

ISSN 1728-7936

ВЕСТНИК

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Московский государственный
агроинженерный университет
имени В.П. Горячкина»**

Научный журнал

Основан в 2003 году
Периодичность: 6 номеров в год

№ 3 (79)
МАЙ–ИЮНЬ
2017

Москва

ISSN 1728-7936

VESTNIK

OF FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
«**Moscow State Agroengineering University
named after V.P. Goryachkin**»

Scientific Journal

Founded in 2003

Publication Frequency: 6 issues per year

№ 3 (79)
MAY–JUNE
2017

Moscow

УДК 378.4(066):63+631.3.004.5+
(631.171:621.31)+631.145
ББК 74.58+40.7+ 65.32
В 378

Учредитель и издатель
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации ПИ № ФС 77-60739
от 09 февраля 2015 г.

ISSN 1728-7936

В Е С Т Н И К

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный агроинженерный
университет имени В.П. Горячкина»

№ 3 (79) /2017

Рецензенты:

Алдошин Н.В., д-р техн. наук
Андреев С.А., канд. техн. наук
Балабанов В.И., д-р техн. наук
Белов М.И., д-р техн. наук
Герасенков А.А., д-р техн. наук
Глуханюк Н.С., д-р психол. наук
Голубев И.Г., д-р техн. наук
Дидманидзе О.Н., чл.-корр. РАН, д-р техн. наук
Евграфов В.А., д-р техн. наук
Иванов Ю.Г., д-р техн. наук
Кобозева Т.П., д-р с.-х. наук
Косырев В.П., д-р пед. наук
Кузьмин В.Н., д-р экон. наук
Лысенко Е.Г., чл.-корр. РАН, д-р экон. наук
Морозов Н.М., акад. РАН, д-р экон. наук
Новиков Д.А., чл.-корр. РАН, д.т.н.
Федоров В.А., д-р пед. наук
Шевченко В.А., д-р с.-х. наук
Шевчук В.Ф., д-р пед. наук

Журнал включен в перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публикации
трудов соискателей ученых степеней канди-
дата и доктора наук

Издание включено в систему РИНЦ,
AGRIS (Agricultural Research
Information System)

Полнотекстовые версии доступны на сайте
<http://elibrary.ru>

Главный научный редактор:

Ерохин М.Н., акад. РАН, д-р техн. наук, проф.

Редакционный совет:

Дорохов А.С., чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф., заместитель
главного научного редактора, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва
Водяников В.Т., д-р экон. наук, профессор,
заместитель главного научного редактора, РГАУ-МСХА, Москва
Кубрушко П.Ф., чл.-корр. РАО, д-р пед. наук,
заместитель главного научного редактора, РГАУ-МСХА, Москва
Алдошин Н.В., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Бердышев В.Е., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Десянин С.Н., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Загинайлов В.И., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Казанцев С.П., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Кобозева Т.П., д-р с.-х. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Кошелев В.М., д-р экон. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Левшин А.Г., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Марковская В.И., канд. филол. наук, доцент, РГАУ-МСХА, Москва
Назарова Л.И., канд. пед. наук, доцент, РГАУ-МСХА, Москва
Силайчев П.А., д-р пед. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Скорородов А.Н., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Судник Ю.А., д-р техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Тенчурина Л.З., д-р пед. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Худякова Е.В., д-р экон. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Чумаков В.Л., канд. техн. наук, проф., РГАУ-МСХА, Москва
Чутчева Ю.В., д-р экон. наук, РГАУ-МСХА, Москва

Иностранные члены редакционного совета:

Абдыров А.М., д-р пед. наук, проф., Казахский агротехнический
университет им. С. Сейфуллина, Казахстан
Баффингтон Дение, д-р наук, проф.,
Департамент сельскохозяйственной техники,
Университет Штата Пенсильвания, США
Буксман В.Э., канд. техн. наук, директор по экспорту
компании «Амазонен Верке», Германия
Куанто Фредерик, проф., Высший национальный институт
аграрных наук, продовольствия и окружающей среды (АгроСюп,
Дижон), Франция
Миклуш В.П., канд. техн. наук, проф., Белорусский
государственный аграрно-технический университет, Беларусь
Билек Мартин, канд. пед. наук, проф., Университет в г. Крелов,
Чехия

Адрес редакции: 127550, Москва, Тимирязевская ул., 55
Тел.: (499) 976-07-27
E-mail: vestnik@rgau-msha.ru

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2017
© Издательство РГАУ-МСХА, 2017

УДК 378.4(066):63+631.3.004.5+
(631.171:621.31)+631.145
ББК 74.58+40.7+ 65.32
В 378

Founder and Publisher
Federal State Budget Establishment
of Higher Education – "Russian Timiryazev
State Agrarian University"

The mass media registration certificate
ПИ № ФС 77-60739 of the 9th of February, 2015

ISSN 1728-7936

VESTNIK

**OF FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION**
**«Moscow State Agroengineering University named
after V.P. Goryachkin»**

№ 3 (79) /2017

Reviewers:

Aldoshin N.V., DSc (Eng)
Andreev S.A., PhD (Eng)
Balabanov V.I., DSc (Eng)
Belov M.I., DSc (Eng)
Gerasenkov A.A., DSc (Eng)
Glukhanyuk N.S., DSc (Psychol)
Golubev I.G., DSc (Eng)
Didmanidze O.N., Corresponding Member
of the Russian Academy of Sciences,
DSc (Eng)
Yevgrafov V.A., DSc (Eng)
Ivanov Yu.G., DSc (Eng)
Kobozeva T.P., DSc (Agr)
Kosyrev V.P., DSc (Ed)
Kuz'min V.N., DSc (Econ)
Lysenko Ye.G., Corresponding Member
of the Russian Academy of Sciences,
DSc (Econ)
Morozov N.M., Member of the Russian
Academy of Sciences, DSc (Econ)
Novikov D.A., Corresponding Member
of the Russian Academy of Sciences,
DSc (Eng)
Fedorov V.A., DSc (Ed)
Shevchenko V.A., DSc (Agr)
Shevchuk V.F., DSc (Ed)

The journal is included in the list
of publications recommended by Higher
Attestation Commission of the Russian
Federation for publishing papers of those
seeking PhD and DSc scientific degrees

The issue is listed in the Russian Science
Citation Index,
AGRIS (Agricultural Research
Information System)

Full versions are posted on the site
<http://elibrary.ru>

Chief Science Editor:

Erokhin M.N., Member of the Russian Academy of Sciences,
DSc (Eng), Professor

Editorial board:

Dorokhov A.S., Corresponding Member of the Russian Academy
of Sciences, DSc (Eng), Professor, Deputy Chief Scientific Editor,
Federal State Budgetary Research Establishment - All-Russian Institute
of Mechanization (VIM)
Vodyannikov V.T., DSc (Econ), Professor – Deputy Chief Scientific Editor
Kubrushko P.F., Corresponding Member of the Russian Academy
of Education, DSc (Ed), Assistant of chief scientific editor
Aldoshin N.V., DSc (Eng), Professor
Berdyshev V.Ye., DSc (Eng), Professor
Devyanin S.N., DSc (Eng), Professor
Zaginailov V.I., DSc (Eng), Professor
Kazantsev S.P., DSc (Eng), Professor
Kobozeva T.P., DSc (Agr), Professor
Koshelev V.M., DSc (Econ), Professor
Levshin A.G., DSc (Eng), Professor
Markovskaya V.I., PhD (Phil), Associate Professor
Nazarova L.I., PhD (Ed), Associate professor
Silaichev P.A., DSc (Ed), Professor
Skorokhodov A.N., DSc (Eng), Professor
Sudnik Yu.A., DSc (Eng), Professor
Tenchurina L.Z., DSc (Ed), Professor
Khudyakova Ye.V., DSc (Econ), Professor
Chumakov V.L., PhD (Eng), Professor
Chutcheva Yu.V., DSc (Econ)

Foreign members of the editorial board:

Abdyrov A.M., DSc (Ed), Professor, Kazakh Agrotechnical University
named after S. Seifullin, Kazakhstan
Buffington Dennis, DSc, P.E., Professor and Department Head,
Department of Agricultural and Biological Engineering,
Pennsylvania State University, USA
Buxmann V.E., PhD (Eng), Export Director of Amazonen-Werke, Germany
Cointault Frédéric, Professor, National Institute of Higher Education
in Agronomy, Food and Environmental Sciences (AgroSup Dijon), France
Miklush V.P., PhD (Eng), Professor, Dean of Farm Machinery Service Faculty,
Belarusian State Agrarian Technical University, the Republic of Belarus
Bilek Martin, PhD (Ed), Professor of Charles University, the Czech Republic

Editors office's address: Timiryazevskaya str., 55, Moscow, 127550
Tel.: (499) 976-07-27; E-mail: vestnik@rgau-msha.ru

- © Federal State Budgetary Establishment of Higher Education –
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev, 2017
- © Publishing House of Russian State Agrarian University – Moscow
Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

<i>Лапик В.П., Кузнецов А.Е., Лапик П.В.</i> Исследование влияния конструктивных параметров гусеничного движителя с эластичными опорными устройствами на неравномерность распределения давления на почву.....	7
<i>Иванов Ю.Г., Дмитриевский А.Л., Шафеев А.Ф.</i> Особенности расчета подачи воздуха для обеспечения процесса сжигания подстилочного помета в твердотопливных установках.....	12
<i>Павлов А.Е., Павлова Л.А.</i> Калибровка клубней картофеля.....	15
<i>Игнаткин И.Ю.</i> Способ осушения воздуха в коровниках.....	20
<i>Щиголев С.В., Ломакин С.Г.</i> Определение нагрузок на колеса зерноуборочного комбайна, находящегося на поперечном склоне.....	24
<i>Жужин М.С., Кучин Н.Н.</i> Энергетическая эффективность использования устройства дозированной подачи порошкообразного консерванта при плющении сырого зерна ячменя.....	31
<i>Ондар А.М.</i> Анализ транспортной инфраструктуры для социального развития сельских территорий республики Тыва.....	39

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

<i>Апатенко А.С.</i> Современные передвижные ремонтные мастерские – надежное решение для устранения отказов технологических комплексов машин в агропромышленном комплексе России.....	44
<i>Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Овчинникова М.С.</i> Создание и организация системы фирменного технического сервиса сельскохозяйственных машин.....	49

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

<i>Водяников В.Т.</i> Методические основы технико-экономической оценки инженерно-технических систем.....	55
<i>Водяников В.Т., Дородных Д.И.</i> Показатели и пути повышения устойчивости развития молочного скотоводства.....	59

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<i>Юсупов Р.Х., Андреев С.А.</i> Использование роботизированных манипуляторов для поштучной подачи и перемещения сельскохозяйственных продуктов.....	66
<i>Никитин А.В.</i> Выбор сечений проводников сельских ЛЭП по экономической плотности тока в современных условиях.....	72

CONTENTS

FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

<i>Vladimir P. Lapik, Andrey Ye. Kuznetsov, Pavel V. Lapik</i> Influence of design parameters of caterpillar mover with elastic supporting devices on the unevenness of ground pressure distribution	7
<i>Yuriy G. Ivanov, Andrey L. Dmitrevsky, Albert F. Shafeyev</i> Calculating air supply for burning chicken manure in solid fuel fired boilers	12
<i>Aleksandr Ye. Pavlov, Larisa A. Pavlova</i> Potato tuber calibration.....	15
<i>Ivan Yu. Ignatkin</i> Method of drying air in cowsheds.....	20
<i>Sergey V. Shchigolev, Sergey G. Lomakin</i> Determination of loads acting on wheels of grain combine-harvesters operating on transverse slopes	24
<i>Maksim S. Zhuzhin, Nikolay N. Kuchin</i> Energy efficiency of using a device of dosed supply of powder preservative in raw barley grain flattening.....	31
<i>Aylana M. Ondar</i> Analyzing transport infrastructure for social development of rural territories of the republic of Tyva	39

TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

<i>Aleksei S. Apatenko</i> Modern mobile repair workshops as a reliable solution for trouble-shooting of machine technological complexes in Russian agribusiness industry.....	44
<i>Victor M. Korneyev, Igor N. Kravchenko, Margarita S. Ovchinnikova</i> Establishing and organization of corporate technical service system of agricultural machinery	49

ECONOMY AND ORGANIZATION OF AGRICULTURAL ENGINEERING SYSTEMS

<i>Vladimir T. Vodyannikov</i> Methodical base of technical-and-economic assessment of engineering-and-technical systems	55
<i>Vladimir T. Vodyannikov, Denis I. Dorodnykh</i> Indicators and ways of increasing development sustainability of dairy cattle breeding.....	59

POWER SUPPLY AND AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<i>Ramazan Kh. Yusupov, Sergey A. Andreyev</i> Using robotized manipulators for farm produce single-piece feeding and relocation	66
<i>Anton V. Nikitin</i> Selecting wire section for rural electric power lines with account of economic current density in present-day conditions.....	72

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

УДК 631.3:629.3.014.2.033:636.085

ЛАПИК ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЧ, докт. техн. наук, доцент¹

E-mail: v.p.lapick@mail.ru

КУЗНЕЦОВ АНДРЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ, инженер²

E-mail: kuznetsov@bryanskselmash.ru

ЛАПИК ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ, инженер¹

E-mail: lapik.pawel@mail.ru

¹ Брянский государственный аграрный университет, ул. Советская, 2а, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл., 243365, Российская Федерация

² ЗАО СП «Брянксельмаш», Московский проспект, 86, г. Брянск, 241020, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ С ЭЛАСТИЧНЫМИ ОПОРНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ПОЧВУ

Основной задачей исследований является установление конструктивных параметров гусеничного движителя с резинокордными траками, способных снизить неравномерность распределения давления на переувлажненные пойменные почвы. Применение резинокордных траков в конструкциях гусеничных движителей в сравнении с металлическими и резиноармированной гусеницей показало более щадящее их воздействие на такие почвы. Для экспериментальных исследований в качестве гусеничной машины, в конструкции которой использовали два типа траков: серийные металлические и резинокордные – был выбран самоходный гусеничный кормоуборочный комбайн КСГ-3,2А (Амур-680). Исследования, проведенные на пойменных лугах учебно-опытного хозяйства Брянского государственного аграрного университета, показали, что значительные пики давления имеют место под опорными катками кареток на различных по влажности участках. Это говорит о возможности совершенствования, как конструкции трака, так и конструктивных элементов гусеничного движителя. В статье изложены особенности взаимодействия такого движителя с почвой, проведены теоретические и экспериментальные исследования буксования движителя, процессов формирования колеи в зависимости от конструктивных параметров движителя, таких как углы наклона гусеничной ветви, диаметр и ширина колес. Особое влияние оказывают параметры конструкции трака, вызванные увеличением его высоты. Эпюры давления на переувлажненную почву движителя с резинокордными и металлическими траками такие утверждения подтверждают. Определена зависимость для расчета максимального давления под колесами гусеничного движителя от их конструктивных параметров. В результате проведенных расчетов установлено, что для дальнейшего выравнивания неравномерности распределения давления гусеничного движителя на переувлажненные почвы необходимо оптимизировать конструкции гусеничных тележек, размеры опорных колес и элементы резинокордных траков.

Ключевые слова: гусеничный движитель, резинокордные траки, переувлажненные почвы, эпюры давления, опорные катки, колея.

Введение. В современных условиях ведения агробизнеса актуальной проблемой является получение качественной продукции как растениеводства, так и животноводства с наименьшими затратами финансовых средств. Одной из малозатратных тех-

нологий заготовки качественных по питательности кормов являются пойменные луга. Современный парк машин имеет самоходные кормоуборочные комбайны на гусеничном ходу с металлическими траками и резиноармированными гусеницами (РАГ)

для заготовки кормов на переувлажненных почвах с накопительной емкостью, выпускаемые заводами ОАО «Дальсельмаш» и ОАО «Гомсельмаш».

Воздействие гусеничного движителя на почву оценивается по давлению на почву, сохранению ее структуры в результате колееобразования и растительного покрова. Экспериментальные исследования взаимодействия гусеничного движителя с резиноармированными гусеницами с опорным основанием показали уменьшение глубины колеи, что сохраняет структуру почвы, но при этом, вследствие буксования, изгибной жесткости ленты и наличия увеличенных размеров грунтозацепов, в процессе передвижения по переувлажненным почвам происходит выдавливание поверхности почвы в разных направлениях. Это приводит к разрушению структуры почвы и уничтожению растительного покрова вместе с корневой системой. Уменьшение размеров грунтозацепов влечет за собой снижение тягово-сцепных свойств машины [1, 2].

В работе [3] была доказана эффективность применения резинокордных траков в конструкциях гусеничных движителей для работы на переувлажненных пойменных лугах.

Анализ теоретических и экспериментальных результатов показал, что применение резинокордных траков вместо металлических и резиноармированных гусениц по многим показателям, оценивающим гусеничные движители, соответствует агротехническим требованиям, предъявляемым к гусеничным машинам [4].

Цель исследования – установить влияние конструктивных особенностей гусеничных движителей с эластичными резинокордными траками на распределение давления на переувлажненные пойменные почвы по длине опорной поверхности движителя.

Материал и методы. Важнейшим моментом исследования эксплуатационных свойств гусеничных движителей является измерение неравномерности давления в зоне контакта движителя с почвой, деформационные свойства которой существенно зависят от влажности и плотности.

В качестве гусеничной машины, в конструкции которой использовали два типа траков: серийные металлические и резинокордные – был выбран самоходный гусеничный кормоуборочный комбайн КСГ-3,2А (Амур-680). Конструкция резинокордного трака (рис. 1) содержит протекторную часть шириной 0,633 м, контактирующую с почвой, две упругие стойки, представляющие собой трубчатые элементы, открытые с торцов и снабженные упорами. Опорные площадки, находящиеся на верхней части упругих стоек, имеют четыре отверстия для крепления к гусеничной цепи через промежуточные элементы. В экспериментальных исследованиях резинокордные траки прикреплялись к силовому поясу через отверстия.

Эксперименты проводили на пойменных лугах учебно-опытного хозяйства Брянского государственного аграрного университета.

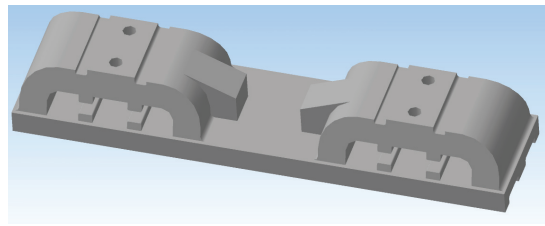


Рис. 1. Конструкция резинокордного трака

Результаты и обсуждение. Применение резинокордных траков в конструкциях гусеничных движителей для работы на переувлажненных пойменных лугах существенно изменяет характер деформирования почв, что влечет за собой уменьшение глубины колеи [5, 6]. Однако представленные на рисунке 2 эпюры распределения давления по длине гусеничного движителя с резинокордными траками показывают значительные пики давления под крайними опорными катками кареток, которые оказывают влияние на изменение глубины колеи, что и подтверждает отмеченные в работе [5] особенности взаимодействия такого движителя с переувлажненной почвой, вызванные увеличением высоты траков.

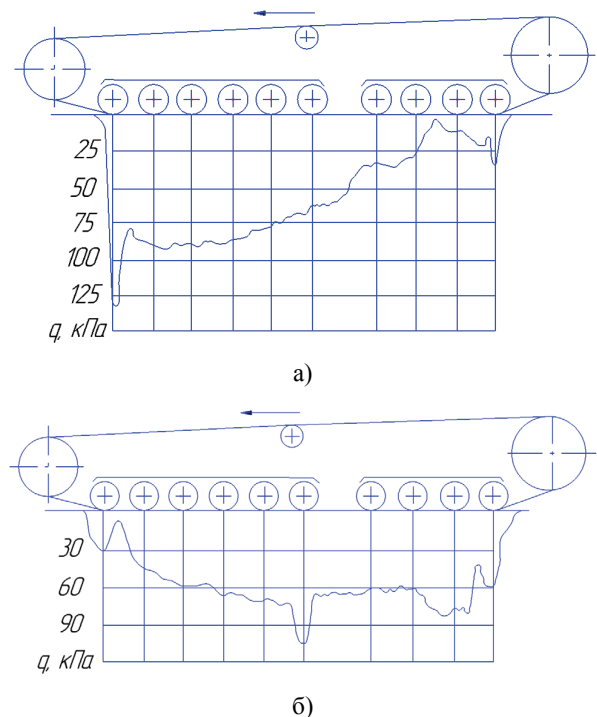


Рис. 2. Эпюры давления движителя с резинокордными траками на почвы различной влажности:
а – на почвы средней влажности;
б – на почвы повышенной влажности

Анализ такого взаимодействия показал, что деформация почвы осуществляется передней дуговой ветвью направляющего колеса и направляющим

участком при равномерном распределении давления по длине опорной поверхности.

Известно, что в любом случае деформация почвы проходит в пределах угла трения по направлению вектора абсолютной скорости перемещения деформатора [7], в данном случае гусеницами на направляющем участке и дуговой ветви направляющего колеса (рис. 3).

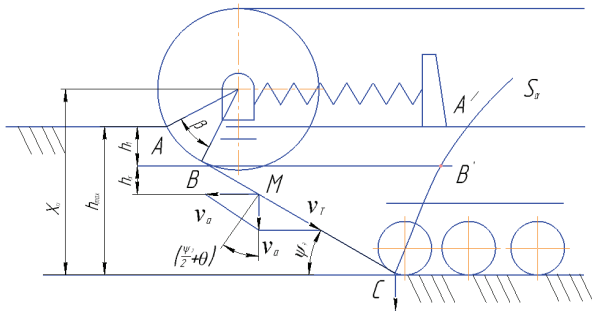


Рис. 3. Направление вектора абсолютной скорости гусеничной цепи при перемещении по участкам обвода

При этом возникает значительное буксование на дуге контакта направляющего колеса с почвой. Так, при $r_n = 0,377$ м и высоте резинокордных траков 0,1 м буксование составляет 27%. При стандартном значении угла наклона направляющего участка гусеницы для комбайна, равном $\psi_3 \approx 12,5^\circ$, и угле $(\beta + \psi_3) = 45^\circ$ для металлического движителя характерно появление перед направляющим колесом призмы волочения, которая создаёт большое сопротивление качению.

В случае же применения резинокордных траков вектор абсолютной скорости точек опорной поверхности траков составляет угол с нормалью к этой поверхности согласно формуле (1):

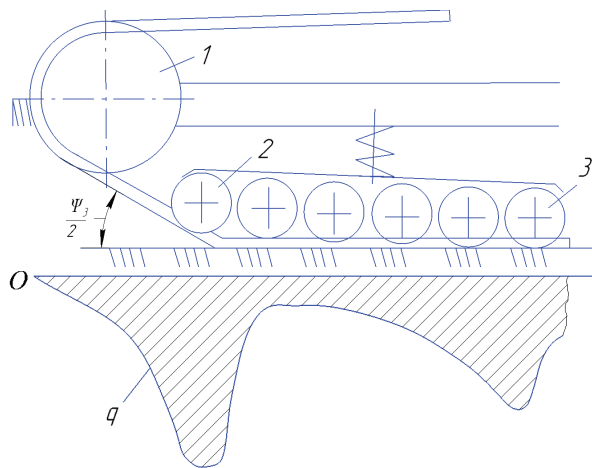
$$\cos\left(\frac{\beta + \psi_3}{2} + Q\right) = \frac{\delta \sin(\beta + \psi_3)}{\sqrt{\delta^2 - 2\delta \cos(\beta + \psi_3) + 1}}, \quad (1)$$

где $\left(\frac{\beta + \psi_3}{2} + Q\right) \approx 75^\circ$, т.е. вектор абсолютной скорости отклоняется от вертикали только на 15° и почти совпадает по направлению с вектором этой скорости на направляющем участке гусеницы. Вследствие высокого буксования направляющее колесо поднимает под себя почву и эффекта волочения не возникает. Направляющий участок гусеницы «всплывает» над почвой и, вследствие его податливости из-за отсутствия катков, почти не создаёт давления на почву. Эффект создания призмы волочения появляется перед первым опорным катком, что отражается в пике давления под передней его частью.

Первый опорный каток действует как катящееся на подъём колесо, создавая своим давлением колею. Угол подъёма при накатывании первого опорного катка на направляющий участок гусеницы равен

не ψ_3 , а $\psi_3/2$ вследствие одновременного оседания почвы [5].

Поскольку в передней тележке опорные катки связаны между собой жёстко, возникает схема нагружения почвы, показанная на рисунке 4. Давление на почву медленно нарастает вдоль направляющего участка, и под первым опорным катком имеет место пик давления. Затем давление, создаваемое лишь весом гусеницы, падает практически до нуля и снова нарастает вблизи последнего катка передней тележки, под которым следует снова пик давления, так как оно создаёт силу реакции, уравнивающую момент сил, действующих на первый каток. Это видно на приведенных выше эпюрах давления движителя на почву.



**Рис. 4. Схема формирования колеи первым опорным катком:
1 – направляющее колесо;
2 – первый опорный каток; 3 – последний опорный каток передней тележки**

Проявляется такая картина, в определённой степени, и на эпюрах для металлических траков, так как их высота также довольно значительна.

Если машина движется с положительным дифферентом, то вся описанная выше картина повторяется и на второй опорной тележке. Это также видно на эпюре давления.

Процесс взаимодействия первого опорного катка с почвой можно приближённо описать в рамках предложенной М.М. Танклевским [8] теории взаимодействия с почвой колеса, давление которого при движении сосредоточено в основном под передней его половиной. С учетом этой теории максимальное давление под колесом можно представить формулой (2):

$$q_{\max} = 1,13 \sqrt{\frac{Pk}{BD}}, \quad (2)$$

где P – сила, действующая на ось колеса, Кн; D – диаметр колеса, м; k – коэффициент пропорциональности между изменением давления и осадкой почвы; B – ширина колеса, м.

Выводы

Таким образом, считая, что сила P примерно постоянна, максимальное давление будет обратно пропорционально величине $\sqrt{r_0 + h_{mp}}$, где r_0 – радиус опорного катка; h_{mp} – высота трака. Отсюда следует, что для полного сглаживания эпюры, показанной на рисунке 2, необходимо:

1. Повысить упругие свойства стоек трак и увеличить жесткость подошвы, что было выполнено в работах [9, 10].

2. Увеличить высоту траков примерно на 0,15 м либо соответственно увеличить радиус первого опорного катка и снизить жесткость как опорных кареток, так и гусеничного движителя в целом.

Библиографический список

1. Лапик В.П., Стрельцов В.В., Адылин И.П. Характер деформирования переувлажненной пойменной почвы гусеничным движителем с резиноармированными гусеницами // Научное обозрение. 2014. № 8. С. 30-34.
2. Злобин Е.В. Исследование тягово-сцепных свойств движителя с резиноармированными гусеницами в условиях Дальнего Востока: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2006. 134 с.
3. Лапик В.П., Адылин В.П. Применение резинокордных траков в гусеничном движителе // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 1. С. 27.
4. Лапик В.П. Экологические аспекты воздействия гусеничных движителей на почву // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2010. № 2(41). С. 100-103.
5. Лапик В.П., Ерохин М.Н., Стрельцов В.В. Исследование динамических нагрузок гусеничной машины на почву // Техника и оборудование для села. 2015. № 2 (212). С. 9-12.
6. Лапик В.П. Особенности расчета глубины колеи гусеничной машины с резинокордными траками // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 6. С. 15-19.
7. Старовойтов С.И., Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н. Коэффициент сопротивления деформации // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования», 23-24 сентября 2015. Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. С. 246-251.
8. Танклевский М.М. Проходимость машин. Киев, 1990. 155 с.
9. Лапик В.П., Адылин И.П. Усовершенствование резинокордного трака гусеничного движителя // Сельский механизатор. 2015. № 3. С. 30-32.
10. Эластичный трак гусеницы транспортного средства: пат. 2554899 Рос. Федерации № 2012155435/11 / В.П. Лапик, И.П. Адылин; заявл. 19.12.2012, Бюл. № 18.

Статья поступила 23.03.2017

INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS OF CATERPILLAR MOVER WITH ELASTIC SUPPORTING DEVICES ON THE UNEVENNESS OF GROUND PRESSURE DISTRIBUTION

VLADIMIR P. LAPIK, DSc (Eng), Associate Professor¹

E-mail: v.p.lapick@mail.ru

ANDREY Ye. KUZNETSOV, Engineer²

E-mail: kuznetsov@bryanskselmash.ru

PAVEL V. LAPIK, Engineer¹

E-mail: lapik.pavel@mail.ru

¹ Bryansk State Agrarian University, 243365, bld. 2a, Sovetskaya street, Kokino, Vygonichi district, Bryansk region, Russian Federation

² Joint Venture “Bryanskselmash” Inc., 241020, bld. 86, Moskovskiy Ave., Bryansk, Russian Federation

The main research objective is the determination of the design parameters of a caterpillar mover with rubber-cord tracks which are capable of reducing the unevenness of pressure distribution on waterlogged floodplain soils. The use of rubber-cord tracks in the construction of caterpillar movers in comparison with metal and rubber caterpillar showed a more sparing effect on this kind of soil. For the experimental research, the self-propelled cartepillar forage harvester КСГ-3,2А (Amur-680) was selected as a caterpillar with two types of trucks used (serial metal and rubber-cord ones). The research conducted on the floodplain meadows

of the study and experimental farm of Bryansk State Agrarian University has shown that the considerable pressure peaks occur under the track roller group of carriages on different humidity areas. This suggests an opportunity of improving both truck construction and structural components of a caterpillar mover. The paper describes the specific features of the interaction of this mover type with soil. The paper outlines the theoretical and experimental studies of the mover hauling, the processes of track forming depending on the mover construction parameters, such as the truck group slope angle, the wheel diameter and width. Especially important are the truck structure parameters caused by the increase of its height. The pressure distribution diagrams for a mover with rubber-cord and metal trucks acting on waterlogged soil confirm such statements. The authors have determined the dependence to calculate the maximum pressure under the wheels of caterpillar tracks basing on their design parameters. As a result of the calculations they have determined the need to optimize the design of caterpillar trucks, the size of support wheels and rubber-shoe elements to further equalize the uneven distribution of the pressure of caterpillar tracks on waterlogged soil.

Key words: caterpillar mover, rubber-cord tracks, waterlogged soil, pressure distribution diagrams, track rollers, treadway.

References

1. Lapik V.P., Strel'tsov V.V., Adilin I.P. Kharakter deformirovaniya pereuvlazhnennoy poymennoy pochvy gusenichnym dvizhitelem s rezinoarmirovannymi gusenitsami [Pattern of Waterlogged Floodplain Soil Distortion by Rubber Reinforced Tracks]. *Scientific Review*, 2014, No. 8, pp. 30-34. (in Rus).
2. Zlobin Ye.V. Issledovanie tyagovo-scepnnykh svoystv dvizhitelya s rezinoarmirovannymi gusenitsami v usloviyakh Dal'nego Vostoka [Research of towing characteristics of a mover with rubber-reinforced caterpillars in the Far East]. PhD (Eng) thesis, Blagoveschensk, 2006. 134 p. (in Rus).
3. Lapik V.P., Adilin I.P. Primenenie rezinokordnykh trakov v gusenichnom dvizhitеле [Using rubber-cord tracks in a cartepillar mover]. *Tekhnika v Selskom Khozyaistve*. 2013. No 1. P. 27. (in Rus).
4. Lapik V.P. Ekologicheskie aspekty vozdeystviya gusenichnykh dvizhiteley na pochvu [Ecological aspects of the influence of rubber-cord movers on soil]. *Vestnik MGAU im. V.P. Goryachkina*, 2010, No. 2 (41), pp. 100-103. (in Rus).
5. Lapik V.P., Yerokhin M.N., Strel'tsov V.V. Issledovanie dinamicheskikh nagruzok gusenichnoy mashiny na pochvu [Study of dynamic loads of a caterpillar vehicle on soil]. *Tekhnika i Oboridovanie Dlya Sela*, 2015, No 2 (212), pp. 9-12. (in Rus).
6. Lapik V.P. Osobennosti rascheta glubiny kolei gusenichnoy mashiny s rezinokordnymi trakami [Specific features of calculating the depth of treadway of a caterpillar vehicle with rubber cord tracks]. *International Technical and Economic Journal*, 2014, No 6, pp. 15-19. (in Rus).
7. Starovoitov C.I., Starovojtova N.P., Chemisov N.N. Koeffitsient soprotivleniya deformatsii [Coefficient of Deformation Resistance]. *Materials of the IX International Scientific and Technical Conference "Current Issues of Operation of Modern Energy Supply Systems and Nature Management"*, September 23-24. 2015. Bryansk: Izdatel'stvo Bryansk GAU, 2015, pp. 246-251. (in Rus).
8. Tanklevskiy M.M. Prokhodimost' mashin [Vehicle cross-country ability]. Kiev, 1990, 155 p. (in Rus).
9. Lapik V.P., Adilin I.P. Uovershenstvovanie rezinokordnogo traka gusenichnogo dvizhitelya [Improvement of rubber-cord tracks of cartepillar movers]. *Sel'skiy Mekhanizator*. 2015. No. 3. Pp. 30-32. (in Rus).
10. Elastichniy trak gusenitsy transportnogo sredstva [Elastic cartepillar track of a transportation vehicle]. Pat. RF 2554899, No. 2012155435/11. Lapik V.P., Adilin I.P.; appl. 19.12.2012, bul. No. 18. (in Rus).

