Адакин, Е.В. Уткин // История и перспективы развития транспорта на севере России: Сборник научных статей / под ред. проф. О. М. Епархина. – Ярославль: ФГБОУ ВО ПГУПС Ярославский филиал, 2019. – 93–97 с.

3. Теплотехника: учебник для вузов [Текст] / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер / под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 1999. –. 586–612 с.

УДК 631.37

ЖАТКА ОЧЕСЫВАЮЩЕГО ТИПА АГРЕГАТА ДЛЯ УБОРКИ ТРАВ

д.т.н. В.А. Николаев
(ФГБОУ ВО «ЯГТУ», Ярославль, Россия),
к.т.н. И.В. Кряклина
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: уборка трав, агрегат, жатка агрегата, передние очесывающие транспортеры, поперечный транспортер.

Предложена конструкция жатки очесывающего типа агрегата для уборки трав. Использование предлагаемого агрегата для уборки трав позволит уменьшить расход энергии на уборку трав, а также увеличить коэффициент полезного действия двигателя, как тепловой машины.

SPOTTER TYPE REAPER GRASSES HARVESTING UNIT

Doctor of Technical Sciences V.A. Nikolaev
(FSBI HE YSTU, Yaroslavl, Russia),
Candidate of Technical Sciences I.V. Kryaklina
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: harvesting of grasses, unit, harvesting of the unit, front combing conveyors, transverse transport.

Proposed is the design of harvest of combing type of unit for harvesting grasses. Use of the proposed unit for harvesting grasses will reduce energy consumption for harvesting grasses, as well as increase the efficiency of the engine, like a heat machine.

Недостатком технологии уборки трав на сено является неравномерность сушки: более ценные лиственные и цветочные части растений высыхают быстрее, чем стебель. Во время механизированной уборки рабочие органы машин обивают эти пересохшие части растений, и они теряются. Применяя различные конструкции плющильных устройств, в некоторой степени удается преодолеть этот недостаток, но полностью выровнять интенсивность сушки стеблей и листьев не удается. Недостатком уборки трав на сенаж и силос являются большие затраты энергии на измельчение травяной массы.

Для уменьшения затрат энергии следует при уборке трав отделять лиственные и цветочные части растений от стеблей путем их очеса. С поверхности стеблей растений при очесе будет снят восковой слой, что значительно ускорит их сушку и уменьшит потери энергетической ценности и качества. Скос натянутых стеблей уменьшит затраты энергии на эту операцию. Очесанные лиственные и цветочные части растений целесообразно высушить выхлопными газами двигателя до влажности 50…55%, затем охладить и упаковать в пленку. В результате из стеблей можно получить сено высокого качества, а из лиственных и цветочных частей растений – сенаж. Использование предлагаемой технологии уборки трав позволит уменьшить расход энергии на уборку трав и увеличить коэффициент полезного действия двигателя, как тепловой машины.

Методика

На рисунке 1 показан агрегат для уборки трав по предлагаемой технологии [1]. Агрегат для уборки трав содержит универсальное энергетическое средство 9, например УЭС-280, к которому спереди присоединена жатка агрегата 11, сзади – устройство формирования рулонов 1, а наклонный транспортер 7 с газораспределителем 12 и горизонтальный транспортер 13 установлены слева (по ходу) на универсальном энергетическом средстве на стойках 5. К газораспределителю подведена от двигателя выхлопная труба 6, на которой

расположена заслонка, управляемая электромагнитом. На универсальном энергетическом средстве также закреплены: вентилятор 3 с воздухопроводящей трубой 4 и гидропневмоаккумулятор 8.

Привод очесывающего устройства осуществлен посредством передней гидроподжимной муфты 10, а привод устройства формирования рулонов – задней гидроподжимной муфты 2. Привод горизонтального транспортера и наклонного транспортера – от гидромоторов 14.

Жатка агрегата для уборки трав (рисунок 2, 3) содержит раму очесывающего устройства 9, установленную на опорные колеса 12. Корпус режущего устройства 15 присоединен снизу к раме очесывающего устройства. В корпусе режущего устройства расположен цепной привод режущего устройства 14 с ножами 25, а спереди к нему приварены противорезы 26. Снизу к раме очесывающего устройства присоединены также зажимные транспортеры 17 с гидроцилиндрами натяжения 21, роликами 24, которых раздвигают пружины 22, и приводом зажимных транспортеров 23. Спереди на раме очесывающего устройства расположены попарно передние очесывающие транспортеры 27 (рисунок 4), задние очесывающие транспортеры 28 и направляющие 16.

На передних очесывающих транспортерах и задних очесывающих транспортерах установлены гребни 29. Перед передними очесывающими транспортерами и задними очесывающими транспортерами установлены делители 18, к которым снизу присоединены наставки делителей 20 (рисунки 2, 3) с копирующими колесами 19.

Сверху к раме очесывающего устройства присоединен редуктор 3, на который вращающий момент от передней гидроподжимной муфты 11 передает ременная передача 6 с натяжным устройством. От редуктора вращающий момент поступает на передние очесывающие транспортеры и задние очесывающие транспортеры посредством привода очесывающих транспортеров 1, а на привод зажимных транспортеров и привод режущего устройства посредством вала 13.

Сзади на раме очесывающего устройства установлен поперечный транспортер 4 с лотком 5. Над поперечным транспортером прикреплен фартук 2. Сзади к раме очесывающего устройства приварено навесное устройство 7. Гидроцилиндр навесного устрой-

ства 8 соединяет его верхнюю часть с универсальным энергетическим средством. Полость гидроцилиндра навесного устройства сообщается с гидропневмоаккумулятором и переносит часть силы тяжести жатки агрегата для уборки трав на универсальное энергетическое средство.

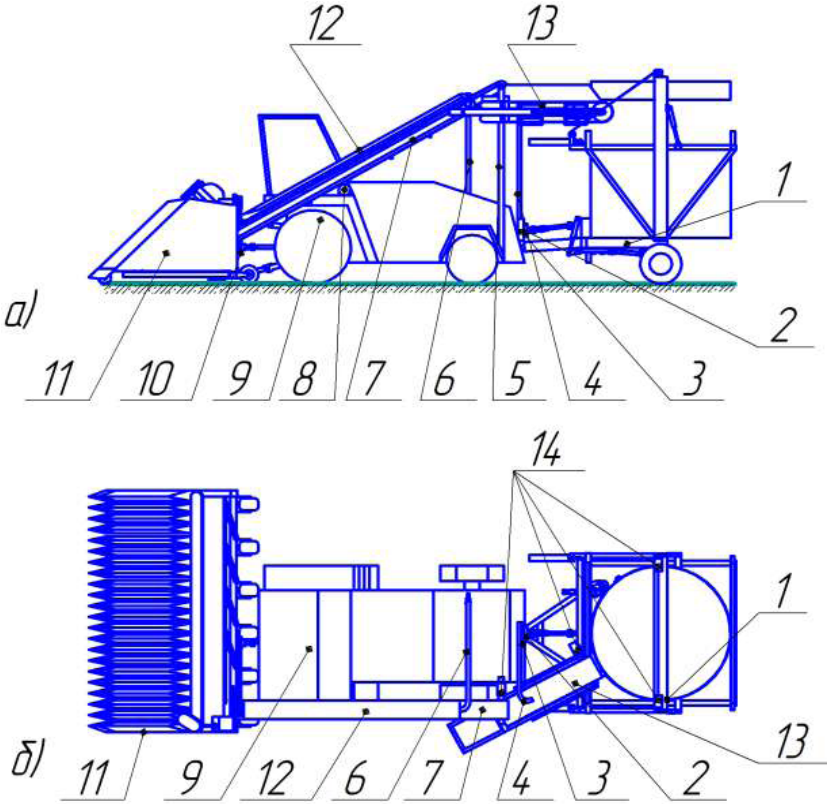

Рисунок 1 – Схема агрегата для уборки трав: а) вид слева; б) вид сверху:
1 – устройство формирования рулонов; 2 – задняя гидроподжимная муфта; 3 – вентилятор; 4 – воздухопроводящая труба; 5 – стойка; 6 – выхлопная труба; 7 – наклонный транспортер; 8 – гидропневмоаккумулятор; 9 – универсальное энергетическое средство; 10 – передняя гидроподжимная муфта; 11 – жатка агрегата; 12 – газораспределитель; 13 – горизонтальный транспортер; 14 – гидромотор

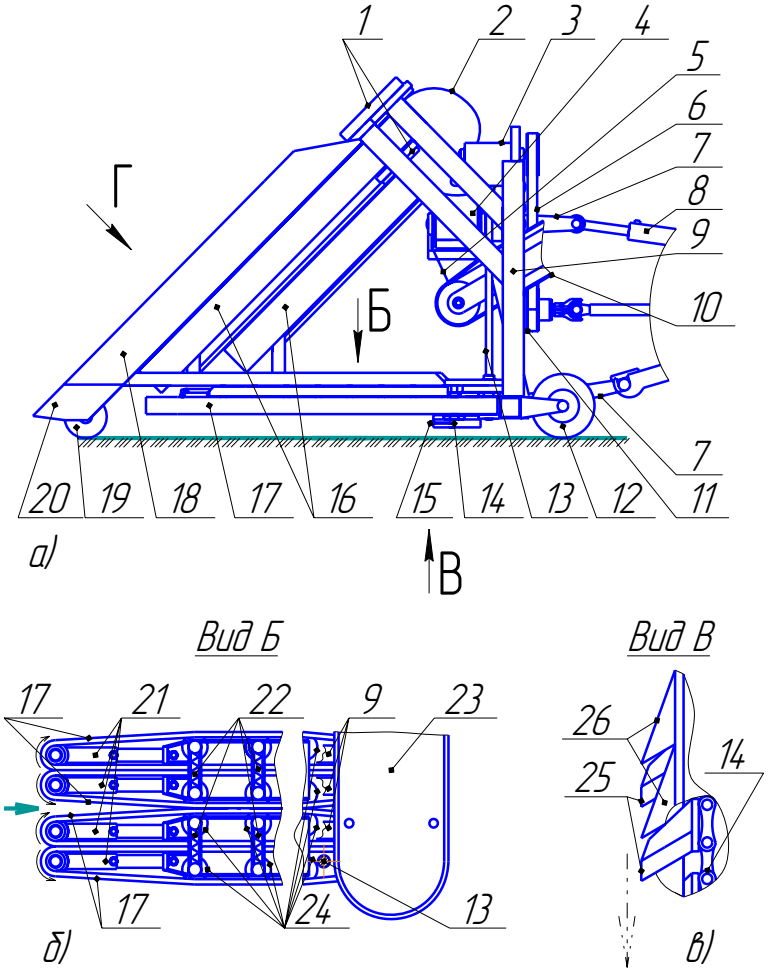

Рисунок 2 – Схема жатки агрегата для уборки трав:
а) вид слева; б) вид Б; в) вид В; 1 – привод очесывающих транспортеров; 2 – фартук; 3 – редуктор; 4 – поперечный транспортер; 5 – лоток; 6 – ременная передача; 7 – навесное устройство; 8 – гидроцилиндр навесного устройства; 9 – рама очесывающего устройства; 10 – наклонный транспортер; 11 – передняя гидроподжимная муфта; 12 – опорное колесо; 13 – вал; 14 – цепной привод режущего устройства; 15 – корпус режущего устройства; 16 – направляющая; 17 – зажимной транспортер; 18 – делитель; 19 – копирующее

колесо; 20 – наставка делителя; 21 – гидроцилиндр натяжения; 22 – пружина; 23 – привод зажимных транспортеров; 24 – ролик; 25 – нож; 26 – противорез

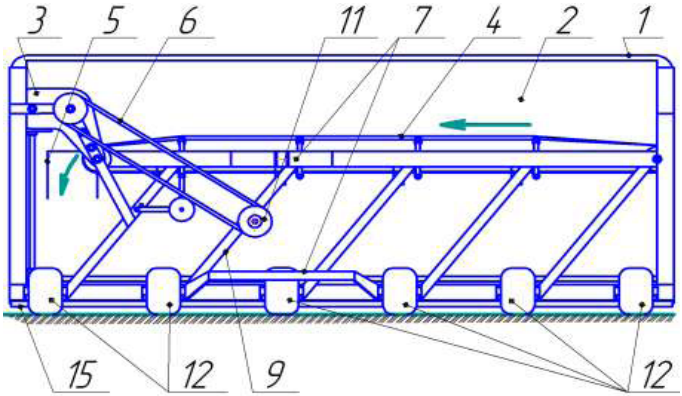

Рисунок 3 – Схема жатки агрегата для уборки трав, вид сзади (нумерация позиций едина с рисунком 2)

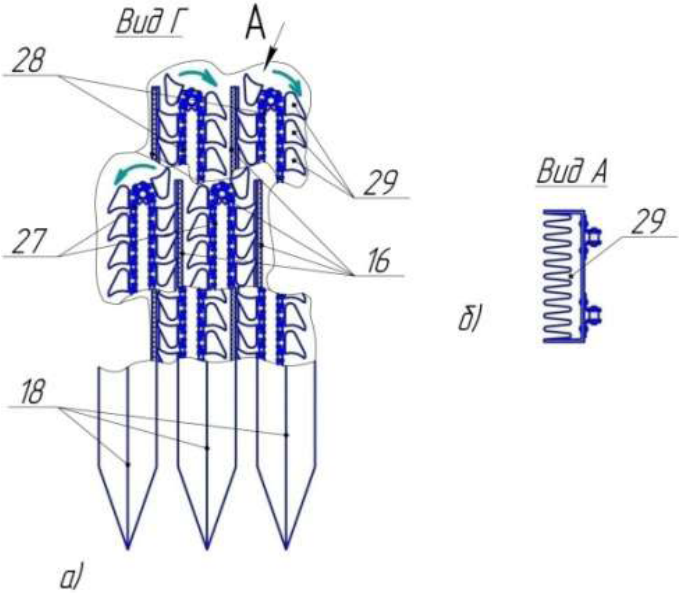

Рисунок 4 – Схема жатки агрегата для уборки трав: а) вид Г; б) вид А: 27 – передний очесывающий транспортер; 28 – задний очесывающий транспортер; 29 – гребень (нумерация других позиций едина с рисунком 2)

Механизатор прогревает двигатель до рабочей температуры. При этом происходит зарядка гидропневмоаккумулятора. Так как полость гидропневмоаккумулятора сообщается с гидроцилиндрами натяжения, гидроцилиндром натяжного устройства, то происходит натяжение зажимных транспортеров и ременной передачи.

Механизатор включает передачу и направляет агрегат для уборки трав в поле. Наставки делителей, а затем делители, внедряются в массив травы, разделяя ее на потоки. Зажимные транспортеры зажимают потоки трав, а гребни передних очесывающих транспортеров и задних очесывающих транспортеров очесывают растения, снимая с них лиственную и цветочную части. Причем гребни передних очесывающих транспортеров очесывают растения с одной стороны, а гребни задних очесывающих транспортеров – с другой. Очесанные стебли растений в натянутом состоянии попадают между ножами и противорезами, ножи их срезают, и стебли остаются на поле для высыхания. При повороте гребней вверху лиственная и цветочная части растений от воздействия силы инерции вылетают из гребней, скользят по фартуку и падают на поперечный транспортер. С поперечного транспортера по лотку они попадают на наклонный транспортер. Во время перемещения по наклонному транспортеру лиственная и цветочная части растений подсыхают от воздействия выхлопных газов, выходящих из двигателя универсального энергетического средства через газораспределитель.