Received on March 23, 2017

УДК 628.475.7:631.862

ИВАНОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук

E-mail: iy.electro@mail.ru

ДМИТРЕВСКИЙ АНДРЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ, канд. техн. наук

E-mail: andrejj-dmitrevskijj@rambler.ru

ШАФЕЕВ АЛЬБЕРТ ФАРИТОВИЧ

E-mail: shafeev.af@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОДАЧИ ВОЗДУХА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ПОДСТИЛОЧНОГО ПОМЕТА В ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ УСТАНОВКАХ

Рассмотрен вопрос по термической утилизации подстилочного помета птицефабрик. В настоящее время отсутствуют действующие образцы установок по сжиганию помета с подстилкой. Это связано с физико-химическими особенностями его состава, которые необходимо учитывать при проектировании топочных устройств. Установлено, что при превышении заданных значений температуры горения помета происходит образование шлаков на подвижной колосниковой решетке, что препятствует ее работе в камере сгорания и работе системы золоудаления. В связи с этим расчет потребности воздуха для обеспечения процесса горения подстилочного помета в твердотопливных котлах должен предусматривать расчет подачи дымовых газов. Рассмотрены вопросы расчета объемной доли кислорода в смеси воздуха и дымовых газов подаваемых в зону горения. Рассчитана доля дымовых газов, подаваемых в зону горения. Полученные аналитические зависимости и коэффициенты позволяют снизить критические температуры в зоне горения, чтобы не происходило неконтролируемое воспламенение летучих веществ с выбросом значительного количества теплоты, что приводит, в свою очередь, к спеканию шлака на колосниковой решетке и последующей остановке оборудования.

Ключевые слова: термическая утилизация, горение помета, подстилочный помет, рециркуляция дымовых газов, шлак, утилизация помета.

Введение. Утилизация подстилочного помета в твердотопливных котлах является одной из перспективных технологий, поскольку при этом снижается экологическая нагрузка на окружающую среду и обеспечивается производство тепловой энергии, необходимой для собственных нужд птицефабрики.

Проведенными исследованиями установлены особенности термической утилизации подстилочного помета, заключающиеся в необходимости регулирования температурных режимов горения во избежание расплавления компонентов, зашлаковывания колосников и отказов установки. Критическим условием является обеспечение зоны горения помета с ограничением температуры до 450°C, которую предлагается регулировать за счет подачи в эту зону смеси обычного воздуха и дымовых газов [1-4].

Скорость выделения тепла при горении зависит от скорости реакции горения, а скорость реакции прямо пропорциональна концентрации кислорода. Для снижения концентрации кислорода предлагается уменьшить подачу первичного воздуха и, одновременно с ним, подавать в эту зону дымовые газы, при этом объем подаваемой газовой смеси остается неизменным.

Цель исследований – рассчитать объемную долю кислорода в зоне горения в зависимости от объемной доли дымовых газов в смеси с воздухом.

Материал и методы. Для расчета объемной доли кислорода в смеси воздуха с дымовыми газами используем экспериментальные данные.

Известно, что объемная доля кислорода в воздухе

$$\varphi_o(O_2) = 0,21 \text{ (21\%)}$$

При проведении экспериментальных исследований установлена объемная доля кислорода в дымовых газах, которая составляет 14%:

$$\varphi_o(O_2) = 0,14.$$

Тогда, объем кислорода в газовой смеси (воздух и дымовые газы), которая подается в зону горения:

$$V(O_2) = 0,21 \cdot V_v + 0,14 \cdot V_d, \quad (1)$$

где V_v – объем подаваемого воздуха; V_d – объем подаваемых дымовых газов.

Так как объем газовой смеси постоянный, следовательно, объем подаваемого воздуха уменьшается на объем добавляемых дымовых газов:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{см}} - V_{\text{д}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{см}}$ – объем газовой смеси, которая подается в зону горения.

Тогда

$$V(O_2) = 0,21(V_{\text{см}} - V_{\text{д}}) + 0,14V_{\text{д}}. \quad (3)$$

Далее, преобразуя это уравнение, получим:

$$V(O_2) = 0,21 \cdot V_{\text{см}} - 0,07 V_{\text{д}}. \quad (4)$$

Объемная доля кислорода в газовой смеси

$$\varphi(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_{\text{см}}} = \frac{0,21V_{\text{см}} - 0,07V_{\text{д}}}{V_{\text{см}}},$$

$$\varphi(O_2) = 0,21 - \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{см}}} \cdot 0,07. \quad (5)$$

Соотношение $\frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{см}}}$ – это объемная доля дымовых газов в смеси, подаваемой в зону горения:

$$\varphi_{\text{д}} = \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{см}}}. \quad (6)$$

Тогда объемная доля кислорода в смеси

$$\varphi(O_2) = 0,21 - \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{см}}} [0,21 - \varphi_{\text{д}}(O_2)]. \quad (7)$$

На основании уравнения 7 можно рассчитать и управлять концентрацией кислорода в зоне горения в зависимости от доли дымовых газов в газовой смеси, зная подачу дымовых газов.

Для контроля температуры в зоне горения выведем уравнения зависимости изменения температуры ΔT от изменения доли дымовых газов, подаваемых в эту зону.

По экспериментальным данным, при подаче в зону горения первичного воздуха, когда $\varphi(O_2) = 0,21$, температура в слое подстилочного помета может увеличиваться до 800°C . Для снижения температуры до необходимого значения (450°C) требуется добавить в зону горения 50% дымовых газов. В этом случае $\varphi_{\text{д}} = 0,5$, а $\varphi(O_2)$ в смеси будет равна

$$\varphi(O_2) = 0,21 - 0,5 \cdot 0,07 = 0,175. \quad (8)$$

По этим данным видно, что снижение объемной доли O_2 на величину $\Delta\varphi(O_2)$, равную

$$\Delta\varphi(O_2) = 0,21 - 0,175 = 0,035,$$

приводит к снижению температуры на величину ΔT , равную

$$\Delta T = 800 - 450 = 350^{\circ}\text{C}.$$

Находим зависимость изменения температуры ΔT от изменения доли кислорода в смеси $\Delta\varphi(O_2)$:

$$\Delta T = \frac{350 \cdot \Delta\varphi(O_2)}{0,035} = 10000 \cdot \Delta\varphi(O_2). \quad (9)$$

Или

$$\Delta\varphi(O_2) = \frac{\Delta T}{10000}. \quad (10)$$

Изменения объемной доли кислорода $\Delta\varphi(O_2)$ можно определить по объемной доле дымовых газов $\varphi_{\text{д}}$ из уравнения 7:

$$\varphi(O_2) = 0,21 - 0,07 \cdot \varphi_{\text{д}},$$

где 0,21 – объемная доля кислорода в воздухе; $\varphi(O_2)$ – объемная доля кислорода в газовой смеси при объемной доле дымовых газов $\varphi_{\text{д}}$.

Тогда

$$\Delta\varphi(O_2) = 0,21 - \varphi(O_2).$$

Из уравнения (7) находим:

$$0,21 - \varphi(O_2) = 0,07 \varphi_{\text{д}},$$

То есть $\Delta\varphi(O_2) = 0,07 \varphi_{\text{д}}$. (11)

Из уравнений 7 и 9 получим

$$\frac{\Delta T}{10000} = 0,07 \varphi_{\text{д}},$$

$$\Delta T = 700 \cdot \varphi_{\text{д}}$$

Это уравнение позволяет рассчитать, на сколько градусов снизится температура при добавлении в определенной доле дымовых газов в воздушную смесь, которая подается в зону горения подстилочного помета.

На практике требуется поддерживать температуру в зоне горения не более 450°C . При увеличении температуры до T градусов надо будет снизить ее на величину ΔT , равную

$$\Delta T = T - 450^{\circ}\text{C}.$$

Представим это выражение в виде уравнения:

$$\Delta T = 700 \cdot \varphi_{\text{д}},$$

$$T - 450 = 700 \cdot \varphi_{\text{д}},$$

$$\varphi_{\text{д}} = \frac{T - 450}{700}. \quad (12)$$

Таким образом, получилась прямая зависимость, по которой можно рассчитать долю дымовых газов, которую необходимо подавать в зону горения при увеличении температуры выше допустимых 450°C .

Полученная формула может быть использована для регулирования температуры в зоне возможного спекания шлака за счёт разбавления подаваемого воздуха дымовыми газами. Для этого преобразуем ее в об-

щий вид. В уравнении 12 цифра 450 – это температура, при которой начинается образование шлака и выше которой нельзя допускать нагрев в зоне горения. Обозначим эту температуру T_{cr} . Коэффициент 700 получился при выводе уравнения 12 следующим образом:

$$0,07 \cdot 10000 = 700.$$

Цифра 0,07 получилась как разница: $0,21 - 0,14 = 0,07$, где 0,21 это объёмная доля кислорода в воздухе, а 0,14 доля кислорода в дымовых газах.

Поэтому в общем виде можно записать:

$$\varphi = \frac{T_3 - T_{сп}}{k_0 [0,21 - \varphi(O_2)_д]} \quad (13)$$

где φ – доля дымовых газов, которую надо добавить в подаваемый воздух, чтобы уменьшить температуру в зоне горения до той температуры, при которой не произойдёт спекание шлака; T_3 – температура в зоне спекания шлаков; $T_{сп}$ – температура спекания шлаков, для каждого вида материала подстилки может быть определена экспериментально; $k_0 = 10000$ – коэффициент, полученный по экспериментальным данным, °C/доля; 0,21 – доля кислорода в воздухе.

Выводы

Полученные выражения представляют собой аналитические зависимости для расчета доли дымовых газов, которые надо добавить в подаваемый воздух с целью уменьшения температуры в зоне горения, чтобы не произошло резкого воспламенения летучих веществ с выбросом теплоты, которое приводит к спеканию шлака. Зная температуры спекания в слое топлива, а также долю кислорода в газовой смеси, подаваемой в зону горения, и долю кислорода в уходя-

щих газах, можно обеспечить необходимые температурные режимы при сжигании любых местных видов топлива, имеющих в своем составе избыточное количество минеральных составляющих.

Применение данных аналитических выражений позволит также провести максимально точную настройку режимов работы оборудования по термической утилизации помета с подстилкой при монтаже в различных регионах в зависимости от условий кормления птицы, толщины слоя и типа подстилки.

Библиографический список

1. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Особенности сжигания подстилочного помета при термической утилизации // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 1 (65). С. 25-30.
2. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Особенности сжигания подстилочного помета в твердотопливных котлах // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 4 (20). С. 220-224.
3. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Термическая утилизация птичьего помета // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 32-33.
4. Иванов Ю.Г. и др. Экспериментальная установка для утилизации подстилочного помета и производства тепловой энергии // Труды 9-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» в 5 частях. Часть 3. «Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике». Москва, 21-22 мая 2014 г. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 243-247.
5. Канторович Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива. М.: Издательство Академии наук СССР, 1958. 601 с.

Статья поступила 18.01.2017

CALCULATING AIR SUPPLY FOR BURNING CHICKEN MANURE IN SOLID FUEL FIRED BOILERS

YURIY G. IVANOV, DSc (Eng)

E-mail: iy.electro@mail.ru

ANDREY L. DMITREVSKY, PhD (Eng)

E-mail: andrejj-dmitrevskijj@rambler.ru

ALBERT F. SHAFEEV

E-mail: shafeev.af@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper considers some aspects of thermal utilization of poultry litter on poultry farms. Currently, there are no existing models for burning dung litter. This is due to its physicochemical composition features, which must be taken into account when designing incinerators. The authors have proved that, when the set point of the burning temperature

is exceeded, there is slag formation on a rotary grate, which prevents its operation in the combustion chamber and the operation of the ash removal system. In this connection, the calculation of air supply to ensure the combustion of dung litter in solid fuel boilers should include the calculation of flue gases supply. The authors examine problems of calculating the volume fraction of oxygen in a mixture of air and flue gases supplied into the combustion zone and perform actual calculation of this fraction. The obtained analytical dependencies and coefficients will allow to lower the critical temperatures in the combustion zone to prevent uncontrolled ignition of volatile substances with a release of a significant amount of heat leading, in its turn, to sintering the slag on the grate and then stopping the equipment.

Key words: thermal recycling, dung burning, dung litter, flue gas recirculation, slag, dung disposal.

References

1. Ivanov YU.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Osobnosti szhiganiya podstilochnogo pometa pri termicheskoy utilizatsii [Peculiarities of incineration of dung litter during thermal utilization]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*. 2015. No. 1 (65). Pp. 25-30. (in Rus).

2. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Osobennosti szhiganiya podstilochnogo pometa v tverdotoplivnykh kotlakh [Features of incineration of dung litter in solid fuel boilers]. *Vestnik VNIIMZH*. 2015. No. 4 (20). Pp. 220-224. (in Rus).

3. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Termicheskaya utilizatsiya ptich'yego pometa [Thermal utilization of poultry dung]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2015. No. 9. Pp. 32-33. (in Rus).

4. Ivanov Yu.G. i dr. Eksperimental'naya ustanovka dlya utilizatsii podstilochnogo pometa i proizvodstva teplovoy energii [Experimental installation for utilization of dung litter and production of heat energy]: *Trudy 9-oy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Energoobespecheniye i energosberezheniye v sel'skom khozyaystve" v 5-ti chastyakh*. Part 3. "Energosberegayushchiye tekhnologii v zhivotnovodstve i statsionarnoy energetike: Moskva, 21-22 maya 2014. Moskva: GNU VIESKH, 2014. Pp. 243-247 (in Rus).

5. Kantorovich B.V. Osnovy teorii goreniya i gaziifikatsii tverdogo topliva [Fundamentals of the theory of combustion and gasification of solid fuels]. M.: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 1958. 601 p. (in Rus).

Received on January 18, 2017

УДК 621(075.8)

ПАВЛОВ АЛЕКСАНДР ЕГОРОВИЧ, канд. физ.-мат. наук, доцент

E-mail: alexpavlov60@mail.ru

ПАВЛОВА ЛАРИСА АЛЕКСАНДРОВНА, доцент

E-mail: krasilnikowa.larisa2011@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,

ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

КАЛИБРОВКА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Сортирование клубней по размерам является важной частью процесса послеуборочной и предпосадочной обработки картофеля. Процесс калибрования картофеля является вероятностным по своему характеру. Поэтому задача о нахождении вероятности прохождения клубня сквозь щелевые отверстия сита картофелесортировки имеет большую практическую значимость. Методом исследования является геометрическая и комбинаторная теория вероятностей, служащие математическим аппаратом изучения случайных процессов. В качестве модели клубня рассмотрен трёхосный эллипсоид, падающий вертикально вниз на горизонтальную сетку. Клубень может пройти, не коснувшись сетки, если его проекция на горизонтальную плоскость, являющаяся эллипсом, впишется в ячейку сетки. В представленной авторами работе получены аналитические формулы вероятности прохождения клубня картофеля сквозь щелевые отверстия. Разработан комбинаторный подход для решения обобщённой проблемы Бюффона. Найденная формула пригодна также для случая клубней, форма которых отличается от эллиптической. При определённых условиях постановки эксперимента, в пределе большого числа испытаний, частотность появления событий

может быть принята в качестве вероятности. Поэтому найденные авторами формулы можно проверить на практике. В работе авторов знаменитая задача Жоржа Бюффона из математической теории вероятностей о бросании иглы на расчерченные параллельные полосы получила обобщение на различные, представляющие практический интерес случаи.

Ключевые слова: калибровка картофеля по размеру, эллипсоид, задача Бюффона, вероятность пересечения эллипсом параллельных линий.

Введение. Сортирование клубней по размерам является важной частью процесса послеуборочной и предпосадочной обработки картофеля [1]. Точное калибрование семенного картофеля по размеру клубней обеспечит надежную работу картофелепосадочных машин и дружные всходы, улучшит качество ухода за посадками и в конечном счёте увеличит урожайность. К сортирующим устройствам предъявляются требования точности калибрования. Математическая модель процесса разделения картофеля на фракции позволит совершенствовать конструкции сортирующих устройств, повысить их надёжность и эффективность.

Процесс калибрования картофеля является вероятностным по своему характеру. Поэтому задача о нахождении вероятности прохождения клубня сквозь щелевые отверстия сита картофелесортировки имеет не только практическую значимость [2], но и приводит к моделям, представляющим теоретико-вероятностный интерес [3].

Цель работы – получить аналитические формулы вероятности прохождения клубня через щелевые отверстия.

Методом исследования является геометрическая теория вероятностей, служащая математическим аппаратом изучения случайных процессов.

Результаты и обсуждение. Пусть эталонный клубень – эллипсоид, длины полуосей которого A, B, C , падает вертикально вдоль оси Oz (рис. 1) на горизонтальную сетку.

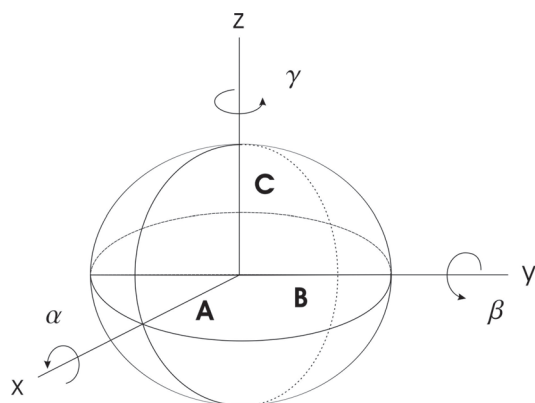


Рис. 1. Распределение случайных величин α, β, γ - углов поворота тела вокруг осей координат является равномерным

Клубень может пройти сквозь сито, не коснувшись сетки, если его проекция на горизонтальную плоскость Oxy , являющаяся эллипсом, впишется

в ячейку сетки. Найдем усреднённые характеристики – длины полуосей (a, b) этого эллипса. Пусть главные оси эллипсоида направлены по осям декартовой системы координат. В исходном положении проекцией эллипсоида на горизонтальную плоскость является эллипс с длинами полуосей A и B (рис. 1). Ориентация эллипсоида при падении может быть произвольной. Предполагается, что распределение случайных величин α, β, γ - углов поворота тела вокруг осей координат является равномерным. Углы изменяются в интервалах: $0 \leq \alpha \leq \pi / 2, 0 \leq \beta \leq \pi / 2, 0 \leq \gamma \leq \pi / 2$. Если повернуть эллипсоид вокруг оси Ox на угол α , длина полуоси его проекции OB' (рис. 2) будет равна (в статье [4] эта формула получена интегрированием кинематической связи):

$$OB' = \sqrt{B^2 \cos^2 \alpha + C^2 \sin^2 \alpha} = B\sqrt{1 - k_1^2 \sin^2 \alpha}, \quad (1)$$

где $k_1^2 \equiv (B^2 - C^2) / B^2$ – квадрат эксцентриситета эллипса.

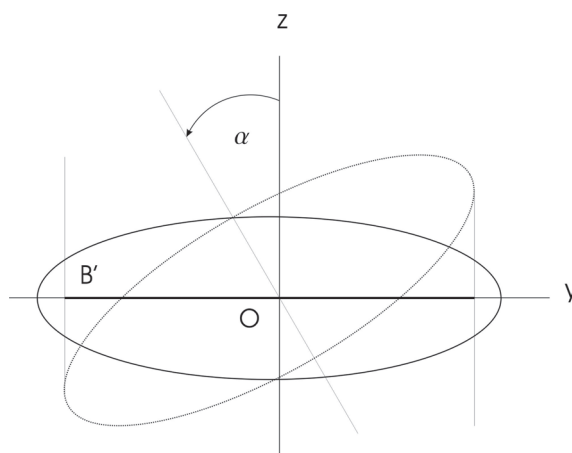


Рис. 2. Поворот эллипсоида вокруг оси Ox на угол α

Если повернуть эллипсоид вокруг оси Oy на угол β , изменится длина полуоси его проекции OA' (рис. 3):

$$OA' = \sqrt{A^2 \cos^2 \beta + C^2 \sin^2 \beta} = A\sqrt{1 - k_2^2 \sin^2 \beta}, \quad (2)$$

где $k_2^2 \equiv (A^2 - C^2) / A^2$ – квадрат эксцентриситета эллипса.

Поворот эллипсоида вокруг оси Oz на угол γ меняет ориентацию его проекции, не изменяя формы. Найдем теперь усреднённые характеристики: мате-

математические ожидания величин OB' (1) и OA' (2) – длин полуосей эллипса, лежащего в плоскости Oxy . Получаем

$$a \equiv \langle OA' \rangle = A\sqrt{1 - k_2^2} / 2, \quad b \equiv \langle OB' \rangle = B\sqrt{1 - k_1^2} / 2,$$

поскольку средние значения углов α, β равны $\pi/4$.

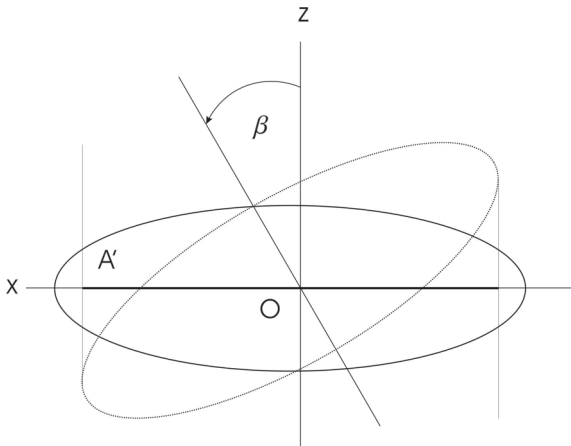


Рис. 3. Поворот эллипсоида вокруг оси Oy на угол β

Сформулируем и решим обобщённую проблему Бюффона [5]. На горизонтальной плоскости начерчены параллельные прямые, отстоящие друг от друга на расстоянии $2l$. На эту плоскость наудачу бросается эллипс, длины полуосей которого a и b ($a \geq b$). Найти вероятность пересечения эллипсом хотя бы одной из этих прямых. Положение эллипса, с точностью до выбора конкретной прямой, зададим парой чисел $(y_C; \theta)$. Здесь y_C – расстояние от центра эллипса C до прямой L_1 , а θ – угол отклонения эллипса от вертикали (рис. 4).

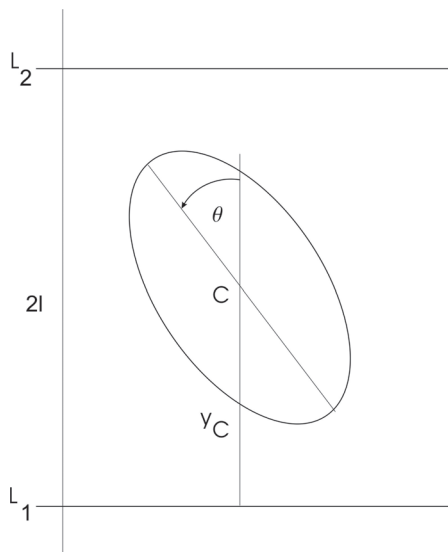


Рис. 4. Положение эллипса, задаваемое парой чисел $(y_C; \theta)$

Пересечение эллипса с нижней прямой L_1 происходит в том и только в том случае, когда

$$y_C \leq a\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta}, \quad (3)$$

где $k^2 \equiv (a^2 - b^2) / a^2$ – квадрат эксцентриситета эллипса. Пересечение эллипса с верхней прямой L_2 происходит в случае

$$y_C \geq 2l - a\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta}. \quad (4)$$

Определим пространство элементарных событий Ω :

$$\Omega = \{(y_C, \theta) : 0 \leq \theta \leq \pi / 2, 0 \leq y_C \leq l\}$$

и пространство благоприятных событий D (показано штриховкой):

$$D = \{(y_C, \theta) : y_C \leq a\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta}\}.$$

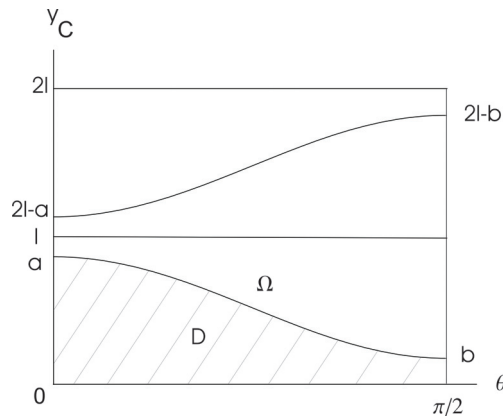


Рис. 5. Определение пространства элементарных событий Ω и пространства благоприятных событий D

Найдём площадь S_D области D в пространстве элементарных событий Ω :

$$S_D = a \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta} d\theta = aE(k^2), \quad (5)$$

где $E(k^2)$ – полный эллиптический интеграл второго рода с параметром k^2 . Площадь S_D пространства элементарных событий Ω равна $S_D = (\pi/2) l$.

Вероятность P попадания в область D находим по формуле геометрической вероятности как отношение площадей вероятностных событий [6]:

$$P = \frac{S_D}{S_\Omega} = \frac{4aE(k^2)}{2\pi l}. \quad (6)$$

Заметим, что полученная формула представляет отношение длин: в числителе дроби стоит периметр эллипса, а в знаменателе – длина окружности радиуса l .

Остановимся на частных случаях. Если $a = b$, эксцентриситет эллипса равен нулю: $k = 0$ – эллипс представляет собой окружность. Получим из (6) вероятность пересечения окружности радиуса $r \equiv a$ с прямой $P = r/l$.

Если $k = 1$, эллипс вырождается в отрезок длиной $2a \equiv 2r$. Тогда площадь пространства благоприятных событий будет равна

$$S_D = r \int_0^{\pi/2} \cos \theta d\theta = r,$$

а искомая вероятность равна $P = 2r / \pi l$. Получается формула Бюффона [7].

Соотношение между параметрами эллипса и расстоянием между прямыми может оказаться таким, что эллипс может пересечь одновременно обе прямые L_1 и L_2 . В этом случае области благоприятных событий на рисунке 6 пересекаются.

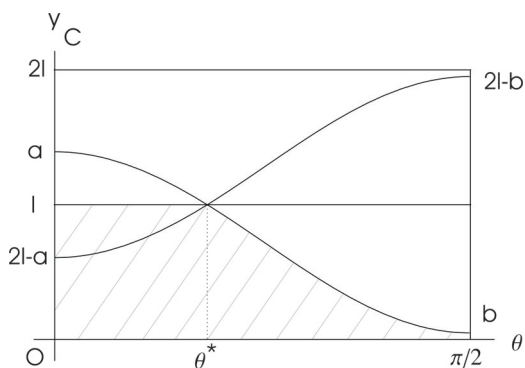


Рис. 6. Пересечение областей благоприятных событий

Из условия пересечения кривой $y_c = a\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta}$ с прямой $y_c = l$ найдём критический угол θ^* , когда эллипс касается одновременно прямых L_1 и L_2 :

$$\theta^* = \arcsin \sqrt{\frac{a^2 - l^2}{a^2 - b^2}}. \quad (7)$$

Вычислим теперь площадь S_D благоприятных событий:

$$S_D = l\theta^* + a \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta} d\theta = l\theta^* + aE(k^2) - aE(\theta^*, k^2),$$

где $E(\theta^*, k^2)$ – неполный эллиптический интеграл второго рода. Искомая вероятность будет равна

$$P = \frac{2}{\pi} \theta^* + \frac{2a}{\pi l} E(k^2) - \frac{2a}{\pi l} E(\theta^*, k^2). \quad (8)$$

Разработаем комбинаторный подход для решения обобщённой проблемы Бюффона и получим формулу (6) другим способом. Аппроксимируем эллипс выпуклым многоугольником с бесконечно возрастающим в пределе числом сторон. Если этот

n -угольник пересекается с прямой линией, то пересечение происходит по каким-либо двум сторонам. Событие A , состоящее в том, что многоугольник пересечёт одну прямую, представляется в виде суммы попарно несовместных событий:

$$A = (A_{12} + A_{13} + \dots + A_{1n}) + (A_{23} + A_{24} + \dots + A_{2n}) + \dots + (A_{n-2,n-1} + A_{n-2,n}) + A_{n-1n},$$

где через A_{ij} обозначено событие, состоящее в пересечении прямой линии с i -й и j -й сторонами многоугольника (рис. 7).

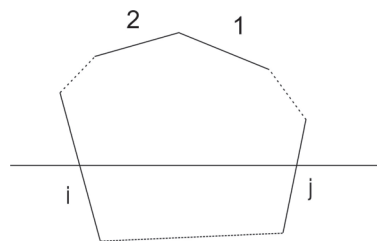


Рис. 7. Событие A_{ij} , состоящее в пересечении прямой линии с i -й и j -й сторонами многоугольника

Представим событие A в эквивалентной форме:

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n A_{ij}, \quad (9)$$

где суммирование ведётся по обоим индексам. Вероятность суммы попарно несовместных событий находим по теореме сложения вероятностей:

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n P_{ij}, \quad (10)$$

где $P_{ij} = P_{ji}$ есть вероятность пересечения прямой с i -й и j -й сторонами многоугольника. Сумма $\sum_{j=1}^n P_{ij}$ есть вероятность пересечения прямой с i -й стороной многоугольника. Длину этой стороны обозначим как $2L_i$. Из формулы Бюффона найдем эту вероятность:

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = \frac{2L_i}{\pi l}. \quad (11)$$

Производя суммирование в (10) по второму индексу, получаем искомую вероятность P :

$$P = \frac{1}{2\pi l} \sum_{i=1}^n 2L_i = \frac{L}{2\pi l}, \quad (12)$$

где L – периметр многоугольника.

Из полученной формулы видим, что вероятность P не зависит ни от числа сторон, ни от длин сторон многоугольника. В формулу входит только периметр L многоугольника. Формула (12) пригодна и для случая, когда форма клубня не является эллиптической. На практике клубень картофеля не является идеальным эллипсоидом. Его проекция представляет собой

некую ломаную линию. Значит, формула (12) обладает непосредственной практической ценностью.

Во многих задачах, возникающих в механизации сельского хозяйства, влияние случайных факторов является неотъемлемой характерной особенностью самого изучаемого явления. Разработкой методов анализа для описания влияния случая занимается теория вероятностей. Согласно теореме Бернулли [8], при определённых условиях постановки эксперимента, в пределе большого числа испытаний, частота появления событий может быть принята в качестве вероятности.

Выводы

Используя методы геометрической теории вероятностей, получены формулы (6), (8) и (12) для вычисления вероятности прохождения клубня картофеля сквозь щелевые сита картофелесортировки. Выведенные в работе формулы помогут конструкторам сельскохозяйственной техники обеспечить выполнение современных требований точности калибрования.

Библиографический список

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. М.: Машиностроение, 1984. 320 с.
2. Ерохин М.Н. Детали машин и основы конструирования. М.: КолосС, 2005. 464 с.
3. Павлов А.Е., Павлова Л.А. Эллиптические функции в задачах теоретической механики. Ижевск: Изд-во ИжГСХА, 2007. 132 с.
4. Павлов А.Е. Плоскопараллельное качение эллипсоида по плоскости и цилиндру // Проблемы механики и управления: нелинейные динамические системы. Пермь, 2004. № 6. Вып. 36. С. 94-118.
5. Канаев И.И. Жорж Луи Леклер де Бюффон. 1707-1781. М.; Л.: Наука, 1966. 266 с.
6. Секей Г. Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике. М.: Мир, 1990. 240 с.
7. Кендалл М., Моран П. Геометрические вероятности. М.: Наука, 1972. 192 с.
8. Павлов А.Е., Павлова Л.А. Элементы математической статистики. Ижевск: Изд-во ИжГСХА, 2010. 83 с.

Статья поступила 17.01.2017

POTATO TUBER CALIBRATION

ALEKSANDR Ye. PAVLOV, PhD (Math), Associate Professor

E-mail: alexpavlov60@mail.ru

LARISA A. PAVLOVA, Associate Professor

E-mail: krasilnikowa.larisa2011@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, 127550, Moscow, Russian Federation

Sorting of tubers by size is an important part of post-harvest and pre-plant potato processing. The process of potato calibration is probabilistic by its nature. Therefore, the problem of finding the probability of tuber passing through slotted holes in a potato sorting sieve is of great practical significance. The research method is the geometric and combinatorial probability theory serving as a mathematical apparatus for studying random processes. The authors consider a three-axis ellipsoid as a tuber model, which falls vertically downwards on a horizontal grid. A tuber is supposed to pass without touching the grid if its projection onto the horizontal elliptical plane will fit into the grid cell. The considered paper provides analytical formulas for calculating the probability of potato tuber passing through the grid cells. A combinatorial approach is developed to solve the generalized Buffon problem. The formula found is also suitable for the case of tubers, the shape of which differs from the elliptical one. Under certain experimental setting conditions within the limit of a large number of tests, the event occurrence frequency can be considered as a probability. Therefore, the formulas found by the authors can be verified in practice. In their research, they analyze the famous problem of Georges Buffon from the mathematical theory of probability, namely, throwing a needle onto drawn parallel strips and generalize it to various cases of practical interest.

Key words: potato calibration by size, ellipsoid, Buffon problem, probability of ellipse intersection of parallel lines.

References

1. Petrov G.D. Kartofeleuborochnyye mashiny [Potato harvesters]. M.: Mashinostroyeniye, 1984. 320 p. (in Rus).

2. Yerokhin M.N. Detali mashin i osnovy konstruirovaniya [Machine parts and design basics]. M.: KolosS, 2005. 464 p. (in Rus).

3. Pavlov A. Ye., Pavlova L.A. Ellipticheskiye funktsii v zadachakh teoreticheskoy mekhaniki [El-

liptic functions in problems of theoretical mechanics]. Izhevsk: Izd-vo IzhGSKhA, 2007. 132 p. (in Rus).

4. Pavlov A. Ye. Ploskoparallel'noye kachenije ellipsoida po ploskosti i tsilindru [Plane-parallel rolling of an ellipsoid along a plane and a cylinder] *Problemy mekhaniki i upravleniya: nelineynyye dinamicheskiye sistemy*. Perm', 2004. No. 6. Issue 36. Pp. 94-118. (in Rus).

5. Kanayev I.I. Zhorzh Lui Lekler de Byuffon [Georges Louis Leclerc de Buffon]. 1707-1781. M.; L.: Nauka, 1966. 266 p. (in Rus).

6. Sekey G. Paradoksy v teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [Paradoxes in probability theory and mathematical statistics]. M.: Mir, 1990. 240 p. (in Rus).

7. Kendall M., Moran P. Geometricheskiye veroyatnosti [Geometric probabilities]. M.: Nauka, 1972. 192 p. (in Rus).

8. Pavlov A. Ye., Pavlova L.A. Elementy matematicheskoy statistiki [Elements of mathematical statistics]. Izhevsk: Izd-vo IzhGSKhA, 2010. 83 p. (in Rus).

Received on January 17, 2017

УДК 636

ИГНАТКИН ИВАН ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация

СПОСОБ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА В КОРОВНИКАХ

Описана технология осушения воздуха в комплексах крупного рогатого скота (КРС). Микроклимат оказывает значительное влияние на продуктивность КРС. Так максимальные удои коровы наблюдаются в температурном диапазоне +5...+20 градусов Цельсия. При температурах ниже -20 градусов Цельсия корова молока не дает. При снижении температуры на каждые 5 градусов Цельсия расход корма увеличивается приблизительно на 8%. При высокой относительной влажности воздуха в производственных помещениях (более 75%) удои коровы снижается на 35% и на 20% повышается расход корма; привесы снижаются на 30% и повышается расход корма у КРС на откорме. В попытке «сэкономить» производители продукции КРС занижают воздухообмены в отопительный период. Такая «экономия» неминуемо приводит к ухудшению микроклимата, а следовательно, негативно сказывается на продуктивности животных. В условиях сложившегося производства устанавливать систему отопления представляется капиталоемкой и хлопотной задачей. Компания ООО «АгроПроектИнвест», расположенная в Липецкой области, предлагает применить систему рекуперации тепла с целью обеспечения необходимого микроклимата без затрат на отопление, а именно поддерживать нормативную относительную влажность воздуха (75...40%); снизить концентрацию углекислого газа на 0,15%; сэкономить около 200 кВт отопительной мощности для коровника на 600 гол.

Ключевые слова: вентиляция, микроклимат, осушение воздуха, рекуперация теплоты, скотоводство, система микроклимата, система отопления и вентиляции, утилизация теплоты, энергосбережение.

Введение. Обеспечение требуемого микроклимата – одна из наиболее важных задач на пути снижения себестоимости молока и говядины.

Микроклимат значительно влияет на продуктивность животных. В частности, максимальные удои коровы наблюдаются в температурном диапазоне +5...+20°C, а за пределами этой зоны удои снижаются. При температурах ниже -20°C корова молока не дает. Максимальные привесы КРС наблюдаются в зоне температур 0...+25°C, а за пределами этого диапазона привесы снижаются. В то же время наблюдается практически линейная зависимость по-

вышения расхода корма с понижением температуры воздуха. Так при снижении температуры на каждые 5°C расход корма увеличивается приблизительно на 8%. При высокой относительной влажности воздуха в производственных помещениях (> 75%) удои коровы снижается на 35% и на 20% повышается расход корма; привесы снижаются на 30% и повышается расход корма у КРС на откорме [1-7].

КРС комфортно себя чувствует при температуре +10°C, и если запереть окна и двери, тепловыделений животных вполне будет достаточно для обеспечения указанного температурного режима.

Однако животные остро реагируют на повышенную относительную влажность воздуха, что обязывает поддерживать необходимый воздухообмен.

В структуре теплового баланса современного хорошо утепленного коровника на 600 голов (стены и кровля из сэндвич-панелей 100 и 200 мм соответственно, вентиляционные проемы закрыты надувными шторами) основные потери теплоты приходятся на нагрев вентиляционного воздуха. Так, при обеспечении нормативной относительной влажности 75% и температуры 10°C на вентиляцию приходится 388 кВт (76%), потери через ограждающие конструкции составляют 89 кВт (17%), потери на испарение влаги со смоченных поверхностей – 35 кВт (7%).

В попытке сократить издержки производители занижают воздухообмены в отопительный период. Такая «экономия» неминуемо приводит к ухудшению микроклимата, а следовательно, негативно сказывается на продуктивности животных и в конечном итоге – на себестоимости продукции [8-10].

В условиях сложившегося производства устанавливать систему отопления представляется капиталоемкой задачей.

Цель исследований – применение системы рекуперации тепла для обеспечения необходимого микроклимата без затрат на отопление.

Материал и методы. В рекуперативном теплообменнике теплопередача осуществляется через разделяющую стенку, что исключает смешивание вытяжного и приточного воздуха. В результате теплообмена приточный воздух подогревается за счет теплоты вытяжного [11-13].

В наиболее холодный период года при температурах ниже минус 10°C возможно охлаждение теплообменной стенки до отрицательных температур, в таких условиях конденсат обмерзает. Для возобновления работоспособности установка переключается

в режим оттаивания, при этом выключается приточный вентилятор, отсекая источник холода, заслонка перекрывает вытяжной канал, и теплый воздух, проходя через теплообменник, оттаивает его. Влага вытяжного воздуха конденсируется, что приводит к его осушению. Образовавшаяся жидкость под действием гравитации стекает в поддон и удаляется через конденсатоотводчик в систему канализации. Осушенный воздух направляется обратно в помещение. С конденсатом в систему канализации удаляются растворенные в нем газы (особенно хорошо растворяется аммиак), что благоприятно сказывается на микроклимате помещения. Полностью оттаявшая установка переключается в режим рекуперации.

Результаты и обсуждение. При установке в коровник на 600 голов, расположенный в Липецкой области, четырех рекуператоров производительностью 6000 м³/ч мы обеспечим заданный микроклимат. В наиболее холодный период года половина рекуператоров будет работать в режиме рекуперации, вторая – в режиме оттаивания (осушения воздуха).

Расчет проведен из условия обеспечения в коровнике температуры 10°C, в качестве примера приведены данные по относительной влажности и концентрации углекислого газа в коровнике при поддержании в нем температуры 5°C (рис. 1, 2).

Данные расчетов отчетливо демонстрируют, что при использовании системы осушения воздуха относительная влажность воздуха поддерживается в нормативных пределах 75...40%, без осушения воздуха значение относительной влажности превышает допустимое значение в среднем на 10...20% и достигает допустимых значений только при температурах выше минус 13°C и минус 20°C при температурах внутреннего воздуха 5 и 10°C соответственно.

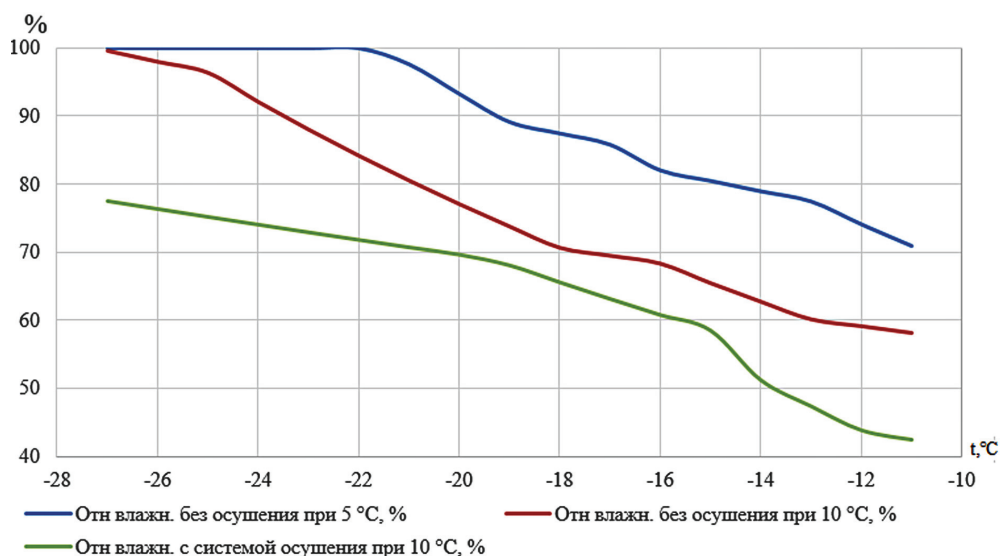


Рис. 1. Зависимость относительной влажности воздуха от наружной температуры

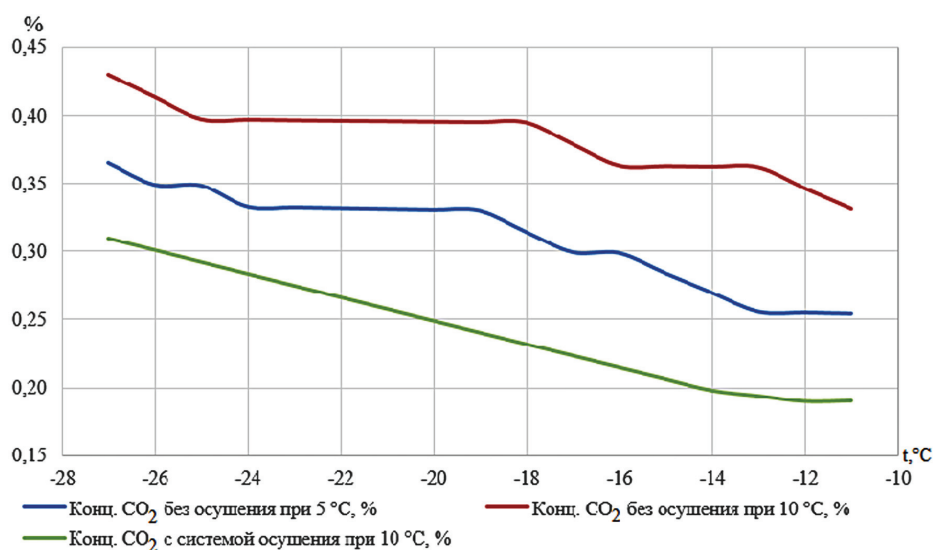


Рис. 2. Зависимость концентрации CO₂ от наружной температуры

Концентрация углекислого газа при использовании системы осушения воздуха в среднем ниже на 20 и 45% при температурах внутреннего воздуха 5 и 10°C соответственно.

Для обеспечения описанных параметров микроклимата без применения системы осушения воздуха потребовалось бы дополнительно порядка 200 кВт тепловой мощности.

Выводы

Система осушения воздуха позволяет:

- поддерживать нормативную относительную влажность воздуха (75...40%) без затрат на отопление;
- снизить концентрацию углекислого газа на 0,15%;
- сэкономить около 200 кВт отопительной мощности для коровника на 600 голов в Липецкой области.

Библиографический список

1. РД-АПК 1.10.01.02-10 Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М.: Минсельхоз РФ, 2011. 109 с.
2. Механизация и автоматизация животноводства / В.В. Кирсанов, Ю.А. Симарев, Р.Ф. Филонов: Учебник. М., 2004. Сер. Среднее профессиональное образование. Сельское хозяйство. 398 с.
3. Механизация и технология животноводства / В.В. Кирсанов, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич, В.В. Шевцов, Р.Ф. Филонов: Учебник. М., 2013. Сер. Высшее образование – бакалавриат. 585 с.
4. Игнаткин И.Ю., Курячий М.Г. Системы вентиляции и влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней // Вестник НГИЭИ. 2012. № 10 (17). С. 16-34.
5. Ильин И.В. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней / И.В. Ильин,

И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Перспективное свиноводство: теория и практика. 2011. № 3. С. 21.

6. Архипцев А.В., Игнаткин И.Ю. Автоматизированная система микроклимата с утилизацией теплоты вытяжного воздуха // Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). С. 5-14.

7. Тихомиров Д.А. Энергосберегающие электрические системы и технические средства теплообеспечения основных технологических процессов в животноводстве: Дис. ...д-ра техн. наук. М., 2015.

8. Игнаткин И.Ю. Технологии проектирования и строительства свиноводческих комплексов в различных климатических условиях / И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий, А.М. Бондарев, А.А. Путан // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 237-245.

9. Ильин И.В. Опыт проектирования систем отопления и вентиляции на свиноводческих фермах и комплексах / И.В. Ильин, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Эффективное животноводство. 2011. № 6. С. 40-42.

10. Архипцев А.В. Эффективная система вентиляции / А.В. Архипцев, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Вестник НГИЭИ 2013. № 8 (27). С. 10-15.

11. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: Ан. обзор / Н.П. Мишуров, Т.Н. Кузьмина. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 96 с.

12. Ильин И.В. Рекуперация теплоты в свиноводстве / И.В. Ильин, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий, А.М. Бондарев // Эффективное животноводство. 2015. № 9 (118). С. 40-41.

13. Игнаткин И.Ю. Анализ эффективности применения рекуператоров теплоты УТ-6000С, УТ-3000 в системе микроклимата секции откорма на 300 голов свиного комплекса «Фирма Моргадель» // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 1 (17). С. 107-111.

Статья поступила 6.03.2017

METHOD OF DRYING AIR IN COWSHEDS

IVAN Yu. IGNATKIN, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, 2nd Baumanskaya str., 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation

The paper outlines the technology of air drying in cattle breeding facilities. The microclimate has a significant impact on the productivity of cattle. So the maximum milk yield of a cow is observed in a temperature range of +5...+20 degrees Celsius. At temperatures below –20 degrees Celsius, a cow does not give milk. When the temperature drops by every 5 degrees Celsius, the feed consumption increases by approximately 8%. At high relative air humidity in industrial premises (more than 75%) milk yield is reduced by 35% and feed consumption is increased by 20%; the weight gain is reduced by 30% and the feed consumption by fattened cattle is increased. Attempting to “save” cattle producers decrease air exchange in a heating season. Such “saving” inevitably leads to microclimate deterioration, and consequently, negatively affects the livestock productivity. In the existing production conditions, installing a heating system is rather a capital-intensive and troublesome task. The company “AgroProjectInvest” LLC located in the Lipetsk region proposes to apply a heat recovery system to ensure the necessary microclimate conditions without heating costs, namely, to maintain the normative relative humidity (75...40%), reduce the concentration of carbon dioxide by 0.15%, and save about 200 kW of heating capacity for a 600-head cowshed.

Key words: ventilation, microclimate, air dehumidification, heat recovery, cattle breeding, microclimate control system, heating and ventilation system, heat utilization, energy saving.

References

1. RD-APK 1.10.01.02-10 Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu ferm i kompleksov krupnogo rogatogo skota [RD-APK 1.10.01.02-10 Methodological recommendations on technological design of cattle farms and complex facilities]. M.: Minsel'khos RF, 2011. 109 p. (in Rus).
2. Kirsanov V.V., Simarev Yu.A., Filonov R.F. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodstva [Mechanization and automation of animal husbandry]. Moscow, 2004. 398 p. (in Rus).
3. Kirsanov V.V., Murusidze D.N., Nekrashevich V.F., Shevtsov V.V., Filonov R.F. Mekhanizatsiya i tekhnologiya zhivotnovodstva [Mechanization and technology of animal husbandry]. Moscow, 2013. 585 p. (in Rus).
4. Ignatkin I. Yu., Kuryachiy M.G. Sistemy ventilyatsii i vliyaniye parametrov mikroklimate na produktivnost' sviney [Ventilation systems and the effect of microclimate parameters on the productivity of pigs]. *Vestnik NGIEI*. 2012. No. 10 (17). Pp. 16-34. (in Rus).
5. Il'in I.V., Ignatkin I.YU., Kuryachiy M.G. Vliyaniye parametrov mikroklimate na produktivnost' sviney [Influence of microclimate parameters on the productivity of pig]. *Perspektivnoye svinovodstvo: teoriya i praktika*. 2011. No. 3, P. 21. (in Rus).
6. Arkhiptsev A.V., Ignatkin I.YU. Avtomatizirovannaya sistema mikroklimate s utilizatsiyey teploty vytyazhnogo vozdukh [Automated system of microclimate with utilization of exhaust air heat]. *Vestnik NGIEI*. 2016. No. 4 (59). Pp. 5-14. (in Rus).
7. Tikhomirov D.A. Energoberegayushchiye elektricheskiye sistemy i tekhnicheskiye sredstva teploobespecheniya osnovnykh tekhnologicheskikh protsessov v zhivotnovodstve: dis. ...d-ra tekhn. Nauk [Energy-saving electrical systems and technical means of heat supply of basic technological processes in animal husbandry: PhD (Eng) thesis self-review]. M., 2015. (in Rus).
8. Ignatkin I.Yu. Kuryachiy M.G., Bondarev A.M., Putan A.A. Tekhnologii proyektirovaniya i stroitel'stva svinovodcheskikh kompleksov v razlichnykh klimaticheskikh usloviyakh [Technologies of designing and construction of pig-breeding complex facilities in different climatic conditions]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2015. No. 4 (14). Pp. 237-245. (in Rus).
9. Il'in I.V., Ignatkin I.Yu., Kuryachiy M.G. Opyt proyektirovaniya sistem otopeniya i ventilyatsii na svinovodcheskikh fermakh i kompleksakh [Experience in designing heating and ventilation systems in pig farms and complex facilities]. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2011. No. 6. Pp. 40-42. (in Rus).
10. Arkhiptsev A.V., Ignatkin I.Yu., Kuryachiy M.G. Effektivnaya sistema ventilyatsii [Effective ventilation system]. *Vestnik NGIEI*. 2013. No. 8 (27). Pp. 10-15. (in Rus).
11. Mishurov N.P., Kuz'mina T.N. Energoberegayushcheye oborudovaniye dlya obespecheniya mikroklimate v zhivotnovodcheskikh pomeshcheniyakh: An. Obzor [Energy-saving equipment for providing microclimate in cattle-breeding premises: Analytical review]. M.: FGNU “Rosinformagrotekh”, 2004. 96 p. (in Rus).

12. Il'in I.V., Ignatkin I.YU., Kuryachiy M.G., Bondarev A.M. Rekuperatsiya teploty v svinovodstve [Heat recovery in pig breeding]. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2015. No. 9 (118). Pp. 40-41. (in Rus).

13. Ignatkin I.Yu. Analiz effektivnosti primeneniya rekuperatorov teploty UT-6000S, UT-3000 v sisteme mikroklimata sektsii otkorma na 300 golov svinokom-

pleksa "Firma Mortadel" [Analysis of the efficiency of heat recuperators UT-6000S, UT-3000 in the microclimate system of the fattening section for 300 heads of the "Mortadel Firm" pig breeding enterprise]. *Vestnik VNIIMZH*. 2015. No. 1 (17). Pp. 107-111. (in Rus).

Received on March 6, 2017

УДК 629.017

ЩИГОЛЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ

E-mail: sergeysch127@mail.ru

ЛОМАКИН СЕРГЕЙ ГЕРАСИМОВИЧ, канд. техн. наук, профессор

E-mail: irina17-12-69@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА КОЛЕСА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА, НАХОДЯЩЕГОСЯ НА ПОПЕРЕЧНОМ СКЛОНЕ

Способность сохранять свое устойчивое положение в различных условиях эксплуатации влияет на безопасность работы самоходных сельскохозяйственных машин. Одной из характеристик, определяющих указанное свойство, является угол поперечной статической устойчивости. На величину угла поперечной статической устойчивости машины в определенной степени влияет деформация шин, которая, в свою очередь, зависит от приходящихся на них нагрузок. Для определения нагрузок, действующих на колеса комбайна, разработали расчетную схему, в соответствии с которой вывели аналитические зависимости для определения действующих сил. Полученные расчетные данные показывают, что нагрузки, действующие на колеса ведущего и управляемого мостов, при боковом крене изменяются непропорционально. Это обусловлено применением в качестве элемента подвески, отвечающего за приспособляемость машины к условиям рельефа, моста управляемых колес балансирующего типа. В результате под действием составляющей веса задней части комбайна, действующей вдоль склона, создается момент сил, приводящий к перераспределению нагрузок между колесами ведущего моста. Сделан вывод о влиянии балансирующей подвески моста управляемых колес на особенности перераспределения нагрузки между колесами машины и безопасность ее эксплуатации.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, трактор, поперечная устойчивость, балансирующий мост управляемых колес, центр масс, деформация шины, нагрузка на колеса.

Введение. Способность сохранять свое устойчивое положение в различных условиях эксплуатации влияет на безопасность работы самоходных сельскохозяйственных машин. Одной из характеристик, определяющих указанное свойство, является угол поперечной статической устойчивости [1].

Ходовая часть значительного количества сельскохозяйственных машин (таких как кормо- и зерноуборочные комбайны, тракторы) не имеет подпрессоренных элементов. Снижение нагрузки на раму у таких машин, а также обеспечение возможности копирования рельефа поля при движении достига-

ется установкой моста управляемых колес балансирующего типа.

Как известно [2], значение угла поперечной статической устойчивости для машин с балансирующим мостом управляемых колес зависит от высоты (h_0) расположения шарнира подвеса моста управляемых колес над опорной поверхностью, вертикальной (h_c) и горизонтальной (c) координат центра масс машины, величин колеи (b) ведущих колес и продольной базы (l) ходовой части.

Кроме рассмотренных параметров, на величину угла устойчивости влияет деформация шин, поскольку она может вызвать смещение центра

масс (ЦМ) машины, что изменит соотношение значений опрокидывающего и стабилизирующего моментов сил, участвующих в процессе потери устойчивости. На величину деформации шин значительное влияние оказывает нагрузка, приходящаяся на колесо.

Цель исследования – рассмотреть влияние балансирной подвески моста управляемых колес к раме комбайна на особенности перераспределения нагрузок между колесами мостов при поперечном крене самоходных сельскохозяйственных машин.

Материал и методы. В статье рассмотрены особенности перераспределения нагрузок между колесами зерноуборочного комбайна при его поперечном крене.

Результаты и обсуждение. При поперечном крене машины шины противоположных бортов испытывают разную нагрузку, что приводит к неодинаковому изменению высоты их профиля и боковой (поперечной) деформации.

Обычно в литературе рассчитывают реакции опорной поверхности не на отдельные колеса, а определяют ее для колес одного борта [3, 4]. Иногда учитывают перераспределение нагрузки между колесами разных мостов [5]. В соответствии с этими методиками нагрузка на колеса мостов зависит от сил тяжести, приходящихся на ведущий (G_a) и управляемый (G_y) мосты, высоты приложения этих сил

(h_b и h_y) над опорной поверхностью и ширины колеи ведущих и управляемых колес (b_b и b_y). Для определения нормальных реакций опорной поверхности на колеса ведущего моста (R_b) и моста управляемых колес (R_y) будут использоваться выражения (знак «+» – для колеса, находящегося ниже по склону; знак «-» – для колеса, находящегося выше по склону):

$$R_y = G_y \left(0,5 \cos \alpha \pm \frac{h_y}{b_y} \sin \alpha \right), \quad (1)$$

$$R_b = G_b \left(0,5 \cos \alpha \pm \frac{h_b}{b_b} \sin \alpha \right). \quad (2)$$

В этих формулах G_b и G_y – вес машины, приходящийся на ведущие и управляемые колеса; h_b и h_y – высота приложения сил G_b и G_y .

Как видно из представленных выражений, величина определяемых реакций зависит от веса машины, приходящегося на рассматриваемый мост, ширины колеи установки его колес и высоты приложения сил G_b и G_y .

Для определения сил, действующих на колеса зерноуборочного комбайна, стоящего на поперечном склоне, следует учесть наличие балансирной подвески моста управляемых колес. В таком случае для определения реакций R_b и R_y используем схемы, представленные на рисунках 1 и 2.

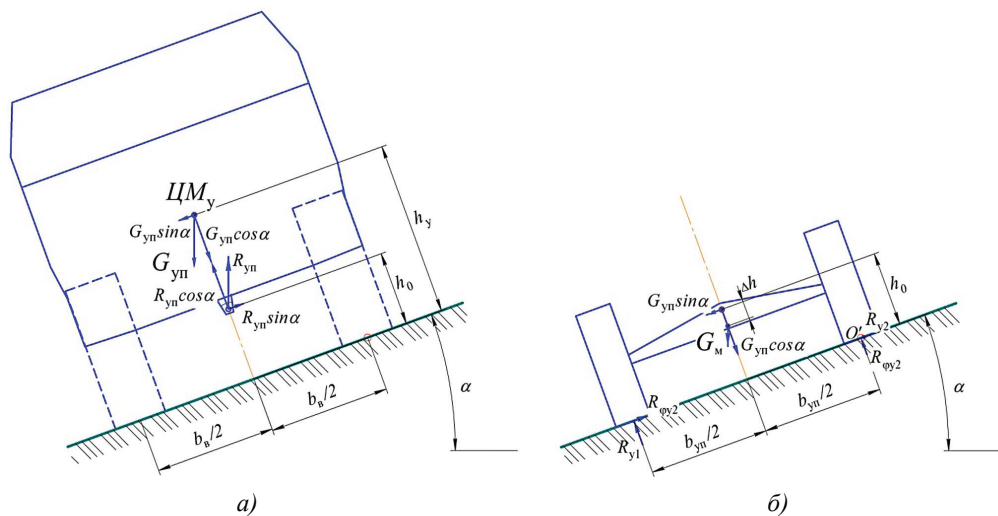


Рис. 1. Схема нагружения управляемых колес комбайна, находящегося на поперечном склоне: а – нагружение шарнира моста; б – нагружение колес

Нормальную нагрузку, приходящуюся на управляемые колеса комбайна, определим с учетом того, что мост управляемых колес нагружен силой G_y , включающей в себя следующие составляющие: G_{yn} – часть от силы тяжести машины $G_{бм}$, не учитывающей вес самого моста, и G_m – от силы тяжести моста, т.е. $G_y = G_{yn} + G_m$.

Нагрузка G_{yn} действует на мост управляемых колес через шарнир его подвески, образуя реакцию R_{yn} ,

а также момент опрокидывания относительно центра шарнира $M' = G_{yn} \sin \alpha \cdot (h_y - h_0)$, способствующий перераспределению нагрузок на ведущие колеса комбайна.

Нагрузка G_m приложена в центре масс моста, который расположен в большинстве конструкций ниже шарнира подвески моста к раме.

В таком случае нормальную нагрузку на колесо, находящееся ниже по склону, определяем из усло-

вия равенства моментов сил, действующих относительно точки O' (рис. 1б):

$$R_{y1}b_{yn} - G_{yn} \cos \alpha \cdot \frac{b_{yn}}{2} - G_m \cos \alpha \cdot \frac{b_{yn}}{2} - G_m \sin \alpha \cdot h_m - G_{yn} \sin \alpha \cdot h_0 = 0.$$

Отсюда выражение для определения нормальной реакции на колесо примет вид

$$R_{y1} = G_{yn} \left(0,5 \cos \alpha + \frac{h_0}{b_{yn}} \sin \alpha \right) + G_m \left(0,5 \cos \alpha + \frac{h_m}{b_{yn}} \sin \alpha \right). \quad (3)$$

Определяем значение нормальных реакций опорной поверхности на колесо, расположенное выше по склону:

$$R_{y2} = (G_{yn} + G_m) \cos \alpha - R_{y1},$$

$$R_{y2} = G_{yn} \left(0,5 \cos \alpha - \frac{h_0}{b_{yn}} \sin \alpha \right) + G_m \left(0,5 \cos \alpha - \frac{h_m}{b_{yn}} \sin \alpha \right). \quad (4)$$

Преобразуем полученные выражения:

$$R_{y1} = G_y \left(0,5 \cos \alpha + \frac{h_0}{b_{yn}} \sin \alpha \right) - G_m \frac{h_0 - h_m}{b_{yn}} \sin \alpha,$$

$$R_{y2} = G_y \left(0,5 \cos \alpha - \frac{h_0}{b_{yn}} \sin \alpha \right) + G_m \frac{h_0 - h_m}{b_{yn}} \sin \alpha.$$

Как видно из полученных зависимостей, составляющая силы тяжести от веса моста управляемых колес, вследствие ее приложения ниже оси шарнира качания моста, способствует некоторому догрузению колеса, расположенного выше по склону, и снижению нагрузки на нижнее по склону колесо в сравнении с нагрузкой, определенной по рассмотренным ранее методикам [3-5].

При определении нагрузок на ведущие колеса комбайна учтем наличие момента M' , возникающего в результате действия составляющей силы G_{yn} , действующей вдоль склона. Тогда нормальную реакцию опорной поверхности R_{b1} на колесо ведущего моста, находящееся ниже по склону, определяем из условия равенства моментов сил, действующих относительно точки O (рис. 2):

$$G_b \cos \alpha \cdot \frac{b_b}{2} + G_b \sin \alpha \cdot h_b + M' - R_{b1} b_b = 0,$$

$$R_{b1} = G_b \left(0,5 \cos \alpha + \frac{h_b}{b_b} \sin \alpha \right) + \frac{G_{yn} \sin \alpha \cdot (h_{yn} - h_0)}{b_b}. \quad (5)$$

Для колеса, находящегося выше по склону:

$$R_{b2} = G_b \cos \alpha - R_{b1},$$

$$R_{b2} = G_b \left(0,5 \cos \alpha - \frac{h_b}{b_b} \sin \alpha \right) - \frac{G_{yn} \sin \alpha \cdot (h_{yn} - h_0)}{b_b}. \quad (6)$$

Как видно из полученных зависимостей, в результате действия момента, возникающего от со-

ставляющей силы G_{yn} , действующей вдоль склона, нагрузка на колеса ведущего моста перераспределяется между колесами, тем самым дополнительно догружая колесо, расположенное ниже по склону.