После окончания работы механизатор разряжает гидропневмоаккумулятор, ослабляя зажимные транспортеры и ременную передачу. Это способствует увеличению долговечности ремней.

Выводы

Новый технический результат заключается в том, что использование предлагаемого агрегата для уборки трав позволит уменьшить расход энергии на уборку трав, а также увеличить коэффициент полезного действия двигателя, как тепловой машины, до 70%.

Литература

1. Патент РФ № 2605761. Агрегат для уборки трав и способ уборки трав [Текст] / В.А. Николаев, В.А. Кузнецов. – № 2015126331, заявл. 01.07.2015; опубл. 27.12.2016, Бюл. № 36. – 26 с.

УДК 631.314.1

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ БОТВОУДАЛИТЕЛЬ ДЛЯ ГРЕБНЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ

д.т.н., профессор В.А. Смелик,
д.т.н., профессор А.Б. Калинин,
к.т.н., профессор И.З. Теплинский,
инженер О.В. Смелик
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Россия)

Ключевые слова: уборка картофеля, ботвоуборочный агрегат, уплотнение почвы, почвенный активный каток, плотность почвы.

Рассмотрена технология предуборочной подготовки гребневых посадок картофеля, обеспечивающая снижение потерь картофеля из-за его выбраковки, связанных с озеленением клубней. Разработан комбинированный ботвоуборочный агрегат с активным почвенным катком, формирующим заданную плотность в поверхностном слое почвенных гребней. Проведены экспериментальные исследования разработанного комбинированного агрегата, доказавшие его эффективность.

UPGRADEDCOMBO TOPPER FOR RAISEDBEDPRODUCTION TECHNOLOGY OF POTATO

Doctor of Technical Sciences, Professor V.A. Smelik,
Doctor of Technical Sciences Professor A.B. Kalinin,
Candidate of Technical Sciences, Professor I.Z. Teplinskyi,
Engineer O.V. Smelik
(FSBEI HE SPbGAU, Saint Petersburg, Russia)

Key words: potato harvesting, topping unit, soil compaction, soil active roller, soil density.

The technology of pre-harvest preparation of ridge plantings of potatoes is considered, which provides a reduction in potato losses due to its culling associated with gardening of tubers. A combined

topping unit with an active soil roller that forms a given density in the surface layer of soil ridges has been developed. Experimental studies of the developed combined unit were carried out, which proved its effectiveness.

Методика

Использован вероятностно-статистический метод формирования информационных моделей объектов исследований, проведения экспериментальных исследований и анализа полученной информации. Методика базируется на основных законах и принципах статистической динамики сельскохозяйственных агрегатов. Такой подход позволил наиболее полно и достоверно учесть сложные изменяющиеся условия функционирования комбинированного ботвоудалителя для гребневой технологии производства картофеля, произвести его модернизацию и выбрать рациональные режимы работы активного катка агрегата.

Результаты

В условиях повышенного увлажнения, характерного для Северо-Запада Российской Федерации, применяется гребневая технология возделывания картофеля. При подготовке к механизированной уборке картофеля, за 2–3 недели до начала уборки, производится удаление ботвы, которое способствует укреплению кожуры клубней, предотвращению развития и распространения болезней и вредителей. Предварительное удаление ботвы повышает производительность и эффективность работы картофелеуборочной техники. Однако, удаление ботвы перед уборкой картофеля, возделываемого на гребнях, способствует образованию трещин в почве из-за ее высыхания и внутренних напряжений, вызванных формированием внутри почвы клубней. Через образовавшиеся трещины на клубни картофеля попадает солнечный свет, что ведет к образованию в них солонина, делающего непригодным картофель для употребления в пищу. В соответствии с ГОСТ Р 51808-2013 «Картофель продовольственный», при предпродажной подготовке позеленевшие из-за наличия солонина клубни картофеля выбраковываются [1, 2].

Для снижения потерь картофеля из-за озеленения клубней нами разработан и запатентован комбинированный ботвоуботочный агрегат [3], в состав которого включен профильный почво-

уплотняющий каток с активным приводом. Активная работа почвоуплотняющего профильного катка обеспечивается приводом его во вращение от гидромотора, включенного в гидравлическую систему трактора, на который навешивается агрегат.

Составленный таким образом комбинированный ботвоуборочный агрегат позволяет, наряду с механическим удалением ботвы ротационным ботводробителем, производить уплотнение поверхности гребней, устранять имеющиеся и предотвращать образование новых трещин в почве. Активный привод катка позволяет устанавливать режимы его работы, обеспечивающие уплотнение только поверхностного до 3 см, слоя при сохранении неизменной плотности внутри почвы внутри гребня. Сформированная таким образом «арочная» структура гребня позволяет защитить картофель от попадания на них прямых солнечных лучей и завершить предуборочное дозревание и формирование клубней.

Для выбора необходимых режимов работы активного катка в зависимости от различных условий уборки нами были проведены полевые экспериментальные исследования разработанного агрегата.

В связи с тем, что функционирование ботвоуборочного агрегата осуществляется под воздействием различных внешних возмущающих факторов, информационную модель активного катка как объекта экспериментальных исследований наиболее целесообразно построить по принципу «вход-выход» (рисунок 1) [4, 5, 6]. Гидромотор 1 приводит в работу активный каток 2, который воздействуя на почву, 3 формирует в ней заданные характеристики.

Входными возмущающими воздействиями для элемента 1 модели выбраны случайные процессы в функции от пройденного по полю расстояния (l): скорость движения агрегата V(l) и частота вращения активного катка n(l), которую можно устанавливать настройкой Hn. Степень буксования катка δ(l) принята в качестве выходного параметра модели

Входными возмущающими факторами для элемента 2являются: исходная плотности почвы ρ0(l) и вертикальная нагрузка, действующая на каток Q(l) В качестве выходного параметра принят контролируемый показатель в виде крутящего момента M(l) на приводном валу катка.

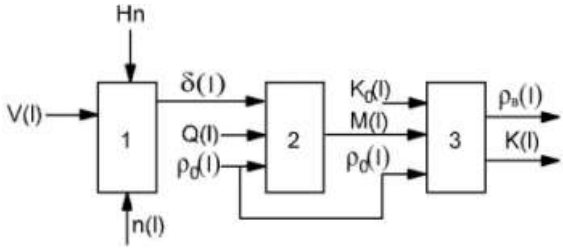

Рисунок 1 – Схема модели объекта экспериментальных исследований

Исследуемый каток 2, воздействуя на почву 3, формирует в ней из исходной ρ0(l) конечную плотность почвы в поверхностном слоеρв(l). Выходным показателем принято Количество трещин, приходящееся на один метр поверхности почвенного гребня до обработки K0(l), после K(l), будет характеризовать эффективность работы исследуемого почвенного катка.

Для проведения экспериментальных исследований работы активного катка в составе комбинированного ботвоуборочного агрегата разработан специальный комплекс, схема которого приведена на рисунке 2.