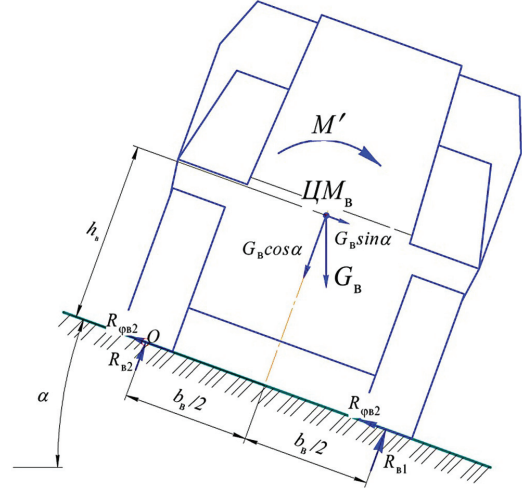


Рис. 2. Схема сил, действующих на ведущие колеса комбайна, находящегося на поперечном склоне

Поскольку точки приложения сил G_b и G_{yn} лежат на прямой линии (рис. 3), проходящей через ЦМ машины, не учитывая вес моста управляемых колес, то можем определить взаимозависимость отклонений Δh_b и Δh_{yn} . На рисунке 3 сила $G_{бм}$ – это сила тяжести машины, не учитывающая силу тяжести моста управляемых колес (определяется как $G_{бм} = G - G_m$).

Вертикальная $h_{цбм}$ и горизонтальная $c_{бм}$ координаты ЦМ машины, без учета моста управляемых колес, определяются по зависимостям

$$c_{бм} = \frac{G \cdot c - G_m \cdot c_m}{G - G_m}, \quad (7)$$

$$h_{цбм} = \frac{G \cdot h_{ц} - G_m \cdot h_{цм}}{G - G_m}, \quad (8)$$

где G – сила тяжести машины, Н; G_m – сила тяжести моста управляемых колес в сборе, Н; $h_{ц}$ и $h_{цм}$ – вертикальная координата центров масс машины и моста управляемых колес, мм; c и c_m – горизонтальная координата центров масс машины и моста управляемых колес относительно оси ведущего колеса, мм.

Из схемы, представленной на рисунке 3, можем получить следующие зависимости для определения сил G_b и G_{yn} , приходящихся на ведущие колеса и шарнир качания балки моста управляемых колес:

$$G_b = G_{бм} \frac{l - c_{бм}}{l}, \quad (9)$$

$$G_{yn} = G_{бм} \frac{c_{бм}}{l}. \quad (10)$$

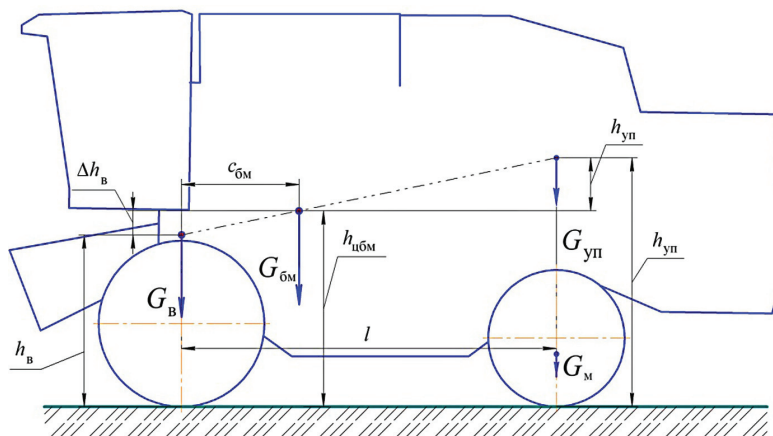


Рис. 3. Схема распределения веса по осям комбайна

Высоты приложения сил G_b и G_{up} зависят от веса узлов и агрегатов машины и их расположения, но зависимость между их величинами h_b и h_{up} такова, что при постоянной координате h_{cm} изменение величины h_b на Δh_b неминуемо приводит к изменению h_{up} на Δh_{up} . Из рисунка 3 взаимозависимость смещений Δh_b и Δh_{up} выглядит следующим образом:

$$\frac{\Delta h_{up}}{\Delta h_b} = \frac{l - c_{bm}}{c_{bm}}, \text{ т.е. } \Delta h_{up} = \Delta h_b \cdot \frac{l - c_{bm}}{c_{bm}}. \quad (11)$$

С учетом зависимостей 9-11 выражения для определения нормальных реакций на ведущие колеса примут вид

$$R_{b1} = G_{bm} \left(0,5 \cos \alpha + \frac{h_{ubm}}{b_b} \sin \alpha \right) - G_{bm} \frac{c_{bm}}{l} \left(0,5 \cos \alpha + \frac{h_0}{b_b} \sin \alpha \right), \quad (12)$$

$$R_{b2} = G_{bm} \left(0,5 \cos \alpha - \frac{h_{ubm}}{b_b} \sin \alpha \right) - G_{bm} \frac{c_{bm}}{l} \left(0,5 \cos \alpha - \frac{h_0}{b_b} \sin \alpha \right). \quad (13)$$

Из полученных зависимостей следует, что нормальные реакции опорной поверхности на колеса ведущего моста комбайна зависят от положения его центра масс (без учета массы моста управляемых колес), параметров ходовой части (база, колея), высоты расположения шарнира качания моста управляемых колес и угла поперечного крена машины и не зависят от высоты приложения сил G_b и G_{up} .

На колеса машины, находящейся на поперечном склоне, будут действовать не только нормальные, но и боковые составляющие нагрузок, которые будут деформировать шины колес вдоль осей их вращения. Этими нагрузками будут составляющие силы тяжести машины $G_y \sin \alpha$ и $G_x \sin \alpha$, которые вызывают реакции в местах контакта боковой поверхности шины и почвы. Указанные силы провоцируют скольжение колес вдоль склона в случае, если они превосходят силы сцепления колес с почвой.

Сила сцепления колес с почвой зависит от коэффициента сцепления φ в поперечном направлении и нормальной реакции опорной поверхности на ко-

лесо. Ее значение определяется по общеизвестной зависимости:

$$R_\varphi = \varphi \cdot G \cos \alpha.$$

Значение коэффициента сцепления зависит как от свойств опорной поверхности, так и от свойств материала и конструктивных особенностей шин. Поскольку по осям машины устанавливают шины одинакового типоразмера, сила сцепления колес с опорной поверхностью будет в основном зависеть от нормальной нагрузки, приходящейся на конкретное колесо, и от состояния самой опорной поверхности.

Для численной оценки влияния балансирной подвески моста управляемых колес зерноуборочного комбайна на перераспределение нагрузок на колеса при его поперечном крене рассчитаем нормальные реакции опорной поверхности на колеса комбайна «Вектор-410» по зависимостям 1, 2 и 3, 4, 12, 13 и сравним полученные результаты.

Рассматриваемая машина имеет следующие конструктивные параметры: вес $G = 111,7$ кН; вес моста управляемых колес $G_M = 5$ кН; база комбайна $l = 3778$ мм; колея ведущих колес $b_b = 2860$ мм; колея управляемых колес $b_{up} = 2860$ мм; горизонтальная координата центра масс комбайна относительно оси ведущего моста $c = 1630$ мм; вертикальная координата центра масс относительно опорной поверхности $h_{cm} = 1700$ мм; вертикальная координата центра масс моста управляемых колес $h_{cmM} \approx 670$ мм; высота шарнира качания моста управляемых колес $h_0 = 730$ мм.

Вес комбайна, приходящийся на ведущие колеса, определили через известное положение центра тяжести комбайна [6] по зависимости

$$G_b = G \cdot \frac{l - c}{l}.$$

В соответствии с представленными данными на ведущие колеса комбайна при снятой жатке и пустом топливном баке приходится нагрузка

$G_b = 63,5$ кН, соответственно на управляемые колеса приходится $G_y = 48,2$ кН.

Рассмотрим влияние балансирной подвески моста управляемых колес на перераспределение нагрузки на колеса в двух случаях:

1) условно предполагая, что точки приложения сил G_b и $G_{уп}$ (G_y) находятся на уровне центра масс машины;

2) условно предполагая, что точки приложения сил G_b и $G_{уп}$ (G_y) смещены относительно плоскости расположения центра масс на величину, обеспечивающую постоянство координат центра масс на машине.

Второй вариант для комбайна более актуален, поскольку основные его тяжелые элементы, находящиеся в передней части машины, расположены внизу (ведущий мост, элементы молотильного устройства, рама), а для задней части – сверху (моторно-силовая установка, бак).

Зададимся смещением $\Delta h_b = 200$ мм, тогда величина Δh_y при рассмотрении всей машины по зависимости 11 будет равна 264 мм. Это значит, что точки

приложения сил G_b и G_y при расчете сил по зависимостям 1 и 2 будут равны $h_b = 1700 - 200 = 1500$ мм, $h_y = 1700 + 264 = 1964$ мм.

При расчете сил по формулам 12, 13 следует учесть отсутствие влияния массы моста управляемых колес. В этом случае вес комбайна составит $G_{бм} = 106,7$ кН, а центр масс сместится, и его координаты составят (по формулам 9, 10) $h_{цбм} = 1748$ мм и $c_{бм} = 1529$ мм. Поскольку точка приложения силы G_b останется на том же месте, определим координату h_y , которая не учитывает влияние моста управляемых колес. В этом случае смещение Δh_b относительно нового центра масс составит $\Delta h_b = 1748 - 1500 = 248$ мм, тогда величина $\Delta h_y = 365$ мм, а $h_y = 1748 + 365 = 2113$ мм.

В соответствии с полученными данными выполнили расчет сил R_b и R_y (в расчете представлены средние данные (крен влево – крен вправо) и не учтено влияние деформации шин на смещение центра масс), а полученные данные представили в виде таблицы и графика (рис. 4).

Расчетные величины реакций опорной поверхности на колеса комбайна

Формула	Реакция	Вариант 1 ($\Delta h = 0$)				Вариант 2 ($\Delta h \neq 0$)			
		Угол поперечного крена комбайна, °							
		0	10	20	30	0	10	20	30
1	R_{y1}	24,1	29,4	33,7	37,1	24,1	30,1	35,1	39,1
	R_{y2}	24,1	18,1	11,6	4,7	24,1	17,4	10,2	2,7
2	R_{b1}	31,8	38,0	43,2	47,0	31,8	37,1	41,3	44,2
	R_{b2}	31,8	24,5	16,5	8,0	31,8	25,5	18,4	10,8
3	R_{y1}	24,1	26,1	27,2	27,6	24,1	26,1	27,2	27,6
4	R_{y2}	24,1	21,4	18,1	14,2	24,1	21,4	18,1	14,2
12	R_{b1}	31,8	40,7	48,5	54,7	31,8	40,7	48,5	54,7
13	R_{b2}	31,8	21,8	11,2	0,3	31,8	21,8	11,2	0,3

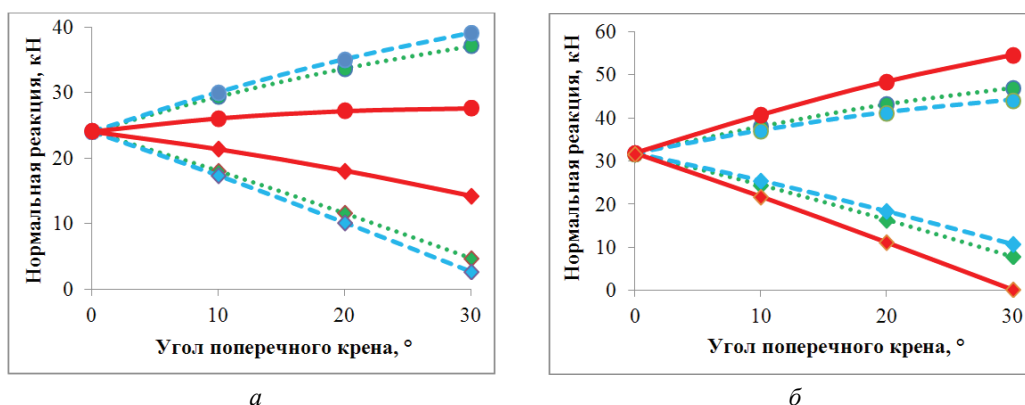


Рис. 4. Графики изменения реакций на колеса комбайна Вектор-410 при жестком (..... – вариант 1, ---- – вариант 2) и балансирном (— — шарнир) креплении моста управляемых к раме: а – мост управляемых колес; б – ведущий мост; ● – колесо ниже по склону; ■ – колесо выше по склону

Полученные расчетные данные показывают, что использование балансирной подвески моста управляемых колес при крене комбайна влечет за собой дополнительное нагружение ведущего колеса, расположенного ниже по склону. Так, при крене комбайна «Вектор-410» на угол 30° нагрузка на ведущее колесо, расположенное ниже по склону, увеличивается более чем на 7 кН (около 22%) относительно нагрузки, которая могла бы действовать на то же колесо при жестком креплении моста управляемых колес к раме. Такая дополнительная нагрузка на колесо окажет влияние на деформирование шин, которое приведет к смещению центра масс машины относительно ее геометрической оси опорной поверхности, что приведет к уменьшению угла поперечной устойчивости машины. Кроме этого, из полученных данных видно, что машина с балансирной подвеской более склонна к потере устойчивости, так как нормальная реакция под ее ведущим колесом, расположенным выше по склону, уменьшается более интенсивно, чем при жестком креплении мостов к раме. При этом условие сохранения устойчивости для моста управляемых колес будет сохраняться на более значительных углах крена, чем для ведущего моста.

Выводы

При проектировании машин с балансирным подвесом моста управляемых колес (кормо- и зерноуборочные комбайны, тракторы) в обязательном порядке следует учитывать влияние такого типа подвески на перераспределение нагрузок между колесами мостов. Например, по полученным для комбайна «Вектор-410» расчетным данным, из-за наличия балансирной подвески при крене около 30° ведущее колесо, расположенное ниже по склону, догружается силой более чем на 20% большей, чем у аналогичной машины с полно-

стью жесткой подвеской. Одновременно с этим вероятно потеря устойчивости вторым колесом ведущего моста, нормальная реакция под которым стремится к нулю. Таким образом, использование балансирной подвески снижает потенциальную устойчивость машины, а учет этого факта на стадии проектирования позволит повысить степень ее безопасности при эксплуатации.

Библиографический список

1. Ломакин С.Г. К аналитической оценке поперечной устойчивости колесных самоходных сельскохозяйственных машин / С.Г. Ломакин, С.В. ЩигOLEV // Основные направления развития техники и технологии в АПК: Материалы и доклады VII Всероссийской научно-практической конференции. Княгинино: НГИЭУ, 2016. С. 266-268.
2. Ломакин С.Г. К оценке поперечной устойчивости колесных самоходных сельскохозяйственных машин / С.Г. Ломакин, С.В. ЩигOLEV // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 4 (74). С. 28-33.
3. Богатырев А.В., Лехтер В.Р. Тракторы и автомобили / Под ред. А.В. Богатырева. М.: КолосС, 2008. 400 с.
4. Мирошниченко А.Н. Основы теории автомобиля и трактора: Учебное пособие. Томск: Изд-во Том. гос. архит. – строит. ун-та, 2014. 490 с.
5. Тарасова С.В. Методика исследования результатов взаимодействия протектора с наклонной опорной поверхностью в режиме варьирования углами увода пневматических шин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 84-87.
6. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-101 «ВЕКТОР». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию.

Статья поступила 17.03.2017 г.

DETERMINATION OF LOADS ACTING ON WHEELS OF GRAIN COMBINE-HARVESTERS OPERATING ON TRANSVERSE SLOPES

SERGEY V. SHCHIGOLEV

E-mail: sergeysch127@mail.ru

SERGEY G. LOMAKIN, DSc (Eng), Professor

E-mail: irina17-12-69@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The ability to maintain a stable position under various operating conditions affects the safety of self-propelled agricultural machinery. One of the characteristics that determine this property is the angle of transverse static stability. The specific angle of the machine transverse static stability is influenced to

a certain extent by the deformation of tires, which in turn depends on the loads applied to them. To determine the loads acting on the combine wheels, the authors have developed a calculation scheme, according to which they derived analytical dependencies to determine the acting forces. The calculated data show that the loads acting on the wheels of the driving and driven axles change disproportionately with a lateral roll. This is due to the use of the steerable wheel axle of a balancing type as a suspension element responsible for the machine adaptability to the terrain conditions. As a result, under the action of the weight factor of the combine rear part acting along the slope, a moment of force is generated that leads to a redistribution of loads between the driving axle wheels. The authors make a conclusion about the effect of the balanced suspension of the steerable wheel axle on the peculiarities of load redistribution between the machine wheels and the safety of its operation.

Key words: combine harvester, tractor, transverse stability, balancing axle of steerable wheels, center of mass, tire deformation, load on wheels.

References

1. Lomakin S.G., Shchigolev S.V. K analiticheskoy otsenke poperechnoy ustoychivosti kolesnykh samokhodnykh sel'skokhozyaystvennykh mashin [On the analytical assessment of the lateral stability of wheeled self-propelled agricultural machines]. *Osnovnyye napravleniya razvitiya tekhniki i tekhnologii v APK: Materialy i doklady VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Knyaginino: NGIEU, 2016. Pp. 266-268. (in Rus).
2. Lomakin S.G., Shchigolev S.V. K otsenke poperechnoy ustoychivosti kolesnykh samokhodnykh sel'skokhozyaystvennykh mashin [On the assessment of the lateral stability of wheeled self-propelled agricultural machines]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*. 2016. No. 4 (74). Pp. 28-33. (in Rus).
3. Bogatyrev A.V., Lekhter V.R. Traktory i avtomobili [Tractors and automobiles]. M.: KolosS, 2008. 400 p. (in Rus).
4. Miroshnichenko A.N. Osnovy teorii avtomobilya i traktora: Uchebnoye posobiye [Fundamentals of the theory of automobiles and tractors: Textbook]. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arkhiv. – stroit. un-ta, 2014. 490 p. (in Rus).
5. Tarasova S.V. Metodika issledovaniya rezul'tatov vzaimodeystviya protektora s naklonnoy opornoy poverkhnost'yu v rezhime var'irovaniya uglami uvoda pnevmaticheskikh shin [Methods of analyzing the results of interaction of a tread with an inclined support surface in a mode of varying retraction angles of pneumatic tires]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. No. 2 (52). Pp. 84-87. (in Rus).
6. Kombayn zernouborochnyy samokhodnyy RSM-101 "VEKTOR". Instruktsiya po ekspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu [Self-propelled grain combine harvester RSM-101 "VECTOR". Operation and maintenance manual]. (in Rus).

Received on March 17, 2017

УДК 631.363

ЖУЖИН МАКСИМ СЕРГЕЕВИЧ

E-mail: ngiei-126@mail.ru

КУЧИН НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ, докт. с.-х. наук, профессор

E-mail: ngiei-126@mail.ru

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, д. 22а,
г. Княгинино, Нижегородская обл., 606340, Российская Федерация

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДОЗИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ПОРОШКООБРАЗНОГО КОНСЕРВАНТА ПРИ ПЛЮЩЕНИИ СЫРОГО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

Технология консервирования сырого плющеного фуражного зерна предусматривает использование химических или биологических препаратов для повышения сохранности питательных веществ при хранении. И если для внесения жидких препаратов имеются различные дозирующие устройства, то для внесения порошкообразных препаратов, к которым относится применяемая для консервирования зерна порошкообразная сера, таких устройств нет, что снижает возможности для более широкого практического применения этой технологии. Целью работы была разработка дозирующего устройства для внесения порошкообразного консерванта в сырое зерно при его плющении, а одной из задач – провести энергетическую оценку технологии консервирования фуражного зерна с использованием различных дозирующих устройств и нового дозирующего устройства в частности. Оценка энергетической эффективности была проведена в соответствии с существующими методическими указаниями. С этой целью была разработана технологическая карта с указанием выполненных видов и объёмов работ и используемой для этого техники и технологического оборудования. Выполненные расчёты показали, что полные затраты энергии при разных способах консервирования сырого зерна в новом варианте оказались на 8,4 ГДж ниже, чем в базовом варианте. Экономия энергии в новом варианте консервирования была получена за счёт уменьшения в 1,6 раза энергоёмкости дозирующего устройства в овеществлённых затратах и в 3 раза за счёт разницы в дозе и энергоёмкости используемых консервантов. Окупаемость затрат энергии на заготовку энергетической питательностью корма в новом варианте также была несколько выше, чем в базовом варианте, а уровень инвестиций на 1 га посевной площади сократился.

Ключевые слова: сырое фуражное зерно, плющение, консервирование, дозирующее устройство, порошкообразная сера, энергетическая оценка, энергетическая эффективность.

Введение. В последние годы в практике кормопроизводства значительное распространение получило консервирование сырого плющеного фуражного зерна с применением различных консервирующих препаратов [1]. Данный способ позволяет начать уборку на 7-15 дней раньше, когда зерно находится в стадии начала восковой спелости [2]. При этом продуктивные показатели оказываются на 15...20% выше, чем у зерна, убранного в стадии полной спелости, за счёт сохранения незрелых и повреждённых зёрен [3]. Использование плющеного фуражного зерна в кормлении позволяет добиться увеличения продуктивности животных до 20%. При этом зерно, предназначенное для плющения, не требует очистки после комбайна и сушки. Не является препятствием для плющения и качество зерна, т.е. наличие в общей массе незрелых и мелких зёрен, семян сорных растений. Плющенное зерно более полно усваивается животными. Также такое зерно обладает повышенными вкусовыми качествами и прекрасными ги-

гиеническими показателями. Применение данного способа консервирования зерна обеспечивает безопасность применяемых препаратов для животных и окружающей среды при высокой степени сохранности урожая, позволяя при этом снизить его себестоимость на 9...24% [4, 5].

Материал и методы. Химическое консервирование, являющееся неотъемлемой операцией при закладке на хранение сырого фуражного зерна, проводится как жидкими, так и сыпучими консервантами [6-8]. Однако для внесения последних не разработано дозирующих устройств, что ограничивает использование таких консервантов. Авторами разработано техническое устройство для внесения порошкообразного консерванта, зарегистрированное патентом на полезную модель № 163647.

На стадии разработки и совершенствования способов выращивания и заготовки кормов наиболее объективную информацию об их эффективности позволяет получать биоэнергетический метод [9-11].

Цель исследований – оценка энергетической эффективности нового устройства и всей технологической цепочки консервирования сырого фуражного зерна.

Расчёт совокупных затрат энергии проводили на основе детально описанного технологического процесса с использованием типовых и модифицированных технологических карт, позволяющих учесть расход всех ресурсов в различных показателях [12].

Для проведения энергетической оценки технологии приготовления корма из фуражного зерна повышенной влажности путём площения с применением консервирующих препаратов и хранением его в герметичных условиях была составлена технологическая карта.

В данной таблице особое внимание уделялось рассмотрению способов внесения жидкого консерванта насосом-дозатором центробежного типа и применения нового устройства для внесения порошкообразного консерванта.

Энергоёмкость энергетических средств, приходящаяся на один час работы силовой машины (трактора, комбайна), определяли при помощи следующей зависимости:

$$E_T = \frac{M_T \cdot \alpha_{TP}}{100} \left(\frac{k_T}{T_{HT}} + \frac{\eta_{TK} + \varphi_{TT}}{T_{ЗТ}} \right), \quad (1)$$

где M_T – масса силовой машины, кг; α_{TP} – энергетический эквивалент силовой машины, равный 120 МДж/кг; k_T , η_{TK} , φ_{TT} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты силовой машины, %; T_{HT} , $T_{ЗТ}$ – нормативная и зональная годовая загрузка силовой машины, ч.

Энергоёмкость, приходящаяся на один час работы машины или сцепки, определялась по формуле

$$E_M = \frac{M_M \cdot \alpha_M}{100} \left(\frac{k_M}{T_{HM}} + \frac{\varphi_{MT}}{T_{ЗМ}} \right), \quad (2)$$

где M_M – масса машины (сцепки), кг; α_M – энергетический эквивалент машины (сцепки), равный 104 МДж/кг; k_M – отчисления на реновацию машины (сцепки), %; φ_{MT} – отчисления на текущий ремонт машины (сцепки), %; T_{HM} , $T_{ЗМ}$ – нормативная и зональная годовая загрузка машины (сцепки), ч.

Результаты и обсуждение. На основании технологической карты была рассчитана энергоёмкость энергетических средств и сельскохозяйственных машин, задействованных при консервировании сырого фуражного зерна, подготовленного к скармливанию площением на агрегате Murska 1000 HD. При этом в базовом варианте зерно консервировали пропионовой кислотой с использованием серийно выпускаемого дозатора, в новом варианте – порошкообразной серой при помощи разработанного нами дозатора.

Расчёт энергетической ёмкости тракторов и автомобилей проводился по формуле 1. Так, для трак-

тора МТЗ-80 при его массе 3160 кг, нормативной годовой и зональной нагрузке машины 1200 ч., энергетическом эквиваленте 120 МДж/кг, отчислениях на реновацию в размере 10,0, на капитальный ремонт 5,0 и на текущий ремонт – 22% энергоёмкость, приходящаяся на один час работы силовой машины, составила:

$$E_T = \frac{3160 \cdot 120}{100} \left(\frac{10}{1200} + \frac{5 + 22}{1200} \right) = 116,92 \text{ МДж/ч.}$$

Энергоёмкость, приходящаяся на 1 ч работы машины или сцепки, определялась по формуле 2. Так, для тракторного прицепа 2ПТС-4 при его массе 1710 кг, нормативной годовой и зональной нагрузке машины 800 ч, энергетическом эквиваленте 104 МДж/кг, отчислениях на реновацию в размере 14,2, на текущий ремонт – 13% энергоёмкость, приходящаяся на один час работы силовой машины, составила:

$$E_M = \frac{1710 \cdot 104}{100} \left(\frac{14,2}{800} + \frac{13}{800} \right) = 60,46 \text{ МДж/ч.}$$

Полная энергоёмкость сцепки МТЗ-80 + 2ПТС-4 равняется 177,38 (116,92 + 60,46) МДж/ч.

Аналогичным образом на основании данных технологической карты была рассчитана энергоёмкость энергетических средств и сельскохозяйственных машин, задействованных при консервировании сухого фуражного зерна, подготовленного к скармливанию дроблением на молотковой дробилке ROMiLL S900. При этом в первом варианте принималось, что зерно обмолачивалось в поле при стандартной влажности и его закладывали на хранение после очистки, а во втором варианте – сырое зерно с его очисткой и досушкой перед закладкой на хранение. Результаты вычислений представлены в таблицах 1, 2.

Анализ полученных данных показал, что наиболее энергоёмкой из используемых машин при консервировании и закладке на хранение сырого фуражного зерна является площильная машина Murska 1000 HD, на долю которой приходится более 80% от общих энергозатрат (табл. 1). Предлагаемый дозатор для внесения порошкообразного консерванта в 1,6 раза энергоэффективнее используемого для внесения жидкого консерванта. Благодаря этому общие энергоёмкость и энергозатраты в новом варианте были ниже на 0,3%.

При приготовлении сухого дроблёного зерна естественной сушки основная энергоёмкость (около 60%) приходилась на дробилку. При приготовлении сырого зерна, подготовленного к хранению досушиванием, энергоёмкость этого энергетического средства снижалась до 47%, а на сушилку приходилось около 20% общей энергоёмкости этого способа консервирования и подготовки фуражного зерна к скармливанию (табл. 2).

Таблица 1

Энергоёмкость и затраты энергетических средств и сельскохозяйственных машин при консервировании фуражного ячменя с плющением

Состав агрегата		Время работы машины, ч	Энергоёмкость, МДж/ч	Энергозатраты, МДж
марка трактора, автомобиля	марка машины, сцепки			
МТЗ-80	2ПТС-4	2,00	177,4	354,8
ГАЗ 3309		0,56	310,8	174,0
МТЗ-82.1	ПКУ-08	30,60	159,8	4889,9
МТЗ-82.1	Murska 1000 HD	30,60	2214,6	67766,8
Murska 1000 HD	БВ	30,60	22,9	700,7
	НВ		14,1	431,5
ДТ-75		30,60	240,8	7368,5
ГАЗ 3309		0,56	310,8	174,0
МТЗ-80	ПФ-0,5	1,90	195,4	371,3
МТЗ-80	2ПТС-4	6,80	188,0	1278,4
МТЗ-80	2ПТС-4	0,80	188,0	150,4
Итого в базовом варианте		133,02	4008,5	83228,8
Итого в новом варианте			3999,7	82959,6

Таблица 2

Энергоёмкость и затраты энергетических средств и сельскохозяйственных машин при консервировании фуражного ячменя с дроблением

Состав агрегата		Время работы машины, ч	Энергоёмкость, МДж/ч	Энергозатраты, МДж
марка трактора, автомобиля				
НЛК-10		61,3	63,3	3880,3
ОВС-25с		42,3	92,4	3908,5
НЛК-10*		59,0	70,7	4171,3
СЗК-10*		59,0	991,1	58474,9
НЛК-10		53,1	78,5	4168,4
ГАЗ 3309		19,7	310,8	6122,8
МТЗ-80	2ПТС-4	4,0	188,0	752,0
МТЗ-82.1	ПКУ-08	53,1	159,8	8485,4
ГАЗ 3309		63,3	310,8	19673,6
МТЗ-82.1	ПКУ-08	26,6	159,8	4250,7
ROmiLL S900		26,6	2315,1	61581,7
МТЗ-80	2ПТС-4	5,6	188,0	1052,8
Итого: сухое зерно		355,6	3866,5	113876,2
сырое зерно		473,6	4928,3	176522,4

* Операции, не проводимые при подготовке к дроблению сухого зерна.

Расчёт энергетической эффективности применения устройств дозирования консерванта для обработки сырого фуражного зерна проводили по методике, изложенной в ГОСТ Р 51750-2001 [13] и использованной для аналогичных расчётов Нечаевым и Нечаевой, Устюговым [14, 15].

Энергоёмкость, приходящаяся на 1 ч работы оборудования, определялась по формуле

$$E_{об} = \frac{\mathcal{E}_{об}}{T_z},$$

где T_z – годовая загрузка линии, ч.

$$T_z = \frac{S}{Q} \cdot n_{оп}.$$

Для насоса-дозатора жидкого консерванта она составила:

$$T_z = \frac{320}{40} \cdot 17 = 136 \text{ ч};$$

для устройства дозированной подачи порошкообразного консерванта

$$T_z = \frac{160}{20} \cdot 17 = 136 \text{ ч}.$$

Общую энергоёмкость оборудования ($\mathcal{E}_{об}$, МДж) вычисляли по уравнению

$$\mathcal{E}_{об} = \alpha_{об} \cdot M,$$

для насоса-дозатора жидкого консерванта она была равной

$$\mathcal{E}_{об} = 104 \cdot 30 = 3120 \text{ МДж};$$

для устройства дозированной подачи порошкообразного консерванта

$$\mathcal{E}_{об} = 104 \cdot 18,5 = 1924 \text{ МДж},$$

где $\alpha_{об}$ – энергетический эквивалент оборудования, равный 104 МДж/кг.

Энергоёмкость, приходящаяся на 1 ч работы оборудования, при этом составила:

для насоса-дозатора жидкого консерванта

$$E_{об} = \frac{3120}{136} = 22,9 \text{ МДж/ч};$$

для устройства дозированной подачи порошкообразного консерванта

$$E_{об} = \frac{1924}{136} = 14,1 \text{ МДж/ч}.$$

По аналогии проведены расчёты совокупных затрат энергии на закладку и хранение сырого фуражного зерна с применением разных дозаторов (табл. 3, 4). При расчёте были использованы следующие энергетические коэффициенты: ручной труд – 29,7 МДж/ч, труд механизаторов – 43,4 МДж/ч, дизельное топливо – 52,6 МДж/кг, электрическая энергия – 12 МДж/кВт, энергетические средства (тракторы) – 86,4 МДж/кг массы, сельхозмашины – 75 МДж/кг массы.

Общие затраты труда на проведение консервирования фуражного зерна при фактической продуктивности гектара посевов и выходе с него сухого вещества и энергии приведены в таблице 3.

Затраты энергии труда на проведение плющения и химического консервирования сырого фуражного зерна в сравнении с дроблением зерна естественной сушки снизились на 41,2 МДж/т или в 2,1 раза, с досушиванием и дроблением зерна – на 67,2 МДж/т или в 2,75 раза (табл. 3).

Таблица 3

Общие показатели вариантов консервирования

Показатель	Способ консервирования		
	химический (с анаэробным хранением)	сушка с аэробным хранением	
		естественная	искусственная
	Подготовка к скармливанию		
	плющение	дробление	
Урожайность, т/га	3,0	2,7	3,0
Выход сухого вещества после очистки и сушки (СВ), т/га	2,3*	2,2**	2,2
Обменная энергия: ГДж/т СВ ГДж/га	13,39 30,80	13,50 29,70	13,50 29,70
Затраты труда, всего, чел.-ч/га В т.ч. механизаторов	1,04 0,54	1,89 1,70	2,79 2,30
Затраты энергии в труде, МДж/т В т.ч. механизаторов: МДж/т МДж/га	38,25 23,40 12,70	79,40 73,80 29,40	105,40 99,80 35,10

* Зерно не подвергалось очистке и сушке.

** Зерно не сушили.

В целом прямые затраты на консервирование сырого плющеного зерна в обоих вариантах были примерно одинаковыми (разница 0,5%). Вместе с тем прямые затраты энергии на процесс консервирования, связанные с расходом электроэнергии, резко различались. При использовании для этих целей нового дозатора они возрастали в 17 раз (табл. 4). Однако их уровень не сильно повлиял на общую величину затрат энергии на консервирование, поскольку их доля в структуре этих затрат была ничтожно мала – всего 0,001 и 0,018%.

Овеществлённые затраты энергии также были примерно равными. Прямых и овеществлённых за-

трат и полных затрат энергии на 1 т корма в базовом варианте было на 0,3% больше, чем в новом варианте.

Общие затраты энергии живого при консервировании зерна обоими устройствами были одинаковыми, прямые затраты больше на 0,5 ГДж в новом варианте, а овеществлённые – на 8,6 ГДж в базовом. В овеществлённых затратах в новом варианте такой результат достигнут за счёт уменьшения в 1,6 раза энергоёмкости дозирующего устройства и в 3 раза за счёт разницы в дозе и энергоёмкости используемых консервантов. В результате новый вариант консервирования выигрывал по полным затратам энергии у базового 8,1 ГДж (табл. 4).

Таблица 4

Прямые, овеществлённые и полные затраты энергии при плющении

Статьи затрат, материалы	Количество на 1 га	Базовый вариант		Новый вариант	
		Энергия, МДж			
		на 1 га	на 1 т	на 1 га	на 1 т
Прямые затраты	-	368,30	122,60	370,20	123,30
Из них: дизельное топливо электроэнергия	7 кг 0,01/0,17 кВт*	368,20 0,12	122,60 0,04	368,20 2,04	122,60 0,70
Овеществлённые затраты	-	10743,65	3576,60	10702,40	3562,60
Техника: энергетические средства сельхозмашины	96,3 кг 30,88/30,85 кг*	8320,30 2316,00	2769,70 771,00	8320,30 2313,75	2769,70 770,20
Плёнка полиэтиленовая	0,4 кг	16,00	5,30	16,00	5,30
Траншеи для сенажа	1,46 м ²	32,85	10,90	32,85	10,90
Химконсерванты	9 л/3 кг*	58,50	19,50	19,50	6,50
Прямые и овеществлённые затраты		11111,95	3699,20	11072,60	3685,90
Полные затраты энергии		11150,20	3721,20	11110,85	3707,90

* Знаменатель – новый вариант.

Овеществлённые затраты доминируют в структуре энергетических затрат. При консервировании сырого фуражного зерна пропионовой кислотой они достигали 96,4%, порошкообразной серой – 96,3% (табл. 4).

Консервирование сырого зерна сушкой и подготовка его к скармливанию дроблением также достаточно энергоёмкие процессы. И в этом случае овеществлённые затраты играют определяющую роль. Так, при уборке зерна стандартной влажности эти затраты составили 93,6%, при его досушивании и дроблении – 88,9% (табл. 5).

Существенная разница имеется также и между сухим и досушенным зерном. Очистка и дробление сухого зерна в сравнении с этими же операциями, дополненными сушкой, обходятся энергетически дешевле в 1,56 раза. При этом прямые затраты возрастают в 2,9, овеществлённые – в 1,5 раза (табл. 5).

Расчёты показали, что самые низкие затраты энергии на консервирование и подготовку 1 т зерна к скармливанию были в варианте консервирования

с использованием нового дозирующего устройства и обработкой его порошкообразной серой. Полные затраты энергии на 1 т зерна в этом случае были на 13 МДж, или на 0,35%, чем у зерна, обработанного пропионовой кислотой, на 202,4 МДж, или на 5,5%, чем у зерна естественной сушки, и на 1051,7 МДж, или на 28,5%, чем у досушенного зерна. На 1 т сухого вещества меньше всего прямых затрат энергии было в зерне естественной сушки, по сравнению с которым в сыром зерне с порошкообразной серой его было меньше на 213,0 МДж, в зерне с пропионовой кислотой – на 230,0 МДж и в досушенном зерне – на 2775,4 МДж, или на 4,6; 5,0 и 49,4% соответственно (табл. 6).

Следовательно, использование нового дозирующего устройства было более энергосберегающим, чем досушивание зерна одинаковой влажности до стандартного содержания влаги или консервирование пропионовой кислотой, и практически таким же, как у зерна, имеющего стандартную влажность при уборке.

Таблица 5

Прямые, ошествлённые и полные затраты энергии при дроблении

Статьи затрат, материалы	Количество на 1 га	Зерно			
		сухое		досушенное	
		Расход энергии, МДж			
		на 1 га	на 1 т	на 1 га	на 1 т
Прямые затраты	-	574,20	212,30	1646,30	548,05
Из них: дизельное топливо электроэнергия	9/29,2 кг 8,4/9,2 кВт*	473,40 100,80	175,30 37,00	1535,90 110,40	511,30 36,75
Ошествлённые затраты	-	9531,40	3530,20	14067,40	4682,90
Техника: энергетические средства сельхозмашины	93,9/146,4 кг 18,6 кг 1,04 м ²	8113,00 1395,00 23,40	3004,80 516,70 8,70	12649,00 1395,00 23,40	4210,70 464,40 7,80
Склады для зерна					
Прямые и ошествлённые затраты		10105,60	3742,50	15713,70	5230,95
Полные затраты энергии		10185,00	3771,90	15819,10	5266,05

* Знаменатель – новый вариант.

Таблица 6

Энергетические параметры технологий

Показатель	Единица измерения	Способ подготовки			
		сушка		консервирование	
		естественная	досушка	пропионовая кислота	се́ра
		дробление		плющение	
Уборочная площадь	га	204			
Урожайность: зерна сухого вещества	т/га	2,7	3,0		
		2,2		2,3	
Получено: корма сухого вещества обменной энергии	т т ГДж	531,2 448,8 6058,8	612,9 469,2 6282,6		
Затраты энергии на консервирование: живого труда прямые ошествлённые полные	ГДж	6,0 117,1 1939,6 2067,5	7,2 335,8 2865,0 3313,1	2,6 75,1 2191,7 2269,4	2,6 75,5 2183,3 2261,4
Энергоёмкость машин	ГДж	1939,6	2865	2169,8	2169,3
Окупаемость затрачиваемой энергии энергетической питательностью корма	-	2,93	1,83	2,77	2,78
Удельные затраты энергии: на 1 т корма на 1 т сухого вещества	МДж	3892,1 4606,7	6237,0 7382,1	3702,7 4836,7	3689,7 4819,7

При использовании нового дозатора для внесения порошкообразной серы окупаемость затрат энергии обменной энергией, заключённой в консервированном зерне, была примерно равной таковой у сухого зерна и меньше, чем у зерна досушенного

и обработанного пропионовой кислотой. Энергоёмкость машин в этом варианте была выше, чем у сухого зерна, примерно такой же, как у зерна с пропионовой кислотой, и ниже, чем у зерна, доведённого до стандартной влажности досушиванием.

Выводы

Предлагаемый дозатор для внесения порошкообразного консерванта в 1,6 раза энергоэффективнее используемого для внесения жидкого консерванта. Благодаря этому общие энергоёмкость и энергозатраты в новом варианте снижены на 0,3%. Полные затраты энергии при консервировании сырого зерна порошкообразной серой в новом варианте оказались на 8,0 и 1051,7 ГДж ниже, чем соответственно в варианте консервирования пропионовой кислотой, в основном за счёт меньшей энергоёмкости нового дозирующего устройства и используемого консерванта, а также досушивания до стандартной влажности. Окупаемость затрат энергии на заготовку энергетической питательностью корма в новом варианте также была несколько выше, чем у зерна с пропионовой кислотой и досушенного до стандартной влажности.

Библиографический список

1. Спиридонов А.М. Влияние вида зерновых злаков и консерванта на качество плющенного зернофуража // Бюллетень науки и практики. 2016. № 5 (6). С. 165-168.
2. Перекопский А.Н., Баранов Л.Н. Формирование технологических схем производства корма плющением и консервированием зерна // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2004. № 76. С. 71-75.
3. Тяпугин Е.Л., Углин В.К., Никифоров В.Е. Заготовка и хранение свежесобранного фуражного зерна без консерванта // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 59-60.
4. Алексеев С.А. Развитие кормовой базы молочного скотоводства // Экономика сельского хозяйства России. 2013. № 7-8. С. 49-57.
5. Nagle R.K. A new method of grain storage for coastal areas high moisture grain – Agricultural Gazette of new South Wales, 1973. Vol. 84. № 2. Pp. 113-116.
6. Фаритов Т.А. Ресурсосберегающие технологии производства, хранения и использования кормов // Аграрный вестник Урала. 2010. № 3. Том 69. С. 43-45.
7. Победнов Ю.А., Мамаев А.А. Эффективность применения бактерий вида *Bacillus subtilis* при силосовании и сенажировании трав // Ветеринарная патология. 2005. № 1. С. 90-96.
8. Рогожина Т.В., Рогожин В.В. Технологии консервирования зеленой массы растворами органических соединений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (114). С. 153-159.
9. Алиев С.А. Агроэнергетика – основа повышения плодородия почв и урожаев сельскохозяйственных культур // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур в Сибири. Новосибирск, 1985. С. 13-17.
10. Булаткин Г.А., Ларионов В.В. Основы энергетической концепции агротехнической нагрузки. Пушкино: РАСХН, 1992. 28 с.
11. Созинов А.А., Новиков Ю.Ф. Энергетическая цена индустриализации агросферы // Природа. 1985. № 5. С. 11-19.
12. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства / Б.П. Михайличенко. М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 1995. 174 с.
13. ГОСТ Р 51750-2001 Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Введ. 2002-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 24 с.
14. Нечаев В.Н., Нечаева М.Л. Снижение ситуационных издержек как инструмент ресурсосбережения в агропромышленном комплексе // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-12: Молодежь в науке – инновационный потенциал будущего». 2016. Т. 1. Ч. 2. С. 155-159.
15. Устюгов С.Ю. Обоснование основных параметров и режимов работы малогабаритного комбикормового агрегата: Дис. ... канд. техн. наук. Киров, 2005. 170 с.

Статья поступила 13.01.2017

ENERGY EFFICIENCY OF USING A DEVICE OF DOSED SUPPLY OF POWDER PRESERVATIVE IN RAW BARLEY GRAIN FLATTENING

MAKSIM S. ZHUZHIN, *postgraduate student*

NIKOLAY N. KUCHIN, *DSc (Ag), Professor*

E-mail: ngiei-126@mail.ru

Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University, Oktyabrskaya str., 22A, Knyaginino, Nizhniy Novgorod region, 606340, Russia

The preservation technology of raw rolled feed grain involves the use of chemicals or biologicals to improve the preservation of nutrients during storage. Unlike liquid agents, for which various dispensing devices are available, introducing powdered agents such as powdered sulphur used for preserving grain, there are no such devices, which

reduces the opportunities for wider practical application of this technology. The aim of the considered work was to develop a metering device for introducing a powdered preservative in raw grain in the process of its flattening, and one of the tasks was to make energy assessment of the feed grain preservation technology with the use of various metering devices and a new metering device, in particular. The energy assessment was made in accordance with existing guidelines. With this purpose the authors developed a process chart showing the types and amount of work done as well as machinery and process equipment used. The calculations showed that total energy costs with different methods of raw grain preservation turned out to be 8.4 GJ lower in the new version as compared with the base case. Energy saving in the new preservation variant was obtained by reducing in 1.6 times the power output of a metering device in materialized costs and in 3 times due to the dose and intensity difference of the applied preservatives. Energy cost recovery of preparing nutritionally valuable feed in the new version also has turned out to be slightly higher than in the base case, and the level of investment per 1 ha of sown area has decreased.

Key words: raw feed grain, flattening, preserving, dosing device, powdered sulfur, energy assessment, energy efficiency.

References

1. Spiridonov A.M. Vliyaniye vida zernovykh zlakov i konservanta na kachestvo plyushchennogo zernofurazha [The influence of grain cereal types and preservatives on the quality of flatten forage]. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2016. No. 5(6). Pp. 165-168. (in Rus).
2. Perekopskiy A.N., Baranov L.N. Formirovaniye tekhnologicheskikh skhem proizvodstva korma plyushcheniyem i konservirovaniyem zerna [The formation of technological schemes of feed production by grain compaction and preserving]. *Tekhnologii i tekhnicheskkiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2004. No. 76. Pp. 71-75. (in Rus).
3. Tyapugin Ye.L., Uglin V.K., Nikiforov V.Ye. Zagotovka i khraneniye svezheubrannogo furazhnogo zerna bez konservanta [Preparation and storage of freshly harvested fodder grain without preservative]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2011. No. 1. Pp. 59-60. (in Rus).
4. Alekseyev S.A. Razvitiye kormovoy bazy molochnogo skotovodstva [Development of dairy farming fodder base]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2013. No. 7-8. Pp. 49-57. (in Rus).
5. Nagle R.K. A new method of grain storage for coastal areas high moisture grain – Agricultural Gazette of New South Wales, 1973. Vol. 84. No. 2. Pp. 113-116.
6. Faritov T.A. Resursoberegayushchiye tekhnologii proizvodstva, khraneniya i ispol'zovaniya kormov [Resource saving technologies of feedstuff production, storage and use]. *Agrarnyy vestnik Urala*. 2010. No. 3. Vol. 69. Pp. 43-45. (in Rus).
7. Pobednov Yu.A., Mamayev A.A. Effektivnost' primeneniya bakteriy vida *Bacillus subtilis* pri silosovanii i senazhirovanii trav [Efficiency of using the bacterium *Bacillus subtilis* during grass ensiling and haylage making]. *Veterinarnaya patologiya*. 2005. No. 1. Pp. 90-96. (in Rus).
8. Rogozhina T.V., Rogozhin V.V. Tekhnologii konservirovaniya zelenoy massy rastvorami organicheskikh soyedineniy [Technology of canning green mass with solutions of organic compounds]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. No. 4 (114). Pp. 153-159. (in Rus).
9. Aliyev S.A. Agroenergetika – osnova povysheniya plodorodiya pochv i urozhayev sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Power power production as the basis of improving of soil fertility and crop yields]. *Programmirovaniye urozhayev sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Sibiri*. Novosibirsk, 1985. Pp. 13-17. (in Rus).
10. Bulatkin G.A., Larionov V.V. Osnovy energeticheskoy kontseptsii agrotekhnicheskoy nagruzki [The basic energy concepts of farm load]. Pushchino: RAS-KhN, 1992. 28 p. (in Rus).
11. Sozinov A.A., Novikov Yu.F. Energeticheskaya tsena industrializatsii agrosfery [The energy price of farm industrialization]. *Privoda*. 1985. No. 5. Pp. 11-19. (in Rus).
12. Mikhaylichenko B.P. Metodicheskoye posobiye po agroenergeticheskoy i ekonomicheskoy otsenke tekhnologii i sistem kormoproizvodstva [Handbook on agro energetic and economic evaluation of technologies and systems of fodder production: [methodological edition]] M.: Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk, 1995. 174 p. (in Rus).
13. GOST R51750-2001 Metodika opredeleniya energoyemkosti pri proizvodstve produktsii i okazanii uslug v tekhnologicheskikh energeticheskikh sistemakh. Vved. 2002-01-01. [GOST R51750-2001 Method of determining energy intensity in the production and rendering of services in technological energy systems. Intr. 2002-01-01]. M.: Izd-vo standartov, 2001. 24 p. (in Rus).
14. Nechayev V.N., Nechayeva M.L. Snizheniya situatsionnykh izderzhok kak instrument resursoberezheniya v agropromyshlennom komplekse [The decrease of situational costs as a tool of resource-saving in agribusiness]. *Materialy Respublikanskoy nauchno-teoreticheskoy konferentsii "Seyfullinskiye chteniya-12: Molodezh' v nauke – innovatsionnyy potentsial budushchego"*. 2016. Vol. 1. Part 2. Pp. 155-159. (in Rus).
15. Ustyugov S.Yu. Obosnovaniye osnovnykh parametrov i rezhimov raboty malogabaritnogo kombikormovogo agregata: Dis. ...kand. tekhn. Nauk [Substantiation of the basic parameters and modes of operation of small mixed feed producing unit: PhD (Eng) thesis]. Kirov, 2005. 170 p. (in Rus).

Received on January 13, 2017

УДК 629:631.151 (571.52)

ОНДАР АЙЛАНА МЕРГЕНОВНА

E-mail: lanachka2112@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Одной из стратегических целей государства является создание условий для устойчивого развития сельских территорий, обеспечение стабильного комплексного мобильного решения социальных, экономических и экологических задач. В этих целях и разработана Концепция устойчивого развития Российской Федерации на период до 2020 года. Если учитывать комплекс нерешенных социальных проблем, а также относительную транспортную изолированность, то Республика Тыва по многим социально-экономическим параметрам отстает от большинства регионов Сибирского Федерального округа и России. Одной из главных проблем, сдерживающей социально-экономическое развитие региона, является неразвитость транспортной инфраструктуры. Поэтому изучение и анализ данного направления в настоящее время являются актуальными. С учетом неосвоенности территории региона, удаленности отдельных населенных пунктов Республики Тыва автомобильный транспорт имеет здесь особое значение для обеспечения мобильности населения. Проанализирована ситуация в сельской местности, а также причины, по которым сельское население республики убывает. Изучено состояние транспортных средств, их количество и структура автомобильного парка; протяженность и состояние автомобильных дорог; количество сельских населенных пунктов, не имеющих связи по дорогам с твердым покрытием. Установлено, что большинство транспортных средств в Республике Тыва превышает срок эксплуатации и изношено, что не обеспечивает нужный уровень безопасности; отсутствуют предприятия, обеспечивающие перевозку населения. Протяженность и доля дорог, не отвечающих нормативным требованиям СНиП 2.05.02-08, составляют 1556,5 км, или 46%. Выявлена необходимость оптимизации транспортной инфраструктуры, ускорения темпов строительства и реконструкции дорог с твердым покрытием.

Ключевые слова: транспорт, транспортная инфраструктура, сельские территории, мобильность населения, автомобильные дороги.

Введение. Являясь сложной и многогранной, транспортная инфраструктура Республики Тыва имеет большое влияние на развитие сельских территорий, где задействовано решение многих вопросов социального, природно-климатического, технологического и экономического характера.

Важной задачей является повышение транспортной доступности удаленных сельских территорий, что позволит сблизить отдаленные друг от друга районы республики, повысить качество жизни сельских жителей и уровень их деловой активности, создать территориальное единство для более благоприятных условий развития каждого района Республики Тыва. Доступ к безопасным и качественным транспортным услугам определит эффективное развитие социальной сферы сельских поселений [1].

Цель исследования – анализ транспортной инфраструктуры для социального развития сельских территорий. Анализ, в свою очередь, решал задачу оценки соответствия требованиям Федеральной государственной программы «Устойчивое развитие сель-

ских территорий до 2020 года» создания мобильности населения в условиях сельских территорий, благоприятных инфраструктурных условий и улучшения социальных условий для сельского населения [2].

Блок-схема основных подсистем развития сельских территорий представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Блок-схем развития сельских территорий

Результаты и обсуждение. Ситуация в сельской местности остается сложной, значительным является разрыв в уровне жизнедеятельности сельского и городского населения, продолжается отток населения из сельских территорий. Это происходит в связи с тем, что отсутствуют благоприятные условия жизнеобеспечения сельского населения, возможности своевременного и качественного социального сервиса, жилищные условия для молодых семей, достойная заработная плата сельским врачам и педагогам. По этим причинам низкой яв-

ляется мобильность населения и происходит его отток в город.

Наибольшее снижение численности населения за последние два года происходит в таких районах, как Бай-Тайгинский (23%), Овюрский (22,8%), Пий-Хемский (30,5%), Сут-Хольский (34,6%). Наибольшее увеличение численности населения наблюдается в п. Каа-Хем (130,2%), городах Кызыле (32%), Шагонар (8,9%), Ак-Довурак (8,0%) [3].

Структура парка по типу транспортных средств представлена в таблице.

Количество автотранспортных средств и прицепов к ним, находящихся на учете

Тип транспортного средства	Всего транспортных средств, шт.	В том числе находящиеся в собственности		
		физических лиц, шт.	из них индивидуальных предпринимателей и фермеров, шт.	юридических лиц, шт.
Всего транспортных средств	55888	52154	13	3734
Легковые автомобили	44543	42623	9	1920
Грузовые автомобили (категории N1)	297	248	-	49
Грузовые автомобили (категории N2)	906	746	-	160
Грузовые автомобили (категории N3)	4554	3625	3	929
Автобусы (категории M2)	1978	1681	-	297
Автобусы (категории M3)	99	44	-	55
Транспортные средства (категории L3-L5, L7)	320	316	-	4

Анализ приведенных данных показывает, что обеспеченность населения Республики Тыва автотранспортом существенно меньше, чем в среднем по Российской Федерации и СФО. На территории Российской Федерации на 1 июля 2016 г. зарегистрировано 49,11 млн автомобильной техники. Если учесть, что население России составляет примерно 146,5 млн чел., то окажется, что на 1000 россиян приходится примерно 285 автомобилей, в СФО – 230 автомобилей, в Республике Тыва – 171 ед. автомобилей [4]. На 1000 жителей республики приходится 0,93 ед. грузовых автомобилей категории N1; 2,84 ед. грузовых автомобилей категории N2; 14,3 ед. категории N3; автобусов категории M2-6,2 ед., категории M3-0,31 ед.

В собственности физических лиц находится более 93% автомобилей. Транспорт, оборудованный для перевозки опасных грузов, насчитывает 10 ед., для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов – 135 ед. [5].

Следует отметить, что автопарк республики предназначен для движения по дорогам общего пользования. Для эксплуатации в сложных климатических условиях и бездорожья необходимы специальные транспортные средства повышен-

ной проходимости, отвечающие экологическим требованиям [6]. В республике отсутствуют государственные транспортные предприятия, поэтому пассажирскими перевозками в основном занимаются частные перевозчики, что приводит к снижению безопасности дорожного движения. На протяжении последних лет автопарк региона не обновляется.

Структура сроков эксплуатации автомобильного парка Республики Тыва представлена на рисунке 2.

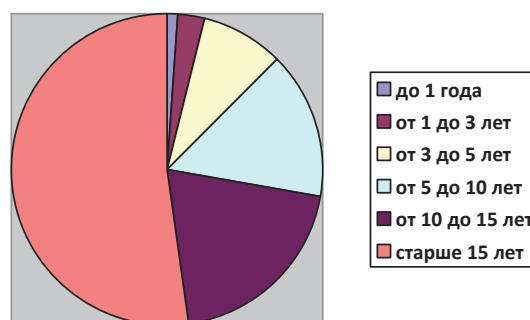


Рис. 2. Структура сроков эксплуатации парка автотранспортных средств

Из диаграммы следует, что обновление парка не превышает 1,2%, эксплуатация более 70% машин превышает ее установленный срок. Поддержание в рабочем состоянии изношенных автотранспортных средств требует повышенных эксплуатационных затрат и ухудшает экологическую обстановку в республике [7].

В настоящее время около 48 населенных пунктов республики в силу своей отдаленности и низкого технического состояния местных дорог не имеют регулярного транспортного потока для социального развития, а в зимнее время зачастую остаются полностью отрезанными от районных центров. Протяженность и доля дорог, не отвечающих нормативным требованиям СНиП 2.05.02-08, составляет 1556,5 км, или 46%. Только 96 сельских населенных пунктов имеют связи по дорогам с твердым покрытием с сетью дорог общего пользования региона; 48 сельских населенных пунктов не имеют связи по дорогам с твердым покрытием с сетью дорог общего пользования региона [8].

Стоит отметить, что зима в республике является достаточно продолжительной. Снежный покров устанавливается в конце октября, достигая 15...20 см и до 1...2 м на горных склонах, осадков в котловинах выпадает 150...400 мм в год, в горных районах – до 800...1000 мм в год, что ограничивает использование автомобилей, предназначенных для движения по дорогам общего пользования [9].

Общее состояние автомобильных дорог республики в настоящее время нельзя считать удовлетворительным. Дороги, соединяющие районы, находятся в критическом состоянии. По состоянию на 01.01.2016 г. имеются автомобильные автодороги общего пользования регионального или межмуниципального значения Республики Тыва общей протяженностью 3381,1 км. Из них с твердым покрытием – 2496,2 км, в том числе с усовершенствованным типом покрытия (асфальтобетонные) – 999,7 км; обработанные вяжущими – 59,5 км; с переходным типом покрытия (гравийные) – 1436,8 км; с низким типом покрытия (грунтовые) – 212,9 км, автозимники – 672 км; участок федеральной автомобильной дороги М-54 «Енисей» составляет 378 км [10].

Распределение по категориями автомобильных дорог в Республике Тыва представлено на рисунке 3.

Из рисунка следует, что в республике преобладают V, IV и III технические категории дорог. К сожалению, I техническая категория отсутствует; доля дорог II технической категории не превышает 1% [11].

Недостаточное количество дорог, их плохое качество приводят к нарушению хозяйственных связей между сельскими территориями, отрицательно сказываются на развитии рынка труда в сельской местности, создают напряженность в социальной сфере сельского населения. В республике не ведется учет муниципальных внутрихозяйственных автомобильных дорог по требованиям СНиП 2.05.11-83.

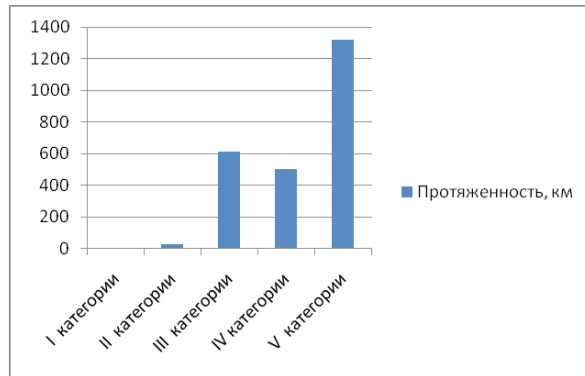


Рис. 3. Распределение дорог по категориям

Автомобильные дороги составляют важную часть транспортной инфраструктуры. В стратегическом развитии региона важной задачей является строительство, ремонт, реконструкция автомобильных дорог внутри республики и муниципальных образований. Развитие сельских территорий нуждается в усиленном внимании со стороны государства с целью повышения уровня и качества жизни сельского населения [12].

Выводы

В пределах Республики Тыва происходит постоянный отток населения из сельской местности по причине значительного разрыва в уровне жизнедеятельности сельского и городского населения. Большинство транспортных средств в республике превышает срок эксплуатации и является изношенным, что не обеспечивает нужного уровня безопасности. Отсутствуют предприятия, обеспечивающие перевозку населения. Протяженность и доля дорог, не отвечающих нормативным требованиям СНиП 2.05.02-08, составляет 1556,5 км, или 46%. Автомобильные дороги республики не соответствуют требованиям СНиП 2.05.02-08. Необходимо ускорить темпы строительства и реконструкции дорог с твердым покрытием, учитывая новые требования, предъявляемые к ним в современных условиях.

Важной предпосылкой для обеспечения устойчивого развития сельских территорий является оптимизация транспортной инфраструктуры. Повышение качества жизни сельского населения на основе развития транспортной инфраструктуры требует системного подхода и научно обоснованных действий, что определяет актуальность исследований в данном направлении.

Библиографический список

1. Постановление Правительства Республики Тыва от 28 апреля 2014 г. с изм. на 27 апреля 2016 г. № 171 «Об утверждении государственной программы "Развитие транспортной системы Республики Тыва на 2014-2016 годы"». Кызыл, 2013. 122 с.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 июля 2013 г. с изм. на 25 мая 2016 г. № 598 «О федеральной целевой программе "Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года"». М., 2013. 122 с.

3. Исследования «Анализ данных демографического ежегодника Республики Тыва-2015 и данных текущей статистики» ГБУ «Научно-исследовательский институт медико-социальных проблем» [Электронный ресурс]. Кызыл, 2016. 13 с. URL: <http://niituva.ru/>.

4. Аналитическое агентство «Автостат» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/>.

5. Статистические данные Госавтоинспекции Республики Тыва [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gibdd.ru/r/17/stat/>.

6. Дзоценидзе Т.Д. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения / Т.Д. Дзоценидзе, С.Н. Галкин, А.Г. Левшин, М.А. Козловская, В.Н. Сорокин, П.В. Серeda (ООО «НИИКА», ЗАО «Металлургиздат»). М., 2013. 368 с.

7. Статистические данные Госавтоинспекции Республики Тыва [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gibdd.ru/r/17/stat/>.

8. Сведения о целевых показателях подпрограммы «Автомобильные дороги на 2014-2016 годы» государственной программы РТ «Развитие транспортной системы РТ на 2014-2016 годы». Кызыл, 2014. 11 с.

9. Климатическая характеристика республики [Электронный ресурс]. URL: http://trasa.ru/region/tuva_clim.html.

10. Пояснительная записка к годовому отчету Республики Тыва 1-ДГ за 2015 год: Информ. отчет / ГКУ «Управление автомобильных дорог Республики Тыва». Кызыл, 2015. 2 с.

11. Информация о перспективе развития сети автомобильных дорог из Министерства дорожно-транспортного комплекса Республики Тыва, 2015.

12. Халтурин Р.А. Строительство сельских дорог, как фактор развития регионов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2014. № 2. С. 77-80.

Статья поступила 5.05.2017.

ANALYZING TRANSPORT INFRASTRUCTURE FOR SOCIAL DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES OF THE REPUBLIC OF TYVA

AYLANA M. ONDAR

E-mail: lanachka2112@mail.ru

Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

One of the strategic goals of the government is to make conditions for sustainable development of rural areas, to provide a stable integrated mobile solution to social, economic and environmental problems. To this end, the Concept of Sustainable Development of the Russian Federation for the period up to 2020 has been developed. Given a set of unresolved social problems, as well as relative transport isolation, the Republic of Tyva lags behind most regions of the Siberian Federal District and the whole Russia in many social-and-economic aspects. One of the main problems hampering the social-and-economic development of the region is the underdevelopment of the transport infrastructure. Therefore, the study and analysis of this area are currently relevant. Taking into account the undeveloped territory of the region, the remoteness of certain settlements of the Republic of Tyva, road transportation issues are of particular importance there to ensure the population mobility. The author analyzes the situation in rural areas, as well as the reasons why the rural population of the republic the car fleet is decreasing. The situation with vehicles, their number and structure have also been studied; as well as the length and condition of highways, the number of rural settlements that do not have connections with paved roads. It has been established that most vehicles in the Republic of Tyva exceed the service life and are worn out, which does not provide for the required safety level; there are no enterprises providing public transportation. The length and proportion of roads that do not meet the normative requirements of SNiP 2.05.02-08, are 1556.5 km, or 46%. The author highlights the need to optimize the transport infrastructure, accelerate the construction and reconstruction pace of hard surface roads.