Синхронная регистрация информации о процессах в соответствии с разработанной информационной моделью (рисунок 1) осуществлялась при помощи портативного компьютера 1 (рисунок 2) и разработанного нами на базе микроконтроллера Atmega8L устройства связи с объектом (УСО) 2, установленных в кабине трактора

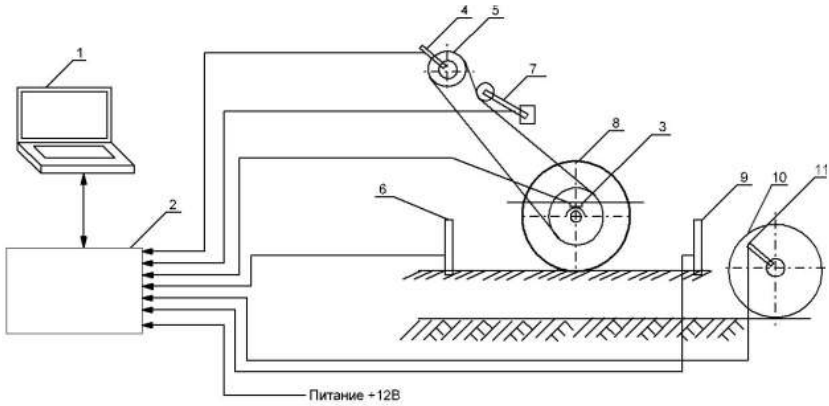

Рисунок 2 – Схема исследовательского комплекса

Для измерения влияния давления катка на почву измерялась вертикальная нагрузка на каток при помощи тензометрического

датчика 3. Для измерения частоты вращения катка использовался датчик индукционного тип 4, установленный на приводном валу гидромотора 5. Крутящий момент, передаваемый от гидромотора на вал катка, определялся по усилию натяжения приводной цепи датчиком 7.

Информация о плотности почвы в поверхностном слое гребня до и после прохода катка измерялась при помощи специальных твердомеров 6 и 9. Скорость движения агрегата V(l) измерялась по частоте вращения дополнительно установленного ненагруженного колеса 10 с использованием индукционного датчика 11.

При проведении полевых экспериментальных исследований активного катка были получены ансамбли синхронных реализаций входных и выходных процессов в соответствии с разработанной информационной моделью.

Обработка полученной информации с помощью стандартных пакетов статистического анализа позволила получить оценки числовых характеристик всех исследуемых процессов. В качестве примера в таблице приведены усредненные по ансамблям реализаций, значения статистических характеристик выходных процессов, а также границы их доверительных интервалов.

Таблица – Оценки статистических характеристик выходных процессов модели

Процесс		Числовые характеристики		
		Обозначение	Величина	Границы доверительных интервалов
$\rho_в(l)$	При $H_п1$ = 10%	$m_{\rho в}$, г/см^3	1,460	1,342–1,581
		$\sigma_{\rho в}$, г/см^3	0,190	0,100–0,260
		$V_{\rho в}$, %	13,10	9,150–17,050
	При $H_п1$ = 15%	$m_{\rho в}$, г/см^3	1,520	1,360–1,680
		$\sigma_{\rho в}$, г/см^3	0,260	0,200–0,340
		$V_{\rho в}$, %	17,141	12,050–21,700
K(l)	При $H_п1$ = 20%	$m_{\rho в}$, г/см^3	1,512	1,310–1,710
		$\sigma_{\rho в}$, г/см^3	0,300	0,220–0,370
		$V_{\rho в}$, %	19,90	9,810–30,000
	При $H_п1$ = 10%	m_k, %	0,045	0,037–0,053
		σ_k, %	0,013	0,007–0,020
		V_k, %	28,90	14,264–13,240

Продолжение таблицы

Процесс		Числовые характеристики		
		Обозначение	Величина	Границы доверительных интервалов
K(l)	При H_n1 = 15%	m_k, %	0,038	0,024–0,052
		σ_k, %	0,011	0,007–0,019
		V_k, %	28,910	17,611–40,210
	При H_n1 = 20%	m_k, %	0,031	0,020–0,042
		σ_k, %	0,010	0,005–0,021
		V_k, %	32,300	17,112–47,521

Выводы

На основании анализа полученной экспериментальной информации установлено, что наибольшее уплотнение почвы в поверхностном слое гребней обеспечивается при максимальных значениях крутящего момента на приводном валу активного катка, соответствующих его буксованию δ = 14 – 20%. Дальнейшее увеличении буксования катка из-за особенностей взаимодействия катка с почвой не приводит к увеличению ее плотности в зоне поверхностного контакта.

Полученная информация позволила разработать алгоритм и устройство его реализующее для автоматизированного контроля и управления режимом работы активного катка в зависимости от изменяющихся условий работы ботвоуборочного агрегата. Использование активного катка, устраняющего появление трещин в почве в период предуборочной подготовки посадок картофеля, позволяет снизить потери картофеля из-за его выбраковки, связанные с озеленением клубней.

Литература

1. Калинин, А.Б. Совершенствование технологического процесса работы ботвоудалителя с целью повышения товарных качеств клубней картофеля [Текст] / А.Б. Калинин, И.З. Теплинский, О.В. Смелик, А.А. Манохина // Вестник ФГБОУ ВО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 2 (84). – С. 7–12.

2. Калинин, А.Б. Теоретические основы выбора рациональных режимов работы активного катка в составе комбинированно-

го агрегата для подготовки посадок картофеля к уборке [Текст] / А.Б. Калинин, И.З. Теплинский, В.Д. Врублевский, О.В. Смелик. – СПб: Известия ФГБОУ ВО СПбГАУ, 2012. – № 28. – С. 346–350.

3. Патент РФ № 2477943 A01D23/02. Комбинированный ботвоуборочный агрегат [Текст] / В.А. Смелик, И.З. Теплинский, О.В. Смелик, Поликарпов М.Н. – № 2011133441/13, заявл. 09.08.2011; опубл.: 27.03.2013, Бюл. № 9.

4. Лурье, А.Б. Сельскохозяйственные машины (Машины для обработки почвы, посева, посадки, внесения удобрений и химической защиты растений) (учебное пособие) [Текст] / А.Б. Лурье, В.Г. Еникеев, И.З. Теплинский, В.А. Смелик. – СПб.: Издательство ФГБОУ ВО СПбГАУ, 1998. – 366 с.

5. Смелик, В.А. Критерии оценки и методы обеспечения технологической надежности сельскохозяйственных агрегатов с учетом вероятностной природы условий их работы [Текст]: диссертация на соискание доктора технических наук / В.А. Смелик. – СПб.: Издательство ФГБОУ ВО СПбГАУ, Пушкин, 1999. – 704 с.

6. Смелик, В.А. Технологическая надежность сельскохозяйственных агрегатов и средства ее обеспечения [Текст]: монография / В.А. Смелик. – Ярославль, 1999. – 230 с.

УДК 631.362.34:[621.85.052:62-189.2]

ОСОБЕННОСТИ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ НА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ ПЕРЕД НИЗКОЧАСТОТНЫМИ

д.т.н., профессор В.В. Шмигель,
к.т.н., доцент Е.В. Шешунова,
к.т.н., доцент А.С. Угловский
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: высоковольтный источник, ШИМ-контроллер, частота, электронный трансформатор, обратноходовой преобразователь.

Использование высокого напряжения в научных и промышленных приложениях является обычным явлением. В частности,

электростатика может использоваться для различных эффектов. В широком смысле электростатика - это исследование эффектов, производимых электрическими зарядами или полями. По определению, способность электростатических эффектов выполнять работу требует разницы в электрическом потенциале между двумя или более материалами. В большинстве случаев энергия, необходимая для создания разности потенциалов, поступает от источника высокого напряжения. Сегодня источники питания высокого напряжения представляют собой твердотельные высокочастотные конструкции, обеспечивающие производительность и контроль. Достигнуты значительные улучшения в надежности, стабильности, управляемости, уменьшении габаритов, стоимости и безопасности. Кроме того, следует понимать особые требования к источникам питания высокого напряжения, поскольку они могут повлиять на оборудование, эксперименты, процесс или продукт, в котором они используются.

Основными элементами высоковольтного источника являются: трансформатор, инвертор, высоковольтные цепи.