Key words: transport, transport infrastructure, rural areas, population mobility, highways.

References

1. Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Tyva ot 28 aprelya 2014 g. s izm. na 27 aprelya 2016 g. No. 171 "Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy "Razvitiye transportnoy sistemy Respubliki Tyva na 2014-2016 gody"" [Decree of the Government of the Republic of Tuva of April 28, 2014 with amend. from April 27, 2016 No. 171 "On approval of the State program "Development of the transport system of the Republic of Tuva for 2014-2016". Kyzyl, 2013. 122 p. (in Rus).
2. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 15 iyulya 2013 g. s izm. na 25 maya 2016 g. No. 598 "O federal'noy tselevoy programme "Ustoychivoye razvitiye sel'skikh territoriy na 2014-2017 gody i na period do 2020 goda"" [Decree of the Government of the Russian Federation of July 15, 2013, amended. from May 25, 2016 No. 598 "On the Federal target program "Sustainable Development of Rural Territories for 2014-2017 and for the period to 2020"]. M., 2013. 122 p. (in Rus).
3. Issledovaniya "Analiz dannykh demograficheskogo yezhegodnika Respubliki Tyva-2015 i dannykh tekushchey statistiki" GBU "Nauchno-issledovatel'skiy institut mediko-sotsial'nykh problem»" [Research "Analysis of the data of the demographic yearbook of the Republic of Tuva-2015 and current statistics" of the GBU "Research Institute of Medical and Social Problems"] [Electronic resource]. Kyzyl, 2016. 13 p. URL: <http://niituva.ru/>. (in Rus).
4. Analiticheskoye agentstvo "Avtostat" [Analytical agency "Autostat"] [Electronic resource]. URL: <https://www.autostat.ru/>. (in Rus).
5. Statisticheskiye daniye Gosavtoinspektsii Respubliki Tyva [Statistical data of the State traffic police of the Republic of Tyva] [Electronic resource]. URL: <http://www.gibdd.ru/t/17/stat/>. (in Rus).
6. Dzotsenidze T.D., Galkin S.N., Levshin A.G., Kozlovskaya M.A., Sorokin V.N., Sereda P.V. Spetsializirovanny avtomobil'nyy transport sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Specialized motor transport for agricultural purposes. M., 2013. 368 p. (in Rus).
7. Statisticheskiye daniye Gosavtoinspektsii Respubliki Tyva [Statistical data of the State traffic police of the Republic of Tyva] [Electronic resource]. URL: <http://www.gibdd.ru/t/17/stat/>. (in Rus).
8. Svedeniya o tselevykh pokazatelyakh podprogrammy "Avtomobil'nyye dorogi na 2014-2016 gody» gosudarstvennoy programmy RT "Razvitiye transportnoy sistemy RT na 2014-2016 gody" [Information on the targets of the sub-program "Highways for 2014-2016" of the State Program of the Republic of Tajikistan "Development of the transport system of the Republic of Tajikistan for 2014-2016"]. Kyzyl, 2014. 11 p. (in Rus).
9. Klimaticheskaya kharakteristika respubliki [Climatic characteristics of the Republic] [Electronic resource]. URL: http://trasa.ru/region/tuva_clim.html. (in Rus).
10. Poyasnitel'naya zapiska k godovomu otchetu Respubliki Tyva 1-DG za 2015 god: Inform. otchet / GKU "Upravleniye avtomobil'nykh dorog Respubliki Tyva" [Explanatory note to the annual report of the Republic of Tyva 1-DG for 2015: Inform. Report / SCU "Administration of Highways of the Republic of Tuva"]. Kyzyl, 2015. 2 p. (in Rus).
11. Informatsiya o perspektive razvitiya seti avtomobil'nykh dorog iz Ministerstva dorozhno-transportnogo kompleksa Respubliki Tyva [Information on the prospects for the development of the road network of the Ministry of Road Transport of the Republic of Tuva]. 2015. (in Rus).
12. Khalturin R.A Stroitel'stvo sel'skikh dorog, kak faktor razvitiya regionov [Construction of rural roads as a factor of regional development]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*. 2014. No. 2. Pp. 77-80. (in Rus).

Received on May 5, 2017

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 502/504:631.347

АПАТЕНКО АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, докт. техн. наук, доцент

E-mail: a.apatenko@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРЕДВИЖНЫЕ РЕМОНТНЫЕ МАСТЕРСКИЕ – НАДЕЖНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

Актуальность изучения вопроса машинно-технологического потенциала в АПК России в настоящее время не вызывает сомнения. Одним из следствий современного этапа развития АПК явилось увеличение номенклатуры технологических машин, входящих в состав мелиоративного комплекса. Вместе с тем наблюдается обострение проблемы оперативного восстановления и поддержания в работоспособном состоянии техники, рост материальных, людских и финансовых затрат на обеспечение исправности машин и оборудования. В связи с этим важным вопросом, непосредственно влияющим на обеспечение продовольственной безопасности нашей страны, является повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин. Проведен анализ данных по эксплуатации технических средств в мелиоративно-строительных организациях, системы технического обслуживания и ремонта машин, проанализированы формы организации ремонтно-технического воздействия, рассмотрены характерные варианты организации устранения отказов машин и обоснована целесообразность использования передвижных ремонтных мастерских. Представлены наиболее популярные на сегодняшний день модели передвижных ремонтных мастерских и их варианты комплектации. Предложенный метод устранения отказов технических средств передвижными ремонтными мастерскими с оптимальным уровнем технической оснащенности позволит повысить эффективность эксплуатации технологических комплексов машин на мелиоративных работах.

Ключевые слова: отказы, ремонтно-техническое воздействие, передвижные ремонтные мастерские, планово-предупредительная система, мелиоративный комплекс машин.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности связано с технической оснащенностью сельскохозяйственных товаропроизводителей сельскохозяйственными машинами и оборудованием. Именно машинно-технологический комплекс сельского хозяйства как инновационная база аграрного производства является важнейшей производственной системой, которая обеспечивает объемы, качество и экономические характеристики конечной сельскохозяйственной продукции.

Однако решение стратегических задач по продовольственной безопасности ограничено наличием в отечественном сельском хозяйстве системной проблемы – низким уровнем машинно-технологического потенциала отрасли. Эта сфера (технологии, техники) более чем на 60% формирует уровень себестоимости сельскохозяйственной продукции и как следствие ее конкурентоспособность.

Задачи эффективной эксплуатации технических средств весьма актуальны, в том числе и в водохозяй-

ственном комплексе РФ, вследствие достаточно высокого уровня комплексной механизации основных видов работ. Так, в мелиоративном строительстве задействовано свыше 600 марок машин и механизмов, при этом на долю земляных работ приходится 60...90% стоимости мелиоративного строительства в целом.

Цель исследований – повышение эффективности эксплуатации технических комплексов машин в агропромышленном комплексе России.

Материал и методы. Анализ данных по эксплуатации технических средств в мелиоративно-строительных организациях показывает, что из-за низкой надежности машин до 40% в себестоимости их работ составляют затраты на техническое обслуживание и ремонт. При этом доля затрат временных ресурсов на простой по техническим причинам в общем фонде рабочего времени достигает 40...50%. Необходимо отметить, что это только часть ущерба, причиняемого в результате недостаточной надежности машин. В настоящее время, вследствие

широкого распространения в мелиоративном строительстве комплексной механизации, особенно остро стоит вопрос эффективного использования машин в составе технологического комплекса [1].

Потери времени на ремонт и техническое обслуживание составляют, по наблюдениям ряда исследователей, до 1/3 годового фонда рабочего времени [1].

Одним из следствий современного этапа развития научно-технического прогресса явилось увеличение номенклатуры технологических машин, входящих в состав мелиоративного комплекса. Оно сопровождается обострением проблемы восстановления и поддержания работоспособности техники, ростом материальных, людских и финансовых затрат на обеспечение исправности машин и оборудования.

Система технического обслуживания и ремонта транспортных и технологических машин представляет собой совокупность взаимосвязанных средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества машин, входящих в неё. Поддержание и восстановление качества машин – это ремонтно-обслуживающие воздействия на машину, имеющие своей целью управление техническим состоянием машины, контроль состояния составных частей и машины в целом, выполнение работ по устранению и предупреждению неисправностей по регламенту и/или по состоянию машины. В основном сегодня используются три основные стратегии выполнения работ технического обслуживания и ремонта: после отказа; регламентированная, в зависимости от наработки (календарного времени) по сроку и содержанию ремонтно-обслуживающих воздействий; по состоянию, с периодическим или непрерывным контролем (диагностирование) [1-4].

Две последние стратегии имеют планово-предупредительный характер. Применительно к ним

последствия отказов, возникших до назначенного срока проведения ремонтных работ, устраняют по мере необходимости, после отказа. ФНАЦ ВИМ прогнозирует следующее распределение выполнения объемов работ по техническому сервису:

- 60...70% – в мастерских хозяйств (несложный ремонт, техническое обслуживание и хранение техники);
- 15...25% – на сервисных предприятиях регионального (областного, республиканского) уровня (капитальный ремонт и модернизация машин, ремонт агрегатов, восстановление деталей, изготовление оснастки и оборудования);

- 15% – на районных ремонтных и дилерских предприятиях (ремонт и техническое обслуживание сложной сельскохозяйственной техники, монтаж и обслуживание оборудования для животноводства, транспортное и агрохимическое обслуживание) [1-3].

Необходимо отметить, что раньше при оснащении сравнительно простыми машинами трактористы и мастера-наладчики были способны самостоятельно полностью обслужить и отремонтировать свою машину. В настоящее время тракторист-машинист не в состоянии устранить отказы, тем более провести самостоятельно ремонт узлов и агрегатов. В связи с этим в полной мере должна развиваться и эффективно работать сеть специализированных агрегаторемонтных предприятий, а также дилерских и технических центров (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, первый блок – это собственная сервисная сеть сельхозтоваропроизводителей. Второй блок – модернизированные на высокотехнологичном уровне, под эгидой заводов-изготовителей, агрегаторемонтные предприятия и ЦВИДы. Третий блок – сеть дилеров, технических центров, ремонтных и других предприятий, выполняющих услуги на районном и региональном уровнях.

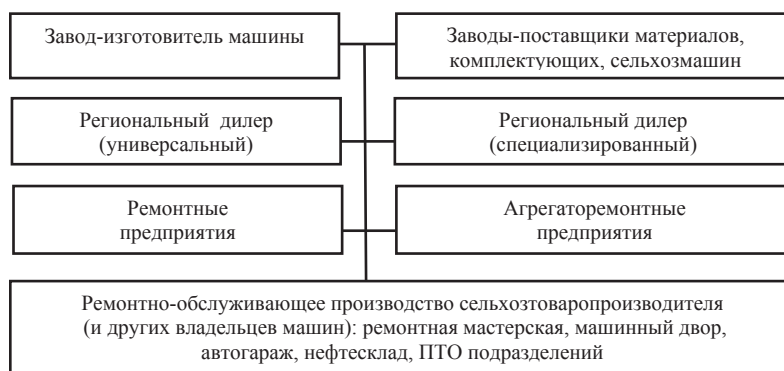


Рис. 1. Структура ремонтно-обслуживающей базы агропромышленного комплекса региона

Отдельно стоит отметить, что в настоящее время коэффициент технической готовности тракторов не превышает 0,8. Около 20% парка машин в работе не участвует из-за технической неисправности. В связи с развалом инженерно-технической структуры основные объемы работ (более 90%) по подготовке техники к весенне-полевым работам выполняют-

ся в хозяйствах: на машинных дворах, в центральных ремонтных мастерских, пунктах обслуживания. Эти объекты находятся в крайне неудовлетворительном состоянии. Практически отсутствуют площадки для настройки и регулировки агрегатов, что приводит прежде всего к необоснованному расходу материально-технических ресурсов. Установленное

на этих объектах ремонтно-технологическое оборудование в большинстве своем не может быть адаптировано к выпускаемой технике, особенно к машинам нового поколения. Необходима замена ремонтно-технологического оборудования новыми образцами или его модернизация на основе новых технических требований либо другое решение данного вопроса.

В связи с этим рассмотрены характерные варианты организации устранения отказов технологических комплексов машин (ТКМ), в том числе дилерскими предприятиями (рис. 2), и разработана методика для расчета оптимального ремонтно-технического воздействия при эксплуатации технологических комплексов машин [3].



Рис. 2. Варианты устранения отказов технологических комплексов машин

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований очевидно, что основная нагрузка по поддержанию машин в работоспособном состоянии ложится на эксплуатационное предприятие. Изучение организации процесса устранения технических отказов в различных мелiorативных организациях показало, что единого подхода к решению этого вопроса нет. Общим является то, что отказы за редким исключением устраняются на месте работы машин силами выездных ремонтных бригад, оснащённых передвижными ремонтными мастерскими [1, 4].

Передвижные ремонтные мастерские должны быть оснащены минимальным необходимым диагностическим и слесарным оборудованием, инструментами и машинами технической помощи на базе автомобилей. В состав бригады, как правило, входят: инженер-механик, моторист, слесарь-механик по трансмиссии и ходовой части и водитель автомобиля техпомощи, также участвующей в проведении ремонтных работ. Количество персонала и уровень технической осна-

щенности выездных ремонтных бригад для устранения отказов целесообразно определять исходя из потребностей в ремонтно-технических воздействиях.

Для ремонта машин, в том числе и устранения отказов, сегодня рекомендуются к использованию самоходные универсальные мастерские А-701М и ССТО-1А.

Для технического диагностирования мастерские бывают двух видов: диагностические и ремонтно-диагностические.

Диагностические мастерские оснащаются только диагностическим оборудованием, а ремонтно-диагностические оснащены также и ремонтным оборудованием. Оба вида мастерских выпускаются только самоходными.

ООО «Производственно-техническое предприятие «Урал» специализируется на ПАРМ на базе автомобилей «Урал».

На рисунке 3 представлена схема расположения оборудования передвижной ремонтной мастерской с жилым отсеком на базе шасси Урал 4320-58.

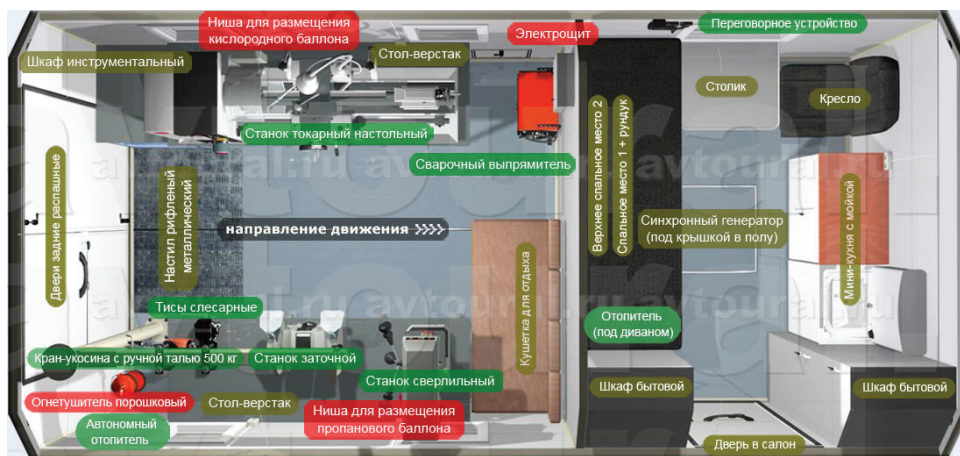


Рис. 3. Схема расположения оборудования передвижной ремонтной мастерской с жилым отсеком на базе шасси Урал 4320-58

Передвижная ремонтная мастерская с жилым отсеком и токарным станком на базе шасси Урал 4320-58 имеет следующие характеристики, показанные в таблице.

Передвижная ремонтная мастерская

Комплектация	
6×6, ЯМЗ 236НЕ2, 230 л.с., ДЗК, ДОМ, токарный станок, газосварочное оборудование, сварочный полуавтомат, наждак, сверлильный станок, кран-укосина, кислородный и пропановый баллоны, синхронный генератор, два двухуровневых спальных места, два бытовых шкафа, стол, два автономных обогревателя, переговорное устройство, мини-кухня	
Основные характеристики транспортного шасси	
Базовое шасси	Урал 4320-1951-58
Колесная формула	6×6
Габаритные размеры, мм, не более	9550×2500×3700
Максимальная скорость, км/ч	80
Полная масса автомобиля, кг	14 600
Допустимая полная масса прицепа, кг	11 500
Характеристики передвижной мастерской	
Кузов-фургон	Каркасного типа с профильными сэндвич-панелями
Внутренние размеры жилого салона	1900×2400×2050
Внутренние размеры грузового отсека	2900×2400×2050

Выводы

В современных условиях все большее распространение находят передвижные ремонтные мастерские. Передвижные ремонтные мастерские – надежное и современное решение, особенно в целях оперативного устранения отказов машин мелиоративного комплекса. Они выполняют функции, в том числе перевозки и использования специального оборудования на месте аварии или проведения профилактических восстановительных работ. Отличаются высокой вместительностью, практичностью, возможностью применения даже в сложных дорожных и климатических условиях. Рекомендации по использованию предложенной организации ремонтно-технических воздействий могут быть использованы не только при выполнении мелиоративных работ, но и для других сельскохозяйственных работ, например, при уборке урожая [5].

Библиографический список

1. Апатенко А.С. Повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин

на мелиоративных работах: Дисс. на соискание учёной степени д.т.н. М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. 333 с.

2. Техническое обслуживание, ремонт и обновление сельскохозяйственной техники в современных условиях // В.И. Черноиванов, С.А. Горячев, Л.М. Пильщиков, И.Г. Голубев. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 148 с.

3. Оптимизация инфраструктуры ремонтно-обслуживающей базы АПК // В.И. Черноиванов, С.А. Горячев, Л.М. Пильщиков, М.В. Назаров, И.Г. Голубев. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 52 с.

4. Голубев И.Г., Корольков Н.В., Карпенков В.Ф. Организация сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники зарубежными фирмами на Российском рынке // Техника и оборудование для села. 2013. № 6. С. 36-38.

5. Апатенко А.С. Оптимизация обеспеченности агрегатов мелиоративных технологических комплексов в ремонтно-технических воздействиях / В.А. Евграфов, А.С. Апатенко // Техника и оборудование для села. 2014. № 8. С. 41-44.

Статья поступила 14.03.2017

MODERN MOBILE REPAIR WORKSHOPS AS A RELIABLE SOLUTION FOR TROUBLE-SHOOTING OF MACHINE TECHNOLOGICAL COMPLEXES IN RUSSIAN AGRIBUSINESS INDUSTRY

ALEKSEI S. APATENKO, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: a.apatenko@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The urgency of studying the issue of the machine-technological capacity in the modern agribusiness industry of Russia is beyond doubt. One of the consequences of the current stage in the agribusiness development is an increase in the range of technological machines that are part of the reclamation facilities. At the same time, there is an aggravation of the problem of prompt restoration and maintenance of technically efficient equipment accompanied by increased material, human and financial costs needed to ensure the healthy operation of machinery and equipment. In connection with this, an important issue directly affecting the food security of our country is to increase the efficiency of operation of machinery technological complexes. The author has performed an analysis of data on the operation of technical means in reclamation-and-construction organizations, the system of machinery maintenance and repair, the forms of repair and technical support organization, considered typical options for eliminating machinery failures and justified the feasibility of using mobile repair shops. The most popular models of mobile repair shops and their variants are presented in the paper. The proposed method of eliminating technical equipment failures by mobile repair shops with the optimal level of technical equipment will allow increasing the efficiency of operation of machinery technological complexes employed in reclamation works.

Key words: failures, repair and technical support, mobile repair shops, preventative maintenance system, reclamation machinery complex.

References

1. Apatenko A.S. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii tekhnologicheskikh kompleksov mashin na meliorativnykh rabotakh: Diss. na soiskaniye uchony stepeni d.t.n. [Increasing the operation efficiency of technological machine complexes employed in reclamation works: PhD (Eng) thesis] M.: FGBOU VO RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2016. 333 p. (in Rus).

2. Chernoiyanov V.I., Goryachev S.A., Pil'shchikov L.M., Golubev I.G. Tekhnicheskoye obsluzhivaniye, remont i obnovleniye sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v sovremennykh usloviyakh [Maintenance, repair and renewal of farm machinery in modern conditions] M.: FGNU "Rosinformagrotekh", 2008. 148 p. (in Rus).

3. Chernoiyanov V.I., Goryachev S.A., Pil'shchikov L.M., Nazarov M.V., Golubev I.G. Optimizatsiya infrastruktury remontno-obsluzhivayushchey bazy APK

[Optimization of the repair and maintenance infrastructure in agribusiness]. M.: FGNU "Rosinformagrotekh", 2007. 52 p. (in Rus).

4. Golubev I.G., Korol'kov N.V., Karpenkov V.F. Organizatsiya servisnogo obsluzhivaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki zarubezhnyimi firmami na Rossiyskom rynke [Organization of service maintenance of agricultural machinery by foreign companies in the Russian market]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2013. No. 6. Pp. 36-38. (in Rus).

5. Yevgrafov V.A., Apatenko A.S. Optimizatsiya obespechennosti agregatov meliorativnykh tekhnologicheskikh kompleksov v remontno-tekhnicheskikh vozdeystviyakh [Optimization of the availability of repair and technical measures for units of reclamation technological complexes]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2014. No. 8. Pp. 41-44. (in Rus).

Received on March 14, 2017

УДК 631.173

КОРНЕЕВ ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ, канд. техн. наук, профессор

E-mail: tsmio@ramber.ru

КРАВЧЕНКО ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

ОВЧИННИКОВА МАРГАРИТА СЕРГЕЕВНА

E-mail: ritik68rus@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

СОЗДАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ФИРМЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В настоящее время в условиях конкуренции между изготовителями за рынки сбыта одним из элементов товарной политики является организация качественного технического сервиса реализуемой машиностроительной продукции сельскохозяйственного назначения в системе инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса. Основным принципом организации технического сервиса на современном этапе развития экономики является возложение ответственности на изготовителей или их дилеров за поддержание работоспособности реализуемой продукции в течение всего периода целесообразной эксплуатации. Технический сервис должен обеспечивать при минимальных затратах максимальное сокращение потерь, возникающих при эксплуатации машин вследствие возникновения неисправностей, и максимальную реализацию их потенциальных возможностей по надежности. В статье раскрывается структура существующей системы фирменного сервиса сельскохозяйственной техники с учетом ряда факторов, влияющих на его качество. Рассматривается фактор маркетинга, осознание важности которого среди участников рынка неуклонно растет. В работе приведена маркетинговая формула стратегии продвижения на рынке товаров и услуг. Выявлена одна из наиболее существенных проблем, ограничивающая рост хозяйственного производства. Приведены основные функции дилерского центра при организации фирменного сервиса сельскохозяйственной техники и обозначены принципы организации системы фирменного сервиса. На основании анализа зарубежного и отечественного опыта предложены наиболее эффективные формы создания систем фирменного сервиса сельскохозяйственных машин с учетом специфики их работы. Определена связь между объемами производства сельскохозяйственных машин и объемами их сбыта с маркетинговой и логистической деятельностью, а также организацией фирменного технического сервиса на основе дилерской системы.

Ключевые слова: дилерский центр, маркетинг, машинно-тракторный парк, работоспособность, система фирменного сервиса, технический сервис, техническое обслуживание и ремонт, фирменный сервис, эффективность.

Введение. Рыночные преобразования в России сопровождались сокращением государственной поддержки обновления машинно-тракторного парка в сельскохозяйственном секторе экономики, свободным доступом на внутренний рынок новой и поддержанной импортной техники, а также снижением выпуска машин и их комплектующих.

Одной из наиболее существенных проблем, лимитирующих рост сельскохозяйственного производства и напрямую влияющих на его конкурентоспособность, является состояние основных фондов [1-3], в том числе сельскохозяйственных машин.

Эффективность любого производства в значительной степени зависит от уровня организации в отрасли технического сервиса. В международной

практике машиноиспользования термин «технический сервис» [4-6] рассматривается как комплекс услуг, оказываемых товаропроизводителю, в приобретении средств механизации, эффективном использовании и поддержании их в работоспособном состоянии в течение всего периода эксплуатации, а также утилизации техники, отработавшей срок службы.

Цель исследования – повышение эффективности управления системой фирменного технического сервиса сельскохозяйственной техники за счет рационального планирования и распределения ресурсов в дилерско-сервисной сети.

Методика исследования. Для реализации цели проводились исследования, направленные на повы-

шение эффективности и конкурентоспособности фирменного сервиса путем анализа исследований и обобщения факторов, влияющих на качество функционирования дилерско-сервисной сети.

Результаты и обсуждение. Мировой рынок сельскохозяйственной техники на сегодняшний день становится «рынком потребителя». Ведущие фирмы-производители сельскохозяйственной техники ведут конкурентную борьбу за потребителя. В этих условиях наряду с качеством и другими потребительскими свойствами самих машин существенную роль в реализации играют спектр и объем сопутствующих мероприятий и услуг. В мероприятия и услуги, обеспечивающие реализацию сельскохозяйственной техники, входят [7, 8]: реклама, финансовая поддержка потребителя, эффективная подготовка персонала, доставка техники, предпродажная подготовка, послепродажный сервис, включающий техническое обслуживание и ремонт машин в гарантийный и послегарантийный периоды, поставка запасных частей.

При реализации сельскохозяйственной техники особое внимание уделяется рекламе. В рекламных целях проводятся такие мероприятия, как международные, национальные и региональные выставки, демонстрация техники в работе, безвозмездная передача техники в учебные заведения, предоставление машин для различных профессиональных соревнований, адресная рассылка рекламы, размещение ее в специальных изданиях, на радио и телевидении.

Учитывая, что современные сельскохозяйственные машины довольно дорогие, покупателям при ее приобретении предоставляется, как правило, кредит или лизинг.

Зарубежный и отечественный опыт машиноиспользования показывает, что наиболее эффективной формой организации технического сервиса на этапе обеспечения товаропроизводителей техникой является дилерская система [9, 10]. При этой форме изготовитель предоставляет право реализации и обслуживания техники на основе договора дилеру, отвечающему предъявляемым требованиям.

Основными функциями дилерского центра являются:

- изучение рынка сбыта, организация рекламы продукции и определение платежеспособного спроса;
- формирование заказа на продукцию, оформление договоров с поставщиками и приемка продукции по количеству, качеству и комплектности;
- проведение предпродажного обслуживания продукции и поставка ее потребителю;
- рассмотрение и удовлетворение рекламационных претензий потребителей в гарантийный период эксплуатации техники;
- обеспечение работоспособности техники путем проведения качественного технического обслуживания и ремонта на договорной основе;
- обеспечение потребителей запасными частями в течение всего периода эксплуатации техники;

- организация курсов обучения эксплуатационно-ремонтного персонала потребителей правилам эксплуатации и технического сервиса техники;

- обеспечение потребителей нормативно-технической документацией по устройству, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту техники;

- информирование потребителя об изменениях, внесенных в конструкцию техники;

- сбор и передача изготовителю информации о качестве и надежности реализованной техники.

Разновидностью дилерской формы технического сервиса является организация фирменного технического сервиса [11, 12]. Фирменный технический сервис предусматривает непосредственное участие изготовителей техники в ее обслуживании и ремонте на собственных производственных площадях или на базе ремонтных предприятий с привлечением посреднических структур, специализирующихся на работах по техническому сервису.

Понятия «фирменный сервис» связывают в первую очередь с полной ответственностью предприятия-изготовителя за работоспособность машиностроительной продукции в течение всего срока ее эксплуатации. Отечественный и зарубежный опыт показывает [13], что функционирование рынков продукции находится под огромным влиянием систем фирменного обслуживания производителей. Эти системы позволяют удовлетворять потребности в средствах механизации не столько за счет экстенсивного увеличения числа машин, сколько благодаря повышению качества и эффективности ее использования. При этом в основу системы фирменного сервиса заложены следующие принципы:

- ответственность за организацию технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации несет фирма-изготовитель (это обусловлено стремлением сохранить и развить рынок сбыта);

- техническое обслуживание (и в целом технический сервис) является важнейшим инструментом борьбы фирм за сферы влияния. Борьба на рынке сбыта все чаще выходит за рамки маневрирования ценой. Передовые фирмы предпочитают повышать конкурентоспособность на основе совершенствования конструкции техники и предоставления более широкого комплекса услуг в процессе их эксплуатации;

- система технического сервиса включает весь комплекс услуг, в том числе и модернизацию техники. Масштабы работ и видов услуг не регламентированы и определяются потребителем совместно с фирмой-изготовителем;

- фирма-изготовитель организует технический сервис своей продукции независимо от ее местонахождения. Это требует хорошо организованной и разветвленной сети предприятий системы фирменного сервиса;

- формы и организация системы технического обслуживания и текущего ремонта разнообразны (непосредственный контакт изготовитель – потребитель или через посредника).

Система фирменного сервиса включает в себя:

- продажу машин;
- доставку машин;
- предпродажное обслуживание;
- ввод в эксплуатацию;
- обеспечение запасными частями;
- учёт и удовлетворение рекламацией в гарантийный период;
- техническое обслуживание и ремонт в течение всего срока эксплуатации;
- технические консультации и информационное обеспечение;
- обучение специалистов;
- организацию наблюдения за работой техники;
- участие в работе по повышению эксплуатационной надежности и совершенствованию конструкций.

Решение перечисленных задач системы фирменного сервиса требует серьезных капиталовложений, развитой дилерской сети (по региональному принципу), предварительной разработки нормативной и эксплуатационной документации и других организационных и научных проработок [14, 15]. Таким образом, технический сервис превратился в важнейшую отрасль сферы услуг, неразрывно связанной со сферой производства.

Обозначенные принципы организации системы фирменного сервиса обуславливают как органи-

зационную структуру предприятий дилерско-сервисной сети, так и способы взаимодействия с фирмой-производителем, с предприятиями, обеспечивающими запасными частями, а также с другими партнерами.

Поскольку система фирменного сервиса является сложной организационно-технической системой, ей присущи все свойства таких систем, и соответственно управление должно строиться с учётом характеристик таких систем.

Проблемы, возникающие при этом, обусловлены особенностями как непосредственно больших систем, так и отрасли. Соответственно для того чтобы система была эффективной, следует учитывать особенности ее формирования, характер взаимодействий подсистем и параметры связей между ними, а также способ организации управления системой со стороны фирмы-производителя и параметры обратной связи с нею.

В качестве классификационных признаков при анализе проблем можно выбрать как этапы формирования и функционирования систем фирменного сервиса, так и тип самого объекта управления. Таким образом, выделив задачи и определив объекты управления, можно выявить возможные негативные факторы, препятствующие решению данных задач (рисунок).



Цели и задачи в области управления системой фирменного сервиса

В системе фирменного сервиса оперативность и качество оказываемых услуг во многом определяются квалификацией исполнителей и адаптацией персонала к реальным условиям.

Условия конкуренции на рынке сервисных услуг вынуждают искать новые формы повышения эффективности функционирования системы фирменного сервиса, для руководителей многих компаний становится очевидным, что клиентоориентирован-

ность не столько дань моде, сколько основное направление создания конкурентных преимуществ.

Согласно цели маркетинговых исследований, стратегия продвижения на рынке товаров и услуг определяется пятью компонентами:

$$\text{Маркетинг} = \text{Продукт (услуга)} + \text{Цена} + \text{Место} + \text{Продвижение} + \text{Люди}.$$

Эту общепризнанную формулу маркетинга применяют успешные компании, продвигая свои то-

вары и услуги, не только понимая важность этого компонента, но и делая реальные инвестиции в обучение пониманию философии и навыкам ориентации на клиента своих сотрудников.

Все эти направления производитель сможет реализовать только при наличии разветвленной и управляемой товаропроводящей сети, сочетающей различные формы ее построения – сеть дилерских центров, производственно-технических или снабженческо-сбытовых кооперативов и т.п., действуя через которые производители смогут реализовать машиностроительную продукцию и обеспечивать технический сервис в ассортименте, удовлетворяющем как крупных, так и мелких сельхозпроизводителей. Переход в рыночных условиях отечественных изготовителей сельскохозяйственных машин к системе фирменного обслуживания, при которой сервис выполняется по инициативе и при участии изготовителя, обусловлен приоритетом товаропроизводителя и взаимовыгодным интересом. Такое положение ставит предприятия машиностроения перед необходимостью формирования дилерских центров.

Дальнейшее развитие национальной системы технического сервиса связано с обеспечением высокого качества услуг, оказываемых сервисными предприятиями.

В настоящее время качество услуг становится одним из главных факторов, определяющих коммерческий успех предприятия, его конкурентоспособность. Качество работ зависит от многих факторов. К ним относятся: оснащенность предприятия прогрессивным технологическим оборудованием и нормативно-технической документацией, уровень квалификации, профессионального мастерства персонала предприятия, а также организации рабочего процесса, качество используемых запасных частей и др.

Выводы

1. Эффективность системы технического сервиса должна определяться качеством взаимодействия трех подсистем: «продажа – сервис – запасные части». Решение данной проблемы возможно на основе использования логистических принципов в области организации и управления предприятиями дилерско-сервисной сети.

2. Увеличение объемов производства сельскохозяйственных машин и объемов их сбыта будет самым тесным образом связано с эффективной маркетинговой и логистической деятельностью, производством более качественной техники и организацией сопутствующего сервиса.

Библиографический список

1. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: Учебное пособие / А.П. Та-

расенко, В.Н. Солнцев, В.П. Гребнев [и др.]; Под ред. А.П. Тарасенко. М.: КолосС, 2004. 550 с.

2. Механизация сельскохозяйственного производства: Учебник / В.К. Скоркин, Е.И. Резник, Н.И. Бычков [и др.]. М.: КолосС, 2009. 320 с.

3. Организация сельскохозяйственного производства: Учебник / М.П. Тушканов, С.И. Грядов, А.К. Пастухов [и др.]; Под ред. М.П. Тушканова, Ф.К. Шакирова. М.: ИНФРА-М, 2017. 292 с.

4. Конкин Ю.А. Технический сервис – опыт и перспективы развития / Ю.А. Конкин, И.Г. Голубев, М.Ю. Конкин, В.Н. Кузьмин; Под общ. ред. Ю.А. Конкина. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 340 с.

5. Дидманидзе О.Н., Корнеев В.М. Технический сервис в АПК. М.: Изд-во ООО «УМЦ Триада», 2015. 110 с.

6. Дорохов А.С., Корнеев В.М., Катаев Ю.В. Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК // Сельский механизатор. 2016. № 8. С. 2-5.

7. Извозчикова В.В. Совершенствование технического сервиса сельскохозяйственных машин на основе информационного обеспечения: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03, 05.13.06. Оренбург, 2004. 162 с.

8. Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Корнеева Е.Н. Логистика технического сервиса: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 141 с.

9. Макуев В.А., Шамарин Ю.А., Корнеев В.М. Основы создания системы фирменного сервиса лесной и сельскохозяйственной техники // Лесной вестник. 2014. № 2. С. 10-11.

10. Ахметов Т.А. Аспекты организации системы фирменного сервиса сельскохозяйственной техники // Международный научный журнал. 2015. № 2. С. 72-75.

11. Кушнарв Л.И. Фирменный технический сервис машин и оборудования. Проблемы. Поиски. Решения. Saarbrücken: Palmarium academic publishing, 2014. 210 с.

12. Кушнарв Л.И., Алешин В.Ф., Чепурин А.В. Внедрение фирменного технологического сервиса для повышения качества техники // Инновационная наука. 2016. № 12. С. 80-83.

13. Чепурин Е.Л., Кушнарв Л.И. Роль и место производителей сельхозтехники в фирменном техническом сервисе // Техника и оборудование для села. 2013. № 7. С. 38-40.

14. Есионов В.Т. Организационно-экономические основы технического обеспечения сельского хозяйства: Дис. ...канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2000. 126 с.

15. Ременцов А.Н. Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе: Учебник / А.Н. Ременцов, Ю.Н. Фролов, В.П. Воронов [и др.]; Под ред. А.Н. Ременцова. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 480 с.

Статья поступила 17.02.2017

ESTABLISHING AND ORGANIZATION OF CORPORATE TECHNICAL SERVICE SYSTEM OF AGRICULTURAL MACHINERY

VICTOR M. KORNEYEV, PhD (Eng), Professor

E-mail: tsmio@ramber.ru

IGOR N. KRAVCHENKO, DSc (Eng), Professor

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

MARGARITA S. OVCHINNIKOVA, post-graduate student

E-mail: ritik68rus@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

Under current conditions of competition between manufacturers, one of the product policy elements is the organization of high-quality technical service of the employed farm machinery and equipment. The basic principle of the organization of technical service at the present stage of economic development is vesting manufacturers or their dealers with the responsibility for maintaining performance of their products during the whole period of their service life. Technical service shall provide at a minimum cost maximum reduction of losses arising from the machinery operation due to faults, as well as maximum implementation of their reliability capacity. The paper provides a complete picture of the currently existing corporate service system of agricultural machinery with account of different factors influencing the CS quality. Among other things, the authors review the marketing factor, the importance of which for market participants is steadily growing. The paper provides a formula of a marketing strategy to promote goods and services in the market. The authors reveal one of the most significant problems limiting the growth of economic production, list the main functions of the dealership engaged in organizing a system of corporate service of farm machinery, and state the principles of a corporate service system. Basing on the existing domestic and foreign experience the authors offer most efficient forms of farm machinery corporate service systems with account of some specific features of machinery operation. The paper also presents a relationship between the production and sales volume of farm machinery and marketing and logistic activities, as well as technical service organization.

Key words: dealership, marketing, farm machinery fleet, performance, corporate service system, technical service, maintenance and repair, corporate service, efficiency.

References

1. Tarasenko A.P., Solntsev V.N., Grebnev V.P. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Uchebnoye posobiye* [Mechanization and electrification of agricultural production: Textbook]. Moscow, KolosS, 2004. 550 p. (in Rus).
2. Skorkin V.K., Reznik Ye.I., Bychkov N.I. *Mekhanizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Uchebnik* [Mechanization of agricultural production: Textbook]. Moscow, KolosS, 2009. 320 p. (in Rus).
3. Tushkanov M.P., Gryadov S.I., Pastukhov A.K. *Organizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Uchebnik* [Organization of agricultural production: Textbook]. Moscow, INFRA-M, 2017. 292 p. (in Rus).
4. Konkin Yu.A., Golubev I.G., Konkin M.Yu., Kuz'min V.N. *Tekhnicheskii servis – opyt i perspektivy razvitiya* [Technical service - experience and development prospects]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2011. 340 p. (in Rus).
5. Didmanidze O.N., Korneyev V.M. *Tekhnicheskii servis v APK* [Technical service in agriculture]. Moscow, Izd-vo OOO "UMTS Triada", 2015. 110 p. (in Rus).
6. Dorokhov A.S., Korneyev V.M., Katayev YU.V. *Tekhnicheskii servis v sisteme inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya APK* [Technical service in the system of agribusiness engineering and technical support]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016. No. 8. Pp. 2-5. (in Rus).
7. Izvozchikova V.V. *Sovershenstvovaniye tekhnicheskogo servisa sel'skokhozyaystvennykh mashin na osnove informatsionnogo obespecheniya: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03, 05.13.06* [Improving the technical service of agricultural machinery on the basis of information support: PhD (Eng) thesis: 05.20.03, 05.13.06]. Orenburg, 2004. 162 p. (in Rus).
8. Korneyev V.M., Kravchenko I.N., Korneyeva Ye.N. *Logistika tekhnicheskogo servisa: Uchebnoye posobiye* [Technical service logistics: Textbook]. Moscow, Izd-vo RGAU-MSKHA, 2016. 141 p. (in Rus).

9. Makuyev V.A., Shamarin Yu.A., Korneyev V.M. Osnovy sozdaniya sistemy firmennogo servisa lesnoy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Basics of establishing a system of corporate servicing timber and agricultural machinery]. *Lesnoy vestnik*. 2014. No. 2. Pp. 10-11. (in Rus).
10. Akhmetov T.A. Aspekty organizatsii sistemy firmennogo servisa sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Aspects of the organization of corporate service system of farm machinery]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2015. No. 2. Pp. 72-75. (in Rus).
11. Kushnarev L.I. Firmennyy tekhnicheskyy servis mashin i oborudovaniya. Problemy. Poiski. Resheniya. [Corporate technical service of machinery and equipment. Problems. Search. Solutions]. Saarbrücken: Palmarium academic publishing, 2014. 210 p. (in Rus).
12. Kushnarev L.I., Aleshin V.F., Chepurin A.V. Vnedreniye firmennogo tekhnologicheskogo servisa dlya povysheniya kachestva tekhniki [Introduction of corporate technology services to improve the machinery quality]. *Innovatsionnaya nauka*. 2016. No. 12. Pp. 80-83. (in Rus).
13. Chepurina Ye.L., Kushnarev L.I. Rol' i mesto proizvoditeley sel'khoztekhniki v firmennom tekhnicheskoy servise [The role and place of agricultural producers in the corporate technical service]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2013. No. 7. Pp. 38-40. (in Rus).
14. Yesionov V.T. Organizatsionno-ekonomicheskiye osnovy tekhnicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaystva: Dis. ...kand. ekon. nauk: 08.00.05 [Organizational-economic fundamentals of farm support: PhD (Econ) thesis: 08.00.05]. Moscow, 2000. 126 p. (in Rus).
15. Rementsov A.N., Frolov Yu.N., Voronov V.P. Sistemy, tekhnologii i organizatsiya uslug v avtomobil'nom servise: Uchebnik [Systems, technologies and organization of services in the automotive service]. Moscow, Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2013. 480 p. (in Rus).

Received on February 17, 2017

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

УДК 631.3

ВОДЯННИКОВ ВЛАДИМИР ТИМОФЕЕВИЧ, докт. экон. наук, профессор

E-mail: vvt-5210@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Разработка, производство и введение в хозяйственный оборот техники и инженерно-технических систем нового поколения с существенно более высокими технико-экономическими параметрами, современных механизированных и автоматизированных агротехнологий и форм организации использования машинных агрегатов как человекомашинных систем является основой вывода отечественного аграрного сектора экономики на необходимые объемы производства продовольствия, кардинального повышения её конкурентоспособности. Ведущим фактором должен стать уровень производительности труда, в 3-4 раза превышающий сегодняшний. Под влиянием научно-технического прогресса осуществляется создание более прогрессивных инженерно-технических систем, переход от экстенсивного способа производства к его интенсификации. Актуальным становится вопрос об экономической оценке и выбора наиболее эффективного инженерно-технического решения и системы. В методическом плане при решении данного вопроса нужно исходить из следующих позиций: в условиях товарно-денежных отношений универсальным обобщающим критерием эффективности производства вообще и эффективности применения техники в частности может быть только денежная форма. Роль денег как всеобщей формы учета общественно необходимого труда усиливается в рыночных условиях. Нет нужды заменять денежную форму какими-либо натуральными показателями. При экономической оценке технических средств нужен метод, позволяющий свести все показатели в единую денежную форму. В условиях рыночных отношений все множество видов труда сводится к абстрактному, а его общественно необходимая величина выражается стоимостью и выступает в форме цены. Несмотря на несовершенство ценообразования, труд, воплощенный в технике, равно как и в материалах, потребляемых ею, может быть выражен ценой, уплачиваемой потребителем машины. Живой труд измеряется рабочим временем, а учитывается обществом через заработную плату. Следовательно, затраты живого труда можно также измерять в денежной форме через заработную плату, а величину живого труда, замещаемого применением технических средств, – через экономию заработной платы в расчете на единицу работы или продукции по сравнению с базовым вариантом техники или с ручным трудом.

Ключевые слова: техника, инженерно-техническая система, технико-экономическая оценка, научно-технический прогресс.

Введение. На современном этапе развития науки и техники существуют самые различные определения «техническая (инженерно-техническая) система» [1-5].

Анализ определений и понятий о ТС (ИТС) приводит к заключению, что смысл системного подхода при исследовании процессов развития техники (технических средств) и инженерных решений заключается в рассмотрении любого инженерно-технического объекта как системы взаимосвязанных элементов, образующих единое целое. Зарождение и создание этих объектов происходит при непосредственном участии и благодаря инженерному труду – особой

форме человеческой деятельности, связанной с развитием и реализацией достижений научно-технического прогресса в экономику страны. Этот процесс в отношении ИТС представляет собой совокупность нескольких узловых этапов ИТС, отличающихся друг от друга. При этом между отдельными этапами лежат промежуточные инженерно-технические решения и разработки (идеи, новшества), как с небольшими изменениями (эволюционное развитие), так и с принципиально новым подходом (революционное развитие) по сравнению с предшествующим шагом развития. Системы как бы «впитывают» друг друга, преобра-

жаясь иногда до неузнаваемости. Мелкие изменения в ИТС накапливаются и становятся поводом для крупных качественных преобразований. Чтобы познать эти закономерности, следует определить, что такое инженерно-техническая система, из каких составных частей она состоит, каковы последствия от действия внешних и внутренних факторов и т.д. На наш взгляд, несмотря на огромное разнообразие определений, инженерно-технические системы (ИТС) обладают рядом общих свойств, признаков и особенностей, что позволяет считать их единой группой объектов.

К таким признакам следует отнести:

- в основе создания ИТС лежит инженерный труд;
- системы состоят из частей, элементов, т.е. имеют определенную структуру;
- системы созданы для выполнения определенных функций, необходимых человеку;
- части системы имеют связи друг с другом, соединены определенным образом, организованы в пространстве и времени;
- каждая ИТС в целом обладает особым качеством, не равным простой сумме свойств составляющих ее элементов, иначе пропадает смысл в создании системы как цельного, функционирующего и организованного объекта.

Исходя из изложенного, под инженерно-технической системой следует понимать определенную совокупность взаимосвязанных и упорядоченно взаимодействующих элементов (частей), созданных инженерным трудом, обладающую качествами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов, предназначенную для выполнения определенных полезных функций и повышения эффективности общественного производства.

Цель исследования – теоретическое обоснование и выявление методических основ экономической оценки внедрения инженерно-технических систем в агропромышленное производство.

Материал и методы. Эффективность применения любой ИТС, в том числе в АПК, характеризуется ее параметрами и надежностью. Надежность как сложное свойство технических средств в зависимости от назначения ИТС состоит из сочетания свойств безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, зависит от условий эксплуатации, как отдельных элементов (частей), так и всей системы в целом. При этом главной задачей технической эксплуатации является постоянный контроль технического состояния и надежности отдельных составных частей ИТС и поддержание их на уровне, достаточном для выполнения системой заданных ей функций. В решении этой задачи значительное место отводится техническому сервису, который включает в себя комплекс мероприятий по поддержанию исправности и работоспособности отдельных частей ИТС.

Результаты и обсуждение. Разные элементы ИТС неодинаково влияют на производство, а их эффективная работа закладывается на стадии конструирования. Одним из основных факторов эффективности использования ИТС является трудоемкость технического сервиса, которая зависит

от конструктивных особенностей (контролепригодности, доступности, легкоъемности и взаимозаменяемости), эксплуатационных условий и квалификации обслуживающего персонала. Сокращение общей трудоемкости работ по техническому сервису при эксплуатации ИТС способствует качественному выполнению профилактических работ и соблюдению их оптимальной периодичности с целью предотвращения повреждений и отказов, а значит, снижению трудозатрат на их устранение и недопущению потерь экономической выгоды (ущербов).

Для сокращения затрат при выполнении работ по техническому сервису, составляющих основную часть эксплуатационных расходов, в современных ИТС необходимо предусматривать встроенную систему контроля, которая бы позволяла оценивать правильность функционирования и техническое состояние отдельных элементов (частей) системы в любой момент времени. Более современной формой организации выполнения работ по техническому сервису ИТС является обслуживание «по потребности», которое предполагает ремонт или замену отдельных элементов, агрегатов, деталей на основании объективных данных о техническом состоянии ИТС. Качество функционирования системы технического диагностирования оценивается по таким показателям, как влияние на эффективность использования ИТС и величина вероятности правильной оценки технического состояния. Техническая диагностика позволяет выявить и устранить отказы и неисправности ИТС и практически реализовать стратегию организации работ по техническому сервису «по реальному состоянию», продлить срок службы и получить значительный технико-экономический эффект.

Технический уровень ИТС производственных процессов во многом определяет экономическую эффективность применения их в сельскохозяйственном производстве. Уровень технического совершенства тех или иных технических средств оценивается системой показателей: производительность, КПД, мощность, долговечность, безотказность, степень унификации и т.д. Ключевыми в системе признаны показатели надежности, заметно влияющие на производительность, КПД и экономическую эффективность применения прогрессивных ИТС. Выход из строя технологического и электро-технического оборудования, входящего в ИТС, повлечет за собой нарушение технологического процесса, утрату части продукции, нерациональное расходование трудовых и материальных ресурсов, увеличение затрат на ремонт и содержание ИТС [6].

Надежность работы технологического оборудования и средств (систем) автоматизации ИТС характеризуют такие показатели, как: интенсивность и параметр потока отказов; наработка на отказ; вероятность безотказной работы; среднее время восстановления и др. Совокупность технологического оборудования и средств автоматизации реально представить как систему взаимосвязанных элементов, выход из строя одного из них повлечет за собой отказ всей ИТС и нарушение технологического процесса производства.

Общую интенсивность (поток) отказов (λ) системы определяют, используя выражение:

а) для невозстанавливаемых (неремонтируемых) элементов

$$\lambda = \sum_1^B \lambda_{oi} \cdot n_i \cdot K_{\lambda},$$

где λ_{oi} – интенсивность отказов i -х элементов в лабораторных условиях, $1/ч$; n_i – число однотипных элементов в системе; K_{λ} – поправочный коэффициент на конкретные условия эксплуатации; B – количество видов (типов) элементов в системе;

б) для восстанавливаемых элементов

$$q = \sum_1^B q_{oi} \cdot n_i \cdot K_{\lambda},$$

где q_{oi} – поток отказов i -го элемента в лаборатории, $1/ч$.

Отсюда средняя наработка системы (элемента) на отказ

$$t_{от} = \frac{1}{q}, t_{от} = \frac{1}{\lambda}.$$

Затраты времени на устранение отказа (время восстановления, ч):

$$t_B = K_{\Pi} \frac{\sum_1^B \lambda_{oi} \cdot n_i \cdot t_{B_i}}{\sum_1^B \lambda_{oi} \cdot n_i},$$

где K_{Π} – коэффициент, учитывающий время поиска неисправности в системе; t_{B_i} – время восстановления i -го элемента, ч.

Ожидаемое количество отказов системы за год

$$m_o = \lambda \cdot t_p,$$

где t_p – время работы оборудования в течение года, ч.

Ожидаемое суммарное время простоя (ч) технологического оборудования за год

$$t_{\Pi} = m_o \cdot t_p,$$

где t_p – время простоя технологического оборудования при одном отказе, ч;

$$t_{\Pi} = Z_i^{cp} \cdot t_B,$$

где Z_i^{cp} – средние затраты времени на вызов ремонтно-обслуживающего персонала и доставку оборудования (рассчитывают как средние данные по конкретному хозяйству), ч.

Коэффициент технической готовности – комплексный показатель эксплуатационной надежности ИТС:

$$K_r = \frac{t_{от}}{t_{от} + t_n} = \frac{t_{pб}}{t_{pб} + t_{\Pi}^c},$$

где $t_{pб}$ – безотказное время работы оборудования в течение года, ч.

Экономическая эффективность применения ИТС закладывается на стадии проектирования и закрепляется в процессе ее изготовления. Естественно, что изготовление системы должно обеспечивать экономическую выгоду предприятию, ее производящему. Однако сама система, с точки зрения ее экономического содержания, есть созданное человеком средство труда для повышения производительности труда тех, кто ее применяет.

При экономической оценке эффективности ИТС следует исходить из следующих позиций: во-первых, в условиях товарно-денежных отношений универсальным обобщающим критерием эффективности производства вообще и эффективности применения техники в частности может быть только денежная форма. Роль денег как всеобщей формы учета общественно необходимого труда усиливается в рыночных условиях. Нет нужды заменять денежную форму какими-либо натуральными показателями. Таким образом, при экономической оценке ИТС нужен метод, позволяющий свести все показатели в единую денежную форму.

Во-вторых, в условиях рыночных отношений все множество видов труда сводится к абстрактному, а его общественно необходимая величина выражается стоимостью и выступает в форме цены. Несмотря на несовершенство ценообразования, труд, воплощенный в технике, равно как и в материалах, потребляемых ею, может быть выражен ценой, уплачиваемой потребителем ИТС.

Живой труд измеряется рабочим временем, а учитывается обществом через заработную плату. Следовательно, затраты живого труда можно также измерять в денежной форме через заработную плату, а величину живого труда, замещаемого применением ИТС, – через экономию заработной платы в расчете на единицу работы или продукции по сравнению с базовым вариантом техники или с ручным трудом.

Воздействие ИТС на производительность труда зависит от степени, в которой она замещает живой труд. Поэтому условие ее применения может быть выражено в виде формулы

$$C_m < (V_б + M_б) - (V_{\Pi} + M_{\Pi}) = \Delta V + \Delta M,$$

где C_m – масса общественного труда в ИТС; V – необходимый живой труд; M – добавочный живой труд; $(V_б + M_б)$ и $(V_{\Pi} + M_{\Pi})$ – масса живого труда, затраченного на производство сельскохозяйственной продукции до и после применения ИТС; $\Delta V + \Delta M$ – экономия живого труда, полученная в результате функционирования ИТС.

Чем выше экономия живого труда ($\Delta V + \Delta M$), тем больше возможность роста производительности труда, тем выше эффективность применения ИТС. На практике существует множество факторов, снижающих эффективность функционирования ИТС, делающих их неэффективными в сельскохозяйственном производстве.

Вопрос об эффективности ИТС целесообразно рассматривать с позиции общественного производства. В качестве критерия экономической эффективности следует принять максимум производительности общественного труда или минимум общественно необходимых затрат совокупного труда на единицу производимой продукции (услуг, работы). Живой труд при внедрении ИТС замещается овеществленным. При этом меньшее количество овеществленного труда замещает большее количество живого труда. В этом состоит экономический смысл повышения технического уровня производства, а вместе с ним – технической вооруженности труда.

Выводы

В основе создания ИТС лежит цель, которая задается человеком, и она предназначена для выполнения полезной функции. В современных условиях наука и техника предлагают аграрному сектору экономики широкий ассортимент технических средств, в том числе и для формирования (создания) ИТС, поэтому в практике хозяйствования приходится решать задачу, обусловленную экономически оправданным выбором того или иного варианта инженерно-технического решения. В итоге реализация экономически выгодного варианта ИТС призвана

обеспечить экономии общественного труда, рост объемов производства и повышения качества сельскохозяйственной продукции, снижение единичных трудовых и материально-технических ресурсов.

Библиографический список

1. Саламатов Ю.П. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем). URL: www.trizminsk.org/e/21101300/htm.
2. Техническое творчество: теория, методология, практика: Энциклопедический словарь-справочник / Под ред. А.И. Половинчика, В.В. Попова. URL: <http://doc.unicor.ru/tt/460.htm>.
3. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. Теория и практика решения технических задач. М., 2009. 249 с.
4. Кириллов Н.Г. Концептуальные модели технических систем с управляемым состоянием: обзор и анализ // Искусственный интеллект и принятие решений. М.: РАН, 2011. № 4. С. 11-16.
5. Хубка В. Теория технических систем. М.: Мир, 1987. 202 с.
6. Водяников В.Т. Экономика сельской энергетики / В.Т. Водяников. М.: БИБКОМ, ТРАНСЛЮГ, 2015. 360 с.

Статья поступила 30.03.2017

METHODICAL BASE OF TECHNICAL-AND-ECONOMIC ASSESSMENT OF ENGINEERING-AND-TECHNICAL SYSTEMS

VLADIMIR T. VODYANNIKOV, DSc (Econ), Professor

E-mail: vvt-5210@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The author claims that the development, production and introduction of new generation technology and engineering systems into the economic turnover with significantly increase technical and economic parameters, modern mechanized and automated farm technologies and forms of organizing the use of machinery units as human-machine systems is the basis for the ensuring the required food production output of the domestic farm industry, as well as steady increase of its competitiveness. The leading factor here should be the increased level of labor productivity in 3-4 times as compared with the existing one. Under the influence of scientific and technical progress, more progressive engineering and technical systems are being developed, and the extensive production mode is modified and led towards its intensification. The issue of economic evaluation and selection of the most effective engineering and technical solutions and systems becomes highly topical. Methodologically, to solve this problem, the following requirements are to be met: under the conditions of commodity-money relations, a universal general criterion of the production efficiency, in general, and the effectiveness of the technology application, in particular, can be only in the monetary form. The role of money as a universal form of accounting for socially necessary labor increases steadily in market conditions. There is no need to replace the monetary form with any natural indicators. When making economic assessment of technical means, we need a method to bring all the indicators into a single monetary form. Under market conditions, all kinds of labor are reduced to the abstract indicator, and its socially important value is expressed in costs and acts as the price. Despite the imperfection of a pricing system, labor materialized in machinery, as well as the materials consumed by it, can be expressed with the price paid by the machine consumer. Live labor is measured in working time, but is accounted for through wages and salaries by the society. Consequently, the costs of live labor can also be

measured in a monetary form through wages and salaries, and the amount of live labor replaced by technical means can be assessed by analyzing the saving of wages per unit of work or output as compared with the basic machinery version or manual labor.

Key words: machinery, engineering-and-technical system, technical-and-economic assessment, scientific-and-technical progress.

References

1. Salamatov Yu.P. Sistema zakonov razvitiya tekhniki (osnovy teorii razvitiya tekhnicheskikh sistem) [System of technology development regularities (theoretical basis of the development of technical systems)]. URL: HYPERLINK "http://www.trizminsk.org/e/21101300/htm"www.trizminsk.org/e/21101300/htm. (in Rus).

2. Tekhnicheskoye tvorchestvo: teoriya, metodologiya, praktika: Entsiklopedicheskiy slovar'-spravochnik [Technical creativity: theory, methodology, practice: Encyclopedic Dictionary-Reference book. Ed.by A.I. Polovinchik, V.V. Popov. URL: http://doc.unicor.ru/tt/460.htm. (in Rus).

3. Revenkov A.V., Rezhikova Ye.V. Teoriya i praktika resheniya tekhnicheskikh zadach [Theory

and practice of solving technical problems]. Moscow, 2009. 249 p. (in Rus).

4. Kirillov N.G. Kontseptual'nyye modeli tekhnicheskikh sistem s upravlyayemym sostoyaniyem: obzor i analiz [Conceptual models of technical systems with controlled state: review and analysis]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy*. Moscow, RAN, 2011. No. 4. Pp. 11-16. (in Rus).

5. Khubka V. Teoriya tekhnicheskikh sistem [The theory of technical systems]. Moscow, Mir, 1987. 202 p. (in Rus).

6. Vodyannikov V.T. Ekonomika sel'skoy energetiki [Economics of rural energy supply]. Moscow, BIBKOM, TRANSLOG, 2015. 360 p.

Received on March 30, 2017

УДК 338.439:636.2

ВОДЯННИКОВ ВЛАДИМИР ТИМОФЕЕВИЧ, докт. экон. наук, профессор¹

E-mail: vvt-5210@yandex.ru

ДОРОВЫХ ДЕНИС ИГОРЕВИЧ

E-mail: 01_office@apkhholding.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

² Производственное объединение «Дмитрогорское», с. Дмитрова Гора, Конаковский р-н, Тверская обл., 171290, Российская Федерация

ПОКАЗАТЕЛИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

Произведен анализ устойчивости молочного скотоводства в районах Тверской области посредством расчета статистических критериев устойчивости, а также оценка по данным критериям различных показателей перспективного развития молочного скотоводства и кормопроизводства в хозяйствах Тверской области. Среди факторов, наибольшим образом обеспечивающих успешное развитие молочного скотоводства, отмечается хорошо налаженное кормопроизводство. На основе корреляционно-регрессионного анализа представлено уравнение регрессии зависимости урожайности зерновых культур от количества внесенных минеральных удобрений в сельскохозяйственных организациях Тверской области. Установлено, что внесение удобрений является одним из факторов, существенно влияющих на устойчивость растениеводства и животноводства. Произведен анализ устойчивости роста по коэффициенту роста, а также оценка значимости этого коэффициента. Выявлено, что по таким показателям, как поголовье коров во всех категориях хозяйств, поголовье коров в сельскохозяйственных организациях (СХО), количество кормоуборочных комбайнов в СХО, посевные площади кормовых культур в СХО, урожайность многолетних трав на сено, наблюдается спад производства, од-

нако этот спад неустойчивый. Установлена тенденция устойчивого спада в Конаковском районе Тверской области: существенно снижаются объемы производства молока в хозяйствах населения и количество тракторов в СХО. Тенденция устойчивого роста наблюдается у таких показателей, как: производство молока в хозяйствах всех категорий, производство молока в СХО, производство молока на одну корову в СХО. В Тверской области только в двух из тридцати пяти районов: Конаковском и Андреапольском – наблюдаются тенденции роста поголовья КРС. В результате установлено, что состояние молочного скотоводства Конаковского района нетипично для районов Тверской области. Существующие в районе по ряду показателей положительные тренды развития обуславливаются наличием крупного интегрированного формирования, обеспечивающего интенсивные параметры развития молочного скотоводства района.

Ключевые слова: устойчивость развития, устойчивость сельскохозяйственного производства, статистические показатели оценки устойчивости развития, молочное скотоводство, устойчивость сельскохозяйственных предприятий.

Введение. Сельскохозяйственное производство представляет собой сферу материального производства, где наибольшим образом проявляются различные виды рисков, которые приводят к неустойчивости производства. В то же время для планирования деятельности, стабильного сбыта продукции, финансовой устойчивости сельскохозяйственному производству необходимо обеспечить определенную устойчивость: внешнюю и внутреннюю. Измерение степени устойчивости представляет собой важную методическую и практическую задачу. По этому вопросу среди ученых нет однозначного мнения. Различные виды устойчивости имеют свои показатели измерения. Существуют различные факторы устойчивости, которые либо повышают, либо снижают её.

Цель исследований – предложить статистические показатели для измерения устойчивости сельскохозяйственного производства во всем многообразии видов устойчивости.

Одной из задач являлся анализ устойчивости молочного скотоводства в районах Тверской области посредством расчета различных статистических критериев устойчивости, а также оценка по данным критериям различных показателей перспективного развития молочного скотоводства и кормопроизводства в хозяйствах Тверской области.

Объект и методика. Объектом исследования явилось молочное скотоводство и кормопроизводство в сельскохозяйственных предприятиях Тверской области. Методика предполагала подход к оценке устойчивости молочного скотоводства и кормопроизводства на основе статистических критериев, статистическая значимость которых проверялась на основе табулированных значений таких критериев, как критерий Спирмена и критерий t-Стьюдента.

Результаты исследования. Молоко и молочные продукты занимают одно из основных мест в рационе питания человека. По рекомендациям Института питания Академии медицинских наук, молоко и молочные продукты должны составлять треть рациона человека. В нем содержится более ста различных элементов, необходимых человеку, и содержится именно в тех пропорциях, которые являются наиболее усвояемыми человеческим организмом. Согласно медицинским нормам, взрослый человек

в среднем в день должен потреблять не менее 1 л молока (или молочных продуктов, пересчитанных на молоко). В то же время, согласно статистическим данным, потребление молока и молочных продуктов в России на душу населения в 2015 г. составило 239 кг. Это на 15...20% меньше, нежели в странах ЕАЭС. Для сравнения: в Германии потребление молока и молочных продуктов составляет 436 кг/чел., Австрии – 386 кг/чел., США – 276 кг/чел. Качество молока и молочных продуктов остается низким, и оно существенно упало с введением Россией продовольственного эмбарго в августе 2014 г. (Указ «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации») в отношении некоторых видов сельскохозяйственной продукции, страной происхождения которых является государство, принявшее решение о введении экономических санкций против России [1]. Это привело к сокращению импорта молока и молочной продукции (рисунок) и резкому падению качества молочной продукции.