Цепи умножителя высокого напряжения отвечают за выпрямление и умножение вторичного напряжения высоковольтного трансформатора. В этих схемах используются высоковольтные диоды и конденсаторы в соединении удвоителя напряжения. Как и в случае с трансформатором высокого напряжения, конструкция умножителя высокого напряжения требует специальных знаний. Помимо выпрямления и умножения, цепи высокого напряжения используются для фильтрации выходного напряжения и для контроля напряжения и тока для обратной связи управления. Выходное сопротивление может быть специально добавлено для защиты от разрядных токов накопительных конденсаторов источника питания. Цепи управления обеспечивают совместную работу всех силовых каскадов. Сложность схемы может варьироваться от одной аналоговой ИС до большого количества ИС и даже микропроцессора, контролирующего и контролирующего все аспекты высоковольтной мощности. Однако, основное требование, которому должна соответствовать каждая схема управления, это точно регулировать выходное напряжение и ток в зависимости от требований нагрузки, входной мощности и команд.

Лучше всего это достигается с помощью контура управления с обратной связью.

Инвертор генерирует высокочастотный сигнал переменного тока, который усиливается высоковольтным трансформатором. Причина высокочастотной генерации заключается в обеспечении высокопроизводительной работы накопительными конденсаторами, снижающими пульсации.

В данной статье приведена разработанная в программном обеспечении «Multisim» электрическая схема импульсного регулируемого источника высокого напряжения со стабилизацией. Данный источник подойдет для проведения экспериментов с электростатикой, производства ионизированного воздуха и озона. Максимальный выходной ток составляет приблизительно 0,7 мА.

FEATURES OF CIRCUIT SOLUTIONS OF HIGH-VOLTAGE PULSE POWER SUPPLIES AT HIGH FREQUENCY BEFORE LOW-FREQUENCY

Doctor of Technological Sciences, Professor V.V. Shmigel,
Candidate of Technological Sciences,
Associate Professor E.V. Sheshunova,
Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovsky
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: high-voltage source, PWM controller, frequency, electronic transformer, flyback converter.

The use of high voltage in scientific and industrial applications is common. In particular, electrostatics can be used for various effects. In a broad sense, electrostatics is the study of the effects produced by electric charges or fields. By definition, the ability of electrostatic effects to do work requires a difference in electrical potential between two or more materials. In most cases, the energy required to create the potential difference comes from a high voltage source. Today's high voltage power supplies are solid state, high frequency designs that provide performance and control. Significant improvements have been achieved in reliability, stability, handling, size reduction, cost and safety. In addition, the special requirements for high voltage

power supplies should be understood as they can affect the equipment, experiments, process or product in which they are used.

The main elements of a high-voltage source are: transformer, inverter, high-voltage circuits.

The high voltage multiplier circuits are responsible for rectifying and multiplying the secondary voltage of the high voltage transformer. These circuits use high voltage diodes and capacitors in the voltage doubler connection. As with the high voltage transformer, the design of the high voltage multiplier requires specialized knowledge. Besides rectifying and multiplying, high voltage circuits are used to filter the output voltage and to control voltage and current for control feedback. The output resistance can be specially added to protect the power supply storage capacitors from discharge currents. Control circuits ensure the joint operation of all power stages. The complexity of a circuit can range from a single analog IC to a large number of ICs and even a microprocessor that controls and monitors all aspects of high voltage power. However, a basic requirement that each control circuit must meet is to accurately adjust the output voltage and current based on load requirements, input power and commands. This is best achieved with a closed loop control loop.

The inverter generates a high frequency AC signal that is amplified by a high voltage transformer. The reason for high-frequency generation is to provide high-performance operation with storage capacitors that reduce ripple.

This article presents an electrical circuit of a pulsed high-voltage regulated power supply with stabilization developed in the Multisim software. This source is suitable for experiments with electrostatics, the production of ionized air and ozone. The maximum output current is approximately 0.7 mA.

Теоретические сведения

Обратноходовой преобразователь на рисунке 1 основан на повышающем преобразователе. Хотя двухобмоточное магнитное устройство представлено тем же символом, что и трансформатор, более наглядное название – «двухобмоточный индуктор». Это устройство иногда также называют «обратным трансформатором». В отличие от идеального трансформатора, ток не течет

одновременно по обеим обмоткам обратноходового трансформатора. Напротив, намагничивающая индуктивность обратноходового трансформатора принимает на себя роль катушки повышающего преобразователя.

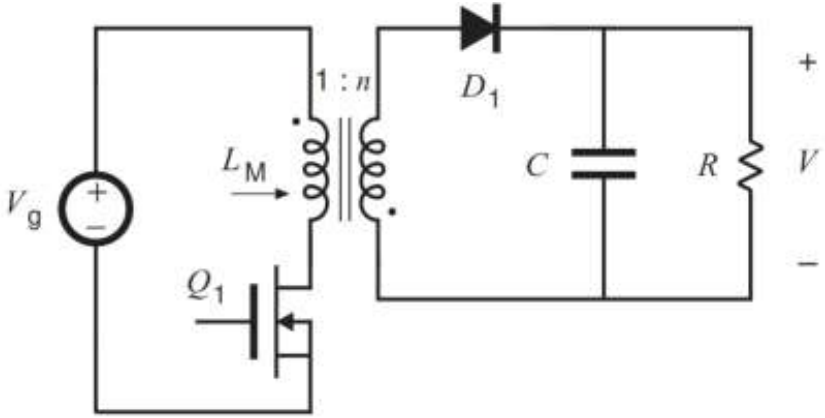

Рисунок 1 – Обратноходовой преобразователь, повышающий преобразователь на одном транзисторе

Ток намагничивания переключается между первичной и вторичной обмотками.

Как правило, обратный ход передает энергию от источника к магнитной индуктивности трансформатора, когда транзисторный ключ включен, а затем отправляет накопленную энергию на нагрузку, когда транзистор выключен [2, 3]. Трансформатор одновременно поглощает и накапливает энергию от источника, а затем передает энергию нагрузке [1–3]. При зарядке и высвобождении энергии трансформатор производит высокие частоты.

Когда транзистор Q1 открыт, диод D1 смещен в обратном направлении. Первичная обмотка тогда действует как индуктор, подключенный к входному источнику Vg. Энергия накапливается в магнитном поле обратноходового трансформатора. Когда транзистор Q1 закрывается, ток в первичной обмотке перестает течь. Ток намагничивания, относящийся к вторичной обмотке, теперь смещает диод D1 в прямом направлении. Энергия, накопленная в магнитном поле обратноходового трансформатора, затем передается на нагрузку постоянного тока.

Применение принципа вольт-секундного баланса индуктора к первичной обмотке трансформатора приводит к следующему решению для коэффициента преобразования обратноходового преобразователя:

$$M(D) = \frac{V}{V_g} = n\frac{D}{(1-D)}. \quad (1)$$

Таким образом, коэффициент преобразования обратного преобразователя аналогичен коэффициенту повышающего преобразователя, но с добавленным коэффициентом n.

Обратноходовой преобразователь традиционно используется в высоковольтных источниках питания. Он также находит широкое применение в импульсных источниках питания в диапазоне мощностей от 50 до 100 Вт. Преимущество этого преобразователя заключается в очень малом количестве деталей. Несколько выходов можно получить, используя минимальное количество добавленных элементов: для каждого вспомогательного выхода требуется только дополнительная обмотка, диод и конденсатор.

Конструктивные особенности высоковольтного источника

Источник питания выполнен в виде обратного инвертора с одним переключателем, с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и множителем Вилларда. Применяется в схеме токовый ШИМ-контроллер UC3843 – схема управления, обеспечивающая стабилизацию напряжения и защиту от перегрузки источника. Приведен симметричный умножитель из диодов и конденсаторов. Его выходное напряжение составляет около 10 кВ. Выходное напряжение равно 6-кратной амплитуде обратного хода и 5-кратной прямой амплитуде. Поэтому необходимо соблюдать ориентацию обмотки (полуциклы обратного хода имеют гораздо меньшую амплитуду, чем прямое).

Сопротивление 400М состоит из 123 штук резисторов 3 МОМ / 0,6 Вт. Это сопротивление выполняет 4 функции: оно служит в качестве напряжения обратной связи для стабилизации, в качестве резистора для вольтметра, разрядного резистора для разряда конденсатора после выключения и в качестве сопротивления нагрузки, когда нагрузка не подключена. Резистор 250 кОм состо-

ит из нескольких высоковольтных резисторов меньшего размера (50 + 50 + 50 + 100 кОм). Также можно подключить большое количество резисторов низкого напряжения (как в случае сопротивления 400 М).

Дополнительно источник снабжен миллиамперметром. Он измеряет выходной ток. Миллиамперметр расположен на холодном конце вторичной обмотки. Недостаток в том, что он измеряет ток через сопротивление 400М. При необходимости его можно положить в холодную часть. Недостаток этого способа подключения заключается в том, что нагрузка не может иметь общий отрицательный полюс. Расположение миллиамперметра зависит от типа нагрузки, с которой работает источник питания. Транзистор следует разместить на радиаторе. Рабочая частота этого импульсного источника питания составляет около 50 кГц.

Выбор полевого МОП-транзистора Q1

Когда полевой МОП-транзистор закрывается, выходное напряжение на вторичной обмотке отражается обратно через трансформатор и умножается на коэффициент трансформации (VOR). Это напряжение появляется последовательно с (максимальным) входным напряжением VMAX. Кроме того, возникает всплеск из-за эффекта паразитной индуктивности рассеяния, который также появляется последовательно с входным напряжением VMAX и VOR. Для этого требуется включение фиксирующей сети с ограничением напряжения, чтобы предотвратить превышение номинального напряжения полевого МОП-транзистора.

Увеличение VOR позволяет использовать в трансформаторе более высокое передаточное число. Это обеспечивает преимущества более низких пиковых и среднеквадратичных токов первичной стороны и более низких пиковых обратных напряжений на вторичной стороне. Более высокие значения VOR особенно подходят для более высоких выходных напряжений (12 В), где соответствующее отношение витков не становится слишком большим. Более низкие значения VOR лучше подходят для более низких выходных напряжений (например, 5 В) или для источников питания с несколькими выходами.. Еще один фактор, который следует учитывать, – это коммутационные потери внутри полевого МОП-транзистора, вызванные зарядом и разрядом паразитных ем-

костей. Multisim реализует интегрированный MOSFET с использованием технологии, которая приводит к гораздо более низким паразитным емкостям. Следовательно, коммутационные потери намного ниже. Эта технология позволяет схемам 132 кГц работать с такой же эффективностью, как и схемам 66 кГц, обеспечивая возможность значительной экономии при проектировании трансформатора за счет уменьшения размера сердечника, необходимого для данной выходной мощности, или повышения эффективности при том же размере сердечника.

Для выбора полевого МОП-транзистора необходимо изучить следующие основные элементы:

– Максимальное напряжение сток – исток (Vds);

– Пиковый ток;

– Потери из-за сопротивления (Рон);

– Максимально допустимая рассеиваемая мощность для корпуса (Pd).

Если эмпирические формулы недоступны и невозможно сделать выбор без адекватной основы, мы исследуем как Vds, так и Ids следующим образом:

Значение Vds (max) можно определить по следующему уравнению:

V_{ds} (макс.) = V_{in} (макс.) + V_{OR} + V_{spike} = 264В × 1,41 + (12В + 1В) × × 30/6 + V_{spike} = 437В + V_{spike}·V_{OR}:V_O = V_{out} + V_F, умноженное на коэффициент обмотки трансформатора N_p:N_s.

Электронный трансформатор

Трансформатор в обратном преобразователе всегда изготавливается по индивидуальному заказу для конкретного применения. При проектировании трансформатора учитываются несколько переменных, многие из которых не позволяют определить параметры магнетизма. К счастью, в помощь инженерам-проектировщикам доступны инструменты интеллектуального проектирования, такие как PI Expert от Power Integrations.

Электронный трансформатор отличается от обычного линейного трансформатора частоты с железным сердечником и больше похож на две связанные индукторы. Обычный трансформатор не предназначен для накопления энергии, в то время как накопление энергии является основополагающим для работы обратноходово-

го трансформатора. Обратный трансформатор работает на частотах выше 50 кГц по сравнению с 50/60 Гц для трансформатора с железным сердечником. Следовательно, при высокой частоте не требуется установка габаритного трансформатора и габаритных конденсаторов.

Рисунок 2 – Конструкция электронного трансформатора для обратноходового преобразователя

По этим причинам сердечник обычно изготавливается из феррита, а не из железа, и имеет немагнитный воздушный зазор. Практически вся энергия хранится в этом промежутке.

Конструкция обмоток должна учитывать потери постоянного тока и плотность тока, а также эффекты переменного тока, такие как скин-эффект (когда ток имеет тенденцию течь по поверхности проводника).

Обратноходовой преобразователь требует переключающих транзисторов, а именно оптопары, также можно применить микроконтроллер AT-Mega в качестве связующего звена между компьютером и схемой, чтобы задать пропускание рабочей частоты для трансформатора и вывести параметры на ЖК-дисплей 16x2. Преимущество метода обратного хода состоит в том, что он может генерировать высокое напряжение только при использовании низкого входного напряжения. Для получения низкого постоянного напряжения можно использовать блок питания.

На рисунке 3 показана разработанная электрическая схема высоковольтного источника с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

Оптрон CNY17F пропускает высокие частоты и предотвращает повреждение компонентов. На рисунке 3 показано, что Mosfet используется в качестве контроллера переключателя в схеме. Изменение выходного напряжения выполняется путем регулировки переменного резистора с сопротивлением 100 КОм, регулирующие напряжение воздействует на ШИМ-контроллера UC3843, рабочая частота которого 47–57 Гц (рисунок 4).

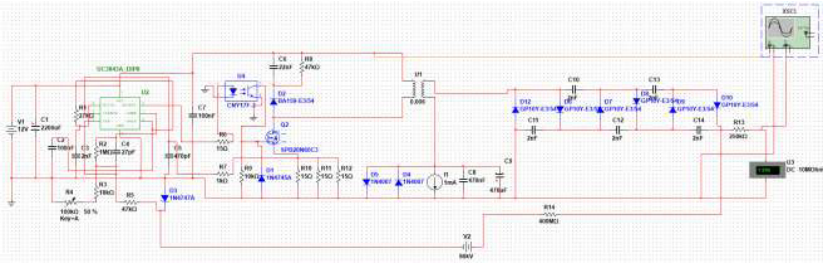

Рисунок 3 – Разработанная схема высоковольтного источника питания с умножителем на 6

МОП-транзистор на первичной стороне: Напряжение на МОП-транзисторе рассматривается при определении коэффициента трансформации. Предполагая, что выброс напряжения стока рассматривается как определенное напряжение VOS, максимальное напряжение стока определяется как:

$$V_{DS(\max)} = V_{in.max.pk} + \frac{N_p}{N_s}\left(V_{o.ovp} + V_{F.Do}\right) + V_{OS}, \qquad (2)$$

где $V_{IN.max.pk}$ – максимальное пиковое напряжение линии;

V_{OS} – выброс напряжения стока.

Действующий ток ($I_{SW.rms}$) MOSFET:

$$I_{DS.rms} \approx I_{pk} \cdot \sqrt{\frac{t_{ON} \cdot f_s}{6}}, \qquad (3)$$

f_s – рабочая частота на первичной стороне, кГц.