Молочное скотоводство является одной из отраслей сельского хозяйства, где спад производства за годы реформ проявился наиболее сильно. По сравнению с 1990 г. численность поголовья скота сократилась в 3 раза – с 57 млн до 19 млн голов (рисунок).

Основные причины падения производства в молочном скотоводстве:

- длительный производственный цикл в отрасли, а также высокорисковый характер производства, что приводит к сложностям с получением длинных кредитов;

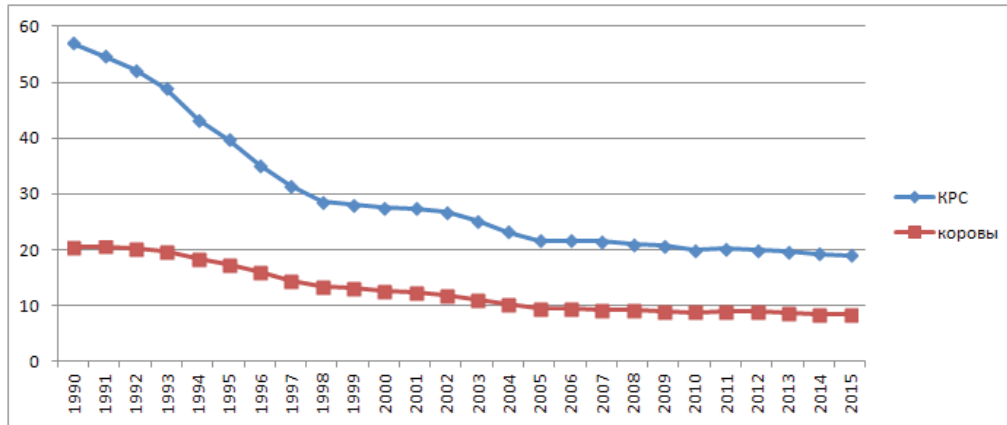
- значительная капиталоемкость производства, необходимость развивать технокоемкие отрасли кормопроизводства, соблюдать технологии производства, заготовки и хранения кормов, что невозможно без остаточного количества соответствующей техники;

- институциональные реформы в экономике в 90-е гг., приватизация производственных мощностей сельского хозяйства, разрушение существующих налаженных межотраслевых связей;

- изменение ценовых пропорций между промышленностью и сельским хозяйством с развитием рыночных отношений, приведшее к диспаритету цен и одновременное недостаточное финансирова-

ние отрасли со стороны государства. Применяемое в течение десятилетий прямое ценовое регулирование в качестве основной меры господдержки и установившиеся вследствие этого ценовые пропорции не обеспечивают не только простое, но и расширенное воспроизводство в отрасли;

– недостаточно жестко (в течение более 20 лет) проводимая политика внешнеэкономического протекционизма по отношению к молочной отрасли, когда молочные заводы фактически переориентировались на сравнительно дешевое импортное сухое молоко.



Динамика численности поголовья крупного рогатого скота за 1990-2015 гг., млн голов

В настоящее время в условиях импортозамещения особенно важно обеспечить устойчивое развитие отечественного сельского хозяйства. Устойчивость сельскохозяйственного производства исследовали многие российские ученые [2, 3-6]. Большинство ученых это понятие трактуется как противостояние сельхозпредприятия различным неблагоприятным воздействиям. Однако и благоприятные явления, особенно природно-климатического плана, вызываемые факторами, способствующими росту сельхозпроизводства, также приводят к неустойчивости и необходимости противостоять скачкам. Так, при благоприятных погодных условиях наблюдается резкий рост урожая, что создает проблемы со сбытом продукции, снижает рыночные цены, приводя к потере доходности производства. Устойчивость сельскохозяйственного предприятия может быть экономической, финансовой, экологической, социально-экономической.

Понятие «устойчивость» предполагает относительное сохранение равновесия системы под воздействием окружающих условий на протяжении определенного периода времени. Устойчивое развитие предполагает движение вперед или расширенное воспроизводство. Однако в условиях рынка успешность и устойчивость работы предприятия определяется не только возможностью произвести продукцию, но и реализовать ее на рынке. А поведение покупателей (потребителей) диктуется изменяющимся спросом. Если спрос на продукцию по какой-то причине падает (появление на рынке заменителей, отрицательная реклама и др.), то устойчивым развитием для предприятия может быть признана и сокращающаяся динамика производства. В любом случае – роста или сокращения произ-

водства продукции – основным критерием успешности и устойчивости работы предприятия может быть финансовая устойчивость, которая может существовать и при спрогнозированном (ожидаемом) падении производства.

Одним из факторов, наибольшим образом обеспечивающих успешное развитие молочного скотоводства (и это подтвердили анкетные опросы специалистов сельского хозяйства), является хорошо налаженное кормопроизводство.

Был произведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности зерновых культур, являющихся источником концентрированных кормов для скота, от количества внесенных минеральных удобрений. Расчет был произведен с временным лагом три года (отчасти вследствие отсутствия официальных данных по внесению минеральных удобрений по Тверской области в 2015 г., но также и вследствие имеющегося эффекта последствия внесения удобрений).

Расчеты, произведенные в Excel, показали следующую регрессионную статистику (табл. 1).

Таким образом, уравнение регрессии зависимости урожайности зерновых культур от количества внесенных минеральных удобрений в с.-х. организациях Тверской области будет иметь вид $y = 11,2 + 0,65x$, коэффициент детерминации (R^2) равен 0,47, что означает, что 47% вариации резуль- тативного признака обусловлено вариацией факторного признака.

Данный коэффициент детерминации является значимым, его можно оценить по значению показателя «значимость F». Это – рассчитанный уровень значимости ($\alpha_p = 0,00025$), который должен быть мен – i -е трендовое значение ряда динамики; \bar{y} – среднее значение ряда динамики.

Регрессионная статистика зависимости урожайности зерновых культур от количества внесенных минеральных удобрений в сельскохозяйственных организациях Тверской области

Показатель	Значение
Количество наблюдений (районов)	23
Коэффициент корреляции (R)	0,69
Коэффициент детерминации (R ²)	0,47
Стандартная ошибка	6,42
Расчётный уровень значимости коэффициента корреляции (α_p)	0,00025
Критический уровень значимости ($\alpha_{кр}$)	0,05

Данный показатель измеряет долю изменения фактора и долю остаточной вариации. Остаточную вариацию, как известно, определяют случайные, не связанные с трендом факторы. Чем ближе данный индекс к 1, тем выше влияние случайных факторов и меньше риск изменения, но при этом – больше риск случайных факторов.

Также целесообразно изучить устойчивость тенденции (коэффициент устойчивости тенденции – K_T). Она измеряется соотношением среднего прироста показателя, измеряемого коэффициентами уравнения регрессии, к среднему квадратическому отклонению:

$$K_m = \frac{b}{\sigma},$$

где b – коэффициент уравнения линейной регрессии при переменной x (линейная регрессия $y = a + bx$); σ – среднее квадратическое отклонение.

Если средний прирост больше единицы ($dy/dx > 1$), то уровни ряда растут быстрее колебаний. Чем выше K_T , тем меньше риск динамики тренда. Если же $K_T < 1$, то это означает несущественность трендовых показателей и практически отсутствие тренда (закономерного изменения показателя), т.е. в этом случае риск динамики тренда выше. Это характерно для линейного тренда, но существуют также показатели для экспоненты и параболы.

Можно измерить устойчивость с помощью метода авторегрессии, который может быть применим для коротких рядов. Некоторые авторы предлагают использовать формулу, основанную на коэффициенте автокорреляции [3].

Проведена оценка устойчивости молочного скотоводства хозяйств Конаковского района Тверской области в разрезе муниципальных образований. В качестве источника информации послужили официальные данные Росстат по муниципальным образованиям [9].

Был произведен анализ устойчивости роста по коэффициенту роста (Kp). Сначала были рассчитаны его значения по основным показателям развития молочного скотоводства и кормопроизводства. Затем произведена оценка значимости ко-

эффициента. Процедура проверки значимости (существенности значения) коэффициента роста предполагает формулирование нулевой гипотезы (H_0), которая означает отсутствие зависимости между двумя рядами показателей: порядковыми номерами лет и рангом показателя конкретного года. Далее рассчитывается фактическое значение Kp , затем оно сравнивается с Kp табличным (критическим). Если $|Kp_{\text{фактическое}}| \geq Kp_{\text{критического}}$, то H_0 отклоняется и принимается альтернативная гипотеза о наличии роста, т.е. о неустойчивости показателей ряда динамики. Критические значения ($Kp_{\text{критическое}}$) берутся из таблицы критических значений коэффициента Спирмена и зависят от числа уровней ряда динамики и степени вероятности суждения (в данном случае взято стандартное значение $p = 0,05$).

В таблице 2 представлены рассчитанные значения коэффициентов устойчивости роста показателей развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных предприятиях Конаковского района Тверской области.

Из таблицы следует, что по таким показателям, как поголовье коров во всех категориях хозяйств, поголовье коров в с.-х. организациях, количество кормоуборочных комбайнов в СХО, посевные площади кормовых культур в СХО, урожайность многолетних трав на сено, наблюдается спад производства, однако этот спад неустойчивый (тенденция неустойчива). В Конаковском районе Тверской области существенно снижаются объемы производства молока в хозяйствах населения (Kp показывает тенденцию устойчивого спада). Также существует тенденция устойчивого спада такого важного факторного показателя, как количество тракторов в СХО.

Тенденция устойчивого роста наблюдается у показателей: производство молока в хозяйствах всех категорий, производство молока в СХО, производство молока на одну корову в СХО (коэффициенты значимы, положительны, близки к 1). Такая тенденция по сельхозорганизациям Конаковского района сформировалась в результате успешного развития молочного скотоводства в агрофирме «Дмитрова Гора».

Можно сделать вывод, что крупное производство является более эффективным в результате положительного эффекта масштаба производства.

Таблица 2

Коэффициенты устойчивости роста показателей развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных предприятиях Конаковского района Тверской области (2008-2016 гг.)

Показатель	$Kp_{\text{фактическое}}$	$Kp_{\text{критическое}}$	Значимость коэффициента
Поголовье КРС во всех категориях хозяйств, гол.	0,714	0,72*	Kp незначим, показатель устойчив
Поголовье коров во всех категориях хозяйств, гол.	-0,09524	0,72	Kp незначим, показатель устойчив
Поголовье коров в с.-х. организациях, гол.	-0,04762	0,72	Kp незначим, показатель устойчив
Производство молока в хозяйствах всех категорий, т	1	0,72	Kp значим, показатель неустойчив
Производство молока в СХО, т	1	0,72	Kp значим, показатель неустойчив
Производство молока в хозяйствах населения, т	-1	0,72	Kp значим, показатель неустойчив
Количество тракторов в СХО, шт.	-0,766	0,72	Kp значим, показатель неустойчив
Количество зерноуборочных комбайнов в СХО, шт.	0,533	0,72	Kp незначим, показатель устойчив
Количество кормоуборочных комбайнов в СХО, шт.	-0,066	0,72	Kp незначим, ряд устойчив
Посевные площади кормовых культур в СХО	-0,7	0,94**	Kp незначим, показатель устойчив
Урожайность зерновых культур, ц/га	0,6	0,94	Kp незначим, показатель устойчив
Урожайность многолетних трав на сено, ц/га	-0,1	0,94	Kp незначим, показатель устойчив
Урожайность однолетних трав на зеленый корм, ц/га	0	0,94	Kp незначим, показатель устойчив
Произведено молока на 1 корову в СХО	1	0,72	Kp значим, показатель неустойчив

* За интервал времени 2008-2015 гг. (8 наблюдений).

** За интервал времени 2008-2016 гг. (9 наблюдений).

Таблица 3

Доля поголовья агрофирмы «Дмитрова Гора» в общем количестве КРС Конаковского района

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Численность поголовья КРС в Конаковском районе, гол.	6373	6909	7291
Численность поголовья КРС в агрофирме «Дмитрова Гора», гол.	4758	4859	5272
Доля поголовья агрофирмы «Дмитрова Гора» в общем количестве КРС Конаковского района, %	74,7	70,3	72,3

В Тверской области только в двух из тридцати пяти районов: Конаковском и Андреапольском – наблюдаются тенденции роста поголовья КРС.

Само по себе наличие устойчивости развития по ряду показателей может трактоваться как положи-

тельный фактор. Это касается, например, такого показателя, как объемы производства молока при условии насыщенности рынка. По другим же показателям, особенно отражающим количество факторов производства при их недостатке, является явлением отрицательным.

Выводы

Проведенное исследование дало возможность сделать вывод о наличии отрицательных тенденций развития большинства показателей молочного скотоводства в Конаковском районе Тверской области, однако это неустойчивые отрицательные тенденции. Состояние молочного скотоводства Конаковского района нетипично для районов Тверской области. Существующие в районе по ряду показателей положительные тренды развития обуславливаются наличием крупного интегрированного формирования, обеспечивающего интенсивные параметры развития молочного скотоводства района.

Библиографический список

1. Официальный сайт президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://let-ters.kremlin.ru/>.
2. Будюк Н.А. Экономические основы повышения устойчивости сельскохозяйственного производства. М.: Маркетинг, 2003. 127 с.
3. Кабат Л., Найкен Л. Измерение нестабильности сельскохозяйственного производства и соответ-

ствующего риска, связанного с фактором неопределённости // Материалы 6-го МРГ АГРИ семинара. 1998. С. 232-237.

4. Макаренко А.В., Маркова Г.В. Повышение устойчивости сельскохозяйственного производства на основе совершенствования налогообложения: Монография. М.: НИПКЦ ВОСХОД-А, 2011. 167 с.
5. Нечаев В., Васильева Н., Фетисов С. Оценка устойчивости развития аграрного сектора // Экономика сельского хозяйства России. 2010. № 2. С. 52-62.
6. Тер-Григорьянц А.А. Риски в сельском хозяйстве. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2004. 174 с.
7. Зимин Н.Е., Солопова В.Н. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия. М.: КолосС, 2004. 99 с.
8. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2004. 656 с.
9. База данных показателей муниципальных образований: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm, дата обращения 10.04.2017 г.

Статья поступила 04.05.2017

INDICATORS AND WAYS OF INCREASING DEVELOPMENT SUSTAINABILITY OF DAIRY CATTLE BREEDING

VLADIMIR T. VODYANNIKOV, DSc (Econ), Professor¹

E-mail: vvt-5210@yandex.ru

DENIS I. DORODNYKH²

E-mail: 01_office@apkholding.ru

¹ Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

² Production enterprise “Dmitrogorskoye”, Dmitrova Gora village, Konakovo district, Tver region, 171290, Russia

The authors have carried out the sustainability analysis of dairy cattle breeding in the Tver region by calculating the statistical sustainability criteria, as well as evaluated various indicators of the long-term development of dairy cattle and fodder production in the Tver region farms according to these criteria. Especially important among among the factors that ensure the most successful development of dairy cattle breeding is a well-established level of feed production. Basing on the correlation-regression analysis, the authors present a regression equation stating the dependence of grain crop yields on the amount of mineral fertilizers applied on farms the Tver region. The authors have established that fertilization is one of the factors that significantly affect the sustainability of crop and livestock production and performed the growth stability analysis with account of the growth factor, as well as the assessment of this coefficient significance. The kind of unsteady production decline has been observed in such indicators as the number of cows in all farm categories, the number of cows in agricultural enterprises, the number of forage harvesters in agricultural enterprises, the farmland used for fodder crop growing in agricultural enterprises, the yield of perennial grasses grown for hay-making. A trend for a steady decline has been established in the Konakovo district of the Tver region: private farm milk production and the number of tractors in collective farms are being significantly reduced. The trend of sustainable growth is observed in such indicators as milk production in farms of all categories, milk production

in agricultural enterprises, milk production per cow in agricultural enterprises. In the Tver region, only two of the thirty-five districts: Konakovo and Andreapol' – show growth trends in the cattle head number. As a result, it has been found that the state of dairy cattle breeding in the Konakovo district is not typical for the Tver region. The positive development trends existing in the region for a number of indicators are caused by the existing substantial integrated formation that ensures intensive parameters for the development of dairy cattle breeding in the region.

Key words: development sustainability, agricultural production sustainability, statistical indicators of sustainable development assessment, dairy cattle breeding, sustainability of agricultural enterprises.

References

1. Ofitsial'nyy sayt prezidenta Rossiyskoy Federatsii [The official website of the President of the Russian Federation] [Electronic resource]. URL: <http://letters.kremlin.ru/>. (in Rus).
2. Budyuk N.A. Ekonomicheskiye osnovy povysheniya ustoychivosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Economic basics for increasing the sustainability of agricultural production]. M.: Marketing, 2003. 127 p. (in Rus).
3. Kabat L., Nayken L. Izmereniye nestabil'nosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i sootvetstvuyushchego riska, svyazannogo s faktorom neopredelonnosti [Measuring the instability of agricultural production and the associated risk associated with the uncertainty factor]. *Materialy 6-go MRG AGRI seminara*. 1998. Pp. 232-237. (in Rus).
4. Makarenko A.V., Markova G.V. Povysheniye ustoychivosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na osnove sovershenstvovaniya nalogooblozheniya: Monografiya [Increasing the sustainability of agricultural production on the basis of improved taxation: Monograph]. M.: NIPKTS VOSKHOD-A, 2011. 167 p. (in Rus).
5. Nechayev V., Vasil'yeva N., Fetisov S. Otsenka ustoychivosti razvitiya agrarnogo sektora [Evaluation of the sustainability of the farming sector development]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2010. No. 2. Pp. 52-62. (in Rus).
6. Ter-Grigor'yants A.A. Riski v sel'skom khozyaystve [Risks in agriculture]. Stavropol': Izd-vo SevKavGTU, 2004. 174 p. (in Rus).
7. Zimin N. Ye., Solopova V.N. Analiz i diagnostika finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti predpriyatiya [Analysis and diagnostics of financial and economic activities of an enterprise]. M.: KolosS, 2004. 99 p. (in Rus).
8. Yeliseyeva I.I., Yuzbashev M.M. Obschaya teoriya statistiki: Uchebnik. 5-ye izd., pererab. i dop [General Theory of Statistics: Textbook, reviewed and add.]. M.: Finansy i statistika, 2004. 656 p. (in Rus).
9. Baza dannykh pokazateley munitsipal'nykh obrazovaniy: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Database of indicators of municipalities: Federal Service of State Statistics] [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm [access date 10.04.2017] (in Rus).

Received on May 4, 2017

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 621.86/.87

ЮСУПОВ РАМАЗАН ХАБИБРАХМАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: jusupow@mail.ru

АНДРЕЕВ СЕРГЕЙ АНДРЕЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: asa-finance@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОШТУЧНОЙ ПОДАЧИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Задача поштучной подачи и автоматического адресования материальных объектов по кратчайшему пути встречается при разработке оборудования для систем автоматизированного конвейерного производства, для роботизированной классификации и сортировки сельскохозяйственного сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Для решения этой задачи в большинстве случаев используются элементы оптоэлектроники, вычислительная техника и механические исполнительные механизмы. В целях упрощения и удешевления технических средств предложены две простые конструкции манипуляторов, обеспечивающих поштучную подачу сортируемых объектов и их перемещение в пространстве по кратчайшему пути. Первая конструкция содержит бункер-питатель, корпус, транспортер (выполненный в виде барабанов), механизм изменения угла наклона барабанов, приемный бункер и шарнирную опору. Барабаны установлены с возможностью встречного вращения на лежащих в одной плоскости и параллельных друг другу осях. Межбарабанное пространство образует заборно-подающую канавку по всей длине транспортера. Так как барабаны установлены под углом (от 1 до 60 градусов) к горизонту, то под действием силы тяжести объекты начинают двигаться вдоль барабанов, распределяясь продольно по длине межбарабанного пространства с увеличивающимся интервалом. Соскальзывание объектов осуществляется с установленной периодичностью, определяемой углом наклона барабанов и частотой их вращения. Вторая конструкция представляет собой релейно-контактную схему управления, содержащую реле направленного перемещения, адресный задатчик в виде набора коммутационных элементов с фиксированной защелкой и датчик положения. В процессе адресования размещение объекта, сопровождающееся соответствующим переключением реле и формированием команды, определяющей дальнейшее движение по кратчайшему пути, фиксируется датчиком положения. Логика работы схемы управления реализуется посредством переключения реле и устанавливается оператором в зависимости от цели и особенностей адресования объектов. Манипулятор может быть использован в роботизированных системах сортировки картофеля, томатов и сахарной свеклы, а также для управления перемещением конвейерных или цепных стеллажей и поворачивающихся барабанов.

Ключевые слова: сортировка продуктов, робототехника, манипулятор, подача объектов, адресование по кратчайшему пути.

Введение. Важное место в составе роботизированных сортировальных систем занимают устройства, осуществляющие механическое воздействие на материальные объекты. Эти устройства, обычно называемые манипуляторами, должны удовлетворять весьма высоким требованиям к точности и быстродействию, не оказывать влияния на форму и содержание сортируемых объектов и одновременно оставаться достаточно дешевыми и простыми.

Цель работы – создание электромеханических манипуляторов, обеспечивающих поштучную подачу сортируемых объектов и их перемещение в пространстве по кратчайшему пути.

Материал и методы. В качестве материалов, подаваемых манипуляторами, использованы сельскохозяйственные продукты: клубни картофеля и семена сельскохозяйственных растений. В процессе разработки роботизированных манипулято-

ров применялись методы алгебры логики и классические приемы синтеза релейно-контактных схем.

Результаты и обсуждение. С задачей поштучной подачи материальных объектов мы сталкиваемся при разработке оборудования для систем автоматизированного конвейерного производства, для роботизированной классификации и сортировки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Процесс поштучной подачи сводится к распознаванию в массе объектов отдельных экземпляров, их механическому выделению и дальнейшему перемещению в требуемое место [1].

Традиционный подход к решению задачи поштучной подачи материальных объектов основан на использовании средств оптоэлектроники и компьютерной техники [2, 3]. При этом оптоэлектронные средства используются для получения информации об анализируемом материале, компьютерная техника – для распознавания зрительных образов с требуемыми характеристиками и выработки алгоритма последующих операций, а исполнительные механизмы – для непосредственного воздействия на подаваемые объекты. Вместе с тем нельзя не признать, что традиционный подход является довольно сложным и потому весьма уязвимым для ряда факторов [4]. Сюда можно отнести и необходимость стабилизированного электропитания, и некоторую зависимость параметров электронных схем от температуры, и влияние степени загрязнения оптических поверхностей на эффективность распознавания. Наконец, несмотря на стремительное снижение стоимости перечисленных видов технических средств, их эксплуатация остается довольно дорогой. Кроме того, в ряде простых случаев (например, при сортировке и подаче плодов сельскохозяйственных растений, семян или хлебобулочных изделий) использование такой техники становится неоправданным.

Есть простое техническое решение, позволяющее полностью исключить электронные средства и достичь того же результата при поштучной подаче округлых объектов с радиусами от 2 до 50 мм [5]. Причем требование «округлости» вовсе не предполагает идеальной сферичности форм подаваемых объектов, а лишь их способность перекатывания по движущейся поверхности.

На рисунке 1 представлена функциональная схема устройства для штучной подачи объектов, на рисунке 2 – кинематическая схема сил, действующих на объект, и на рисунке 3 – функциональная схема устройства с конусными барабанами.

Бункер-питатель закреплен над верхней частью транспортера и подает объекты в межбарабанное пространство. Барабаны установлены с возможностью встречного вращения на лежащих в одной плоскости и параллельных друг другу осях 8 и 9. Угол наклона осей 8 и 9 к горизонту должен быть меньше угла трения объектов с поверхностью барабанов. Корпус закреплен в нижней части на шарнирной опоре. Верхняя часть корпуса соединена с механизмом изменения угла наклона α барабанов

относительно горизонтальной плоскости. Межбарабанное пространство образует заборно-подающую канавку 10 (изображена на рисунке 3) по всей длине транспортера. В наиболее простом исполнении барабаны выполняются в форме цилиндров, однако они могут иметь форму усеченных конусов, большие основания которых расположены в зоне загрузки.

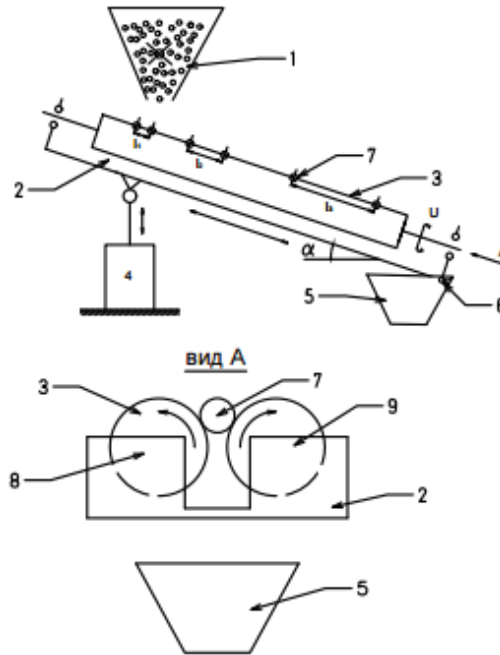


Рис. 1. Функциональная схема устройства для поштучной подачи объектов:
 1 – бункер-питатель; 2 – корпус;
 3 – двухбарабанный транспортер;
 4 – механизм изменения угла наклона барабанов;
 5 – приемный бункер; 6 – шарнирная опора;
 7 – подаваемый объект;
 8, 9 – продольные оси барабанов

При работе устройства подаваемые объекты 7 из бункера-накопителя 1 поступают в верхнюю часть межбарабанного пространства. За счет вращения барабанов они начинают совершать вращательные движения вокруг своего центра масс. Так как барабаны установлены под углом α (от 1 до 60°) к горизонту, то под действием составляющей веса объекты начинают двигаться вдоль барабанов, распределяясь продольно по длине межбарабанного пространства с увеличивающимся интервалом.

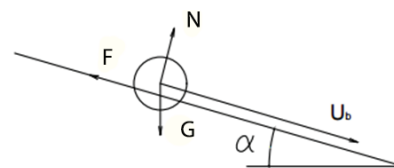


Рис. 2. Кинематическая схема сил, действующих на объект

С началом вращения объектов 7 относительно своего центра масс они сталкиваются друг с другом. При этом верхний объект остается на месте или прижимается к вновь поступающим объектам. В то же время нижний объект от толчка скатывается вниз. По мере скатывания он ускоряет свое движение (составляющая ускорения свободного падения и расстояние между объектами увеличиваются $I_3 > I_2 > I_1$). Если объекты будут иметь эллиптическую форму, то они сначала ориентируются длинной осью вдоль направления скатывания, затем начинают вращаться и также сползают вниз, попадая в приемный бункер 5.

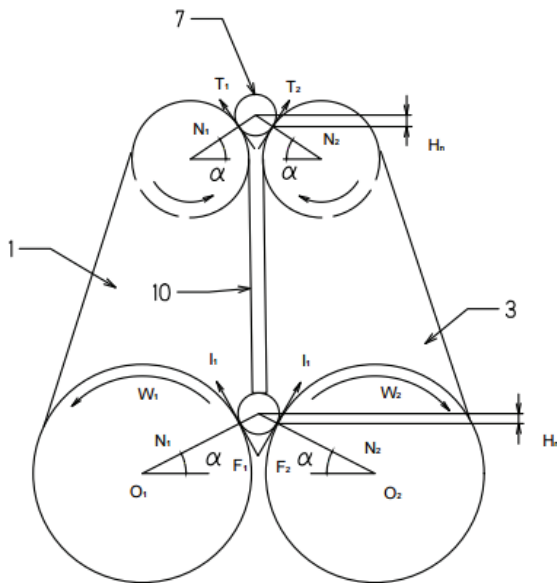


Рис. 3. Функциональная схема устройства с конусными барабанами

Использование конусных барабанов 3 с уменьшенным диаметром в нижней части межбарабанного пространства интенсифицирует процесс увеличения интервала I_1 между объектами. Механизмом изменения угла наклона α барабанов к горизонтальной поверхности устанавливается оптимальное значение α , компенсирующее силу трения F объекта по поверхности барабанов. При этом подбирается требуемый интервал следования объектов, а следовательно, и производительность устройства.

Данное устройство нашло применение в диэлектрических сепараторах и дражираторах, требующих поштучную подачу исходных семян к рабочему органу. Важными преимуществами устройства являются строгая очередность подачи объектов, а также возможность простого регулирования временных интервалов между попаданием объектов в рабочую область. Положительный результат применения устройства отмечен также при подаче горячих хлебулочных изделий в зону охлаждения и фасовки готовой продукции.

Опыт эксплуатации робототехнических систем показал, что роботы с программным управлением

успешно работают только в строго определенных и неизменных условиях [6]. Для создания таких условий необходимо вспомогательное техническое оборудование, стоимость которого иногда сравнима со стоимостью самого робота. Это требует значительных дополнительных затрат, усложняет процесс роботизации производства и делает его менее гибким [7, 8].

Большинство применяемых роботов вследствие жесткого программирования систем управления требуют существенного упорядочения рабочей среды. Это ведет к большим дополнительным затратам на изготовление высокоточных ориентаторов, позиционеров и накопителей, а также затрудняет широкое применение существующих автоматических манипуляторов.

Существенным недостатком роботов с программным управлением является необходимость привлечения человека-оператора для предварительного «обучения» робота тем или иным технологическим операциям. Этот процесс весьма трудоемок и требует высокой квалификации оператора. Программа движений, сформированная в результате обучения, предопределяет закон управления, реализуемый исполнительными приводами. Жесткий характер этого закона, не учитывающий динамическую информацию о состоянии робота и окружающей среды, приводит к тому, что даже небольшие отклонения заданных условий определяют потерю работоспособности, а появление препятствий приводит к аварии.

Условия эксплуатации роботов в ряде случаев заранее неизвестны, а иногда они могут меняться непредсказуемым образом в широком диапазоне. При этом целенаправленное взаимодействие робота с внешней средой строится на основе информации о состоянии среды, свойствах отдельных объектов в рабочей зоне, а также состоянии самого робота и его исполнительных органов. Характер и объем этой информации определяются функциональными назначениями робота, степенью неопределенности условий его работы, требуемой степенью автономности поведения и другими факторами. На практике имеется много случаев, когда принципиально необходимо в процессе управления движением робота использовать оперативную информацию о состоянии внешней среды [9]. Примерами таких производственных операций являются: манипулирование с неориентированными объектами и с объектами разной формы; захватывание и удержание хрупких объектов (с необходимостью регулирования усилия сжатия на уровне выскальзывания); сварка в ограниченных объемах, сварка по сложному контуру, зачистка сварных швов и профилированных поверхностей; взятие движущихся деталей (например, с конвейера); подготовка поверхностей к нанесению покрытий, окраска по контуру; механическая сборка; электрический монтаж и т.д. [10].

Определенную роль среди перечисленных процессов играет автоматическое адресование объектов при организации их движения по примерно заданной

траектории. С такой задачей мы сталкиваемся, например, при проектировании систем автоматической сортировки семян или плодов сельскохозяйственных растений, фасованного сырья и готовой продукции. При этом в целях экономии времени, энергии и материальных ресурсов это движение должно осуществляться по кратчайшему пути.

Несмотря на широкое распространение электронных процессоров, реализующих адаптивное управление такими операциями, для решения поставленной задачи вполне можно использовать простые релейно-контактные схемы. По сравнению с электронными процессорами эти схемы остаются более дешевыми, а надежность современных реле обеспечивает практически бесперебойную эксплуатацию системы на протяжении всего срока службы. Кроме того, релейно-контактные устройства нетребовательны к качеству питающей электроэнергии, а их работоспособность не зависит от температуры.

Релейно-контактное устройство, обеспечивающее автоматическое адресование объектов по крат-

чайшему пути [11], успешно эксплуатировалось в роботизированных системах сортировки картофеля, томатов и сахарной свеклы и может быть