Высоковольтный диод на вторичной стороне: максимальное обратное напряжение и среднеквадратичный ток выпрямительного диода определяются как:

$$V_D = V_O + \frac{N_s}{N_p} \cdot V_{in.max.pk}\,. \tag{4}$$

$$I_{D.rms} \approx I_{SW.rms} \cdot \sqrt{\frac{V_{in.min.pk}}{2 \cdot V_{RO}}} \cdot \frac{N_p}{N_s}\,. \tag{5}$$

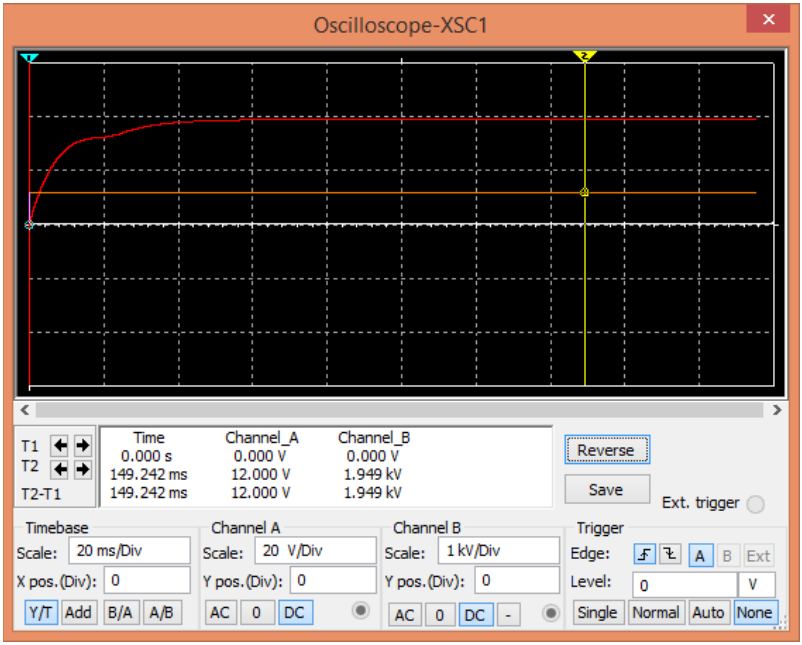

Рисунок 4 – Регулирование выходным напряжением за счет переменного резистора и ШИМ-контроллера

Вывод

Обратноходовой преобразователь стал повсеместным в импульсных источниках питания с низким энергопотреблением и в недорогих источниках питания с несколькими выходами для огромного числа приложений. Наличие сложных микросхем контроллеров, вместе с высоковольтными полевыми МОП-транзисторами и программным обеспечением для поддержки проектирования, позволяет источникам с обратным ходом соответствовать самым высоким требованиям к производительности и экологическим стандартам.

Применение микросхемы UC3843 позволит стабилизировать напряжения высоковольтного источника и выполнить его защиту от перегрузок.

Литература

1. Sira-Ramirez, H.J.; Silva-Ortigoza, R. Control Design Techniques in Power Electronics Devices // Springer-Verlag: London, England, 2006.

2. Shen, Z.J.; Okada, D.N.; Lin, F.; Anderson, S.; Cheng, X. Lateral power MOSFET for megahertz-frequency, high-density DC/DC converters. IEEE Trans. on Power Electronics. – 2006. – № 21. – P. 11–17.

3. Murthy, D.; Kazimierczuk, M.K. Performance evaluation of flyback converter. Proc. // Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing Expo. – 2005. – P. 408–416.

УДК 631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

д.т.н. М.М. Юрков,
к.т.н., доцент В.В. Жолудева,
обучающийся Е.В. Уткин
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: трактор, техническая готовность, факторы, регрессионный анализ, коэффициент эластичности.

Аннотация: в работе исследуются наиболее существенные факторы, влияющие на готовность МТА (машинно-тракторного агрегата) с помощью математико-статистического моделирования. Исследование проведено на конкретном сельскохозяйственном предприятии Ярославской области. В результате исследований были выявлены восемь факторов, влияющих на техническую готовность тракторов. Для описания процесса был использован метод многофакторного регрессионного анализа. В статье проведена интерпретация полученных результатов исследования и предложены рекомендации по повышению работоспособности машинно-тракторного парка объекта исследования.

STUDY OF THE AVAILABILITY FACTOR OF MACHINE AND TRACTOR UNITS

Doctor of Technical Sciences M.M. Yurkov,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor V.V. Zholudeva,
Student E.V. Utkin
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: tractor, technical readiness, factors, regression analysis, coefficient of elasticity.

Abstract: the work examines the most significant factors affecting the readiness of the MTA (machine-tractor unit) using mathematical and statistical modeling. The study was conducted at a specific agricultural enterprise in the Yaroslavl region. As a result of the research, eight factors have been identified that affect the technical readiness of tractors. To describe the process, the method of multivariate regression analysis was used. The article interprets the results of the study and offers recommendations for improving the efficiency of the machine and tractor fleet of the research object.

Введение

В настоящее время, одной из наиболее важных задач в отрасли АПК является подготовка техники к сезонным работам. Актуальность данной задачи состоит в обеспечении работоспособности МТП (машинно-тракторного парка) в течение всего периода работ.

В данном исследовании была поставлена цель проведения статистического анализа для выявления факторов, влияющих на готовность техники в любой период времени. Кроме того, одна из задач для достижения поставленной цели состояла в проведении регрессионного анализа для изучения степени влияния каждого отдельного факторного признака на коэффициент готовности техники.

Коэффициент технической готовности тракторов – это один из обобщающих показателей, характеризующих техническую готовность техники за год.

Коэффициент готовности – возможность того, что рабочая техника является в работоспособном состоянии на любой промежуток

времени (не предусматривая планируемые периоды, то есть использование объекта по предназначению). Коэффициент готовности для объектов находящихся в МТП составляется с помощью прогнозирования последствий разборки календарного плана ремонтно-обслуживающих функций проведенных на предприятии. Техническая готовность техники зависит от множества субъективных и объективных факторов различных направлений, к данным факторам относятся: специализация предприятия, наличие кадров – механизаторов, а так же их рабочая компетентность, структура управления управление, квалификация кадров, хранения и обслуживания техники, материально-техническая база по ремонту. По степени влияния на готовность техники, можно вычленить 4 группы:

1. Наличие материально-технической базы в производстве по ремонту, хранению техники и техническому обслуживанию.

2. Обеспеченность кадрами механизаторов и ИТР, их профессиональное мастерство (классность, стаж работы и др.), структура управления.

3. Централизация тракторов и в целом МТП.

4. Техническое обслуживание тракторов и расход средств на ремонт.

Регрессионный анализ

Выявить, оценить и исследовать наиболее существенные факторы, влияющие на коэффициент готовность тракторов, позволяет статистическое (вероятностное) моделирование, которое успешно применяется при идентификации объектов с неполной информацией. Для описания реального процесса с определенной степенью адекватности мы использовали методы многофакторного регрессионного анализа.

В качестве исходных материалов взяли данные годовых отчетов за 10 лет одного из ярославских сельскохозяйственных предприятий. Данное предприятие специализируется на производстве молока, выращивание крупного рогатого скота для мяса, а также занимаются картофелем, капустой, морковью и свеклой. Были выделены 8 факторов влияющие на коэффициент готовности техники. Задача сводилась к определению степени влияния факторов каждой группы на коэффициент готовности техники. Зависимость

результирующего показателя от выбранных факторов аппроксимировали линейно.

В качестве результативного фактора был взят коэффициент технической готовности тракторов, средний за год (У). Факторные признаки:

x_1 – затраты на ремонт и ТО одного физического трактора за год, руб.;

x_2 – затраты на ТО на один эт. га в год, руб.;

x_3 – стоимость МТБ по ремонту и ТО, приходящаяся на один эт. трактор, тыс. руб.;

x_4 – обеспеченность работающими механизаторами на 100 физических тракторов, чел.;

x_5 – наличие классных механизаторов, % к общему количеству;

x_6 – доля предприятий сельхозтехники в затратах на ремонт и ТО, %;

x_7 – затраты на запасные части за один год на один эт. трактор, руб.;

x_8 – доля стоимости узлов и агрегатов при ремонте тракторов, %.

Был осуществлен регрессионный анализ, а также для каждого из факторных признаков был рассчитан коэффициент эластичности. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты регрессионного анализа

Факторы	Коэффициент регрессии a_i	Существенность коэффициента регрессии	Среднее значение факторов	Коэффициент эластичности $Э_i$
У – коэффициент технической готовности тракторов, средний за год			0,892	
X_1 – затраты на ремонт и ТО одного физического трактора за год, руб.	0,000638	1,1	11622	8,323
X_2 – затраты на ТО на один эт. Га в год, руб.	0,334344	1,45	2,05	0,768
X_3 – стоимость МТБ по ремонту и ТО, приходящаяся на один эт. Трактор, тыс. руб.	0,01818	0,78	58,79	1,239

Продолжение таблицы 1

Факторы	Коэффициент регрессии a_i	Существенность коэффициента регрессии	Среднее значение факторов	Коэффициент эластичности $Э_i$
X_4 – обеспеченность работающими механизаторами на 100 физических тракторов, чел.	–0,074	–1,48	112,79	–9,357
X_5 – наличие классных механизаторов, % к общему количеству	0,00585	–0,58	61,68	0,405
X_6 – доля предприятий сельхозтехники в затратах на ремонт и ТО, %	0,41574	1,89	11,34	5,285
X_7 – затраты на запасные части за один год на один эт. Трактор, руб.	0,000094	–1,31	6511,94	0,686
X_8 – доля стоимости узлов и агрегатов при ремонте тракторов, %.	0,54274	0,35	5,03	3,061

Поскольку результативный и факторный признаки имеют различный смысл и единицы измерения, для сопоставления отобранных факторов по их влиянию на результативный показатель вычислили коэффициенты эластичности.

Для расчета коэффициента эластичности применяли формулу $Э = a_i \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}$. Коэффициент эластичности показывает на сколько процентов в среднем изменится значение результативного признака У при изменении факторного признака на 1%.

Дадим интерпретацию полученным данным – на коэффициент технической готовности тракторов существенно влияют затраты на ТО на один эт. га в год. Коэффициент эластичности равен 0,768, что позволяет сделать вывод о том, что увеличение затрат на 10% приводит к росту результативного показателя на 7,68%.

Основным аспектом материально-технической базы является своевременность обеспечения предприятий и организаций необходимыми материалами и ресурсами, что напрямую связано со стоимостью МТБ по ремонту и ТО приходящихся на 1 эт. трактор. Среднее значение этого показателя 58,79 тыс. руб., коэффициент

вариации составляет 78%, что свидетельствует о неравномерном распределении ресурсов, то есть той или иной детали может не оказаться на складе и это влечет за собой простои техники. Об этом же свидетельствует следующий фактор, доля стоимости узлов и агрегатов при ремонте тракторов. Необходим сменный фонд ресурсных деталей машин (масла, аккумуляторы, манжеты и другие). Обеспечение этих элементов повышает готовность техники, а готовая техника способствует снижению количества парка машин при эффективном использовании, что в целом снижает себестоимость механизированных работ.

Важный фактор свидетельствующий об эффективном влиянии на коэффициент готовности техники являются затраты на ремонт и ТО одного физического трактора за год x_1. Среднее значение данного фактора составляет 11622 руб. Капитальный, текущий ремонт и ТО техники должно проходить строго по техническому регламенту или зависит от состояния и условий эксплуатации. Но не позже, так как в противном случае ремонт может потребовать больших дополнительных затрат.

Выводы

Для обеспечения эффективной деятельности каждого сельскохозяйственного предприятия необходимо наличие МТП, в состав которого входят тракторы, а также агрегатируемые с ними сельскохозяйственные машины (плуги, сеялки, бороны, культиваторы, косилки, различные уборочные не самоходные машины и другие). Для того, чтобы обеспечить высокую техническую готовность МТП, необходимо знать перечень весь факторов, влияющих на коэффициент готовности.

В предложенном математико-статистическом исследовании выявлены показатели, способные поддерживать сельскохозяйственную технику в рабочем состоянии. Проведенная интерпретация полученных результатов исследования позволила определить, как будет меняться коэффициент готовности машинно-тракторного агрегата при изменении ряда факторных признаков.

На наш взгляд, применение предложенной методики обеспечит не только определение технического состояния агрегатов и механизмов, но и сократит время простоя техники, снизит затраты на

ТО и технический ремонт, а также на расход запасных деталей и материалов, повысит производительность труда.

Литература

1. Аллилуев, В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин. – М.: Агропромиздат, 2016.

2. Карташов, В.П. Организация технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники [Текст] / В.П. Карташов, В.М. Мальцев. – М.: Транспорт, 2018. – 215 с.

3. Ульман, И.Е. Техническое обслуживание и ремонт машин [Текст] / И.Е. Ульман, Г.С. Игнатьев, В.А. Борисенко и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 399 с.

4. Anasenko, E.V. Improvement of managerial decisions' quality in the context of strategic development of the enterprise / E.V. Anasenko, V.V. Zholudeva, N.F. Melnichenko, L.V. Novak, K.A. Lebedev // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2018. – Т. 119. – № 16. – P. 3851–3855.

СОДЕРЖАНИЕ

Адакин Р.Д., Дмитренко В.П., Соцкая И.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Разработка ножничного подъемника 3D-моделированием.....3

Антропов Б.С., Волянский М.И., Чернолихов Е.А. (ФГБОУ ВО ЯГТУ, Ярославль, Россия) Современные требования к экологическим показателям автомобилей 11

Грунтович Н.В. (Гомельский ГТУ имени П.О. Сухого, Гомель, Беларусь), **Кирдищев Д.В.** (ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянск, Россия) Методика технического диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей по виброакустическим спектрам 17

Епифанов М.Ю., Шмигель В.В., Луговский М.И. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Высоковольтная насадка на ячменный транспортер солодовни ОАО «Ярпиво» для электростимуляции и обеззараживания зерна.....23

Ладыгин М.С., Ладыгин А.С., Джерепа М.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Веломобиль как альтернативный вид транспорта.....28

Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д., Козлов Н.А. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Варианты конструкции и технологии изготовления сменного теплообменного пластинчатого модуля 35

Николаев В.А. (ФГБОУ ВО «ЯГТУ», Ярославль, Россия), **Кряклина И.В.** (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Жатка очесывающего типа агрегата для уборки трав 40

Смелик В.А., Калинин А.Б., Теплинский И.З., Смелик О.В. (ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Россия) Модернизированный комбинированный ботвоудалитель для гребневой технологии производства картофеля 47

Шмигель В.В., Шешунова Е.В., Угловский А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Особенности схемных решений высоковольтных импульсных источников питания на высокой частоте перед низкочастотными 53

Юрков М.М., Жолудева В.В., Уткин Е.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Исследование коэффициента готовности машинно-тракторных агрегатов.....64

Научное издание

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием

Ярославль, 3 декабря 2020 г.

Текстовое электронное издание

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

Подписано к использованию 19.01.2021 г.
Объем издания 4,65 Мб, 1 электрон. опт. диск.
Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.
http://www.yaragrovuz.ru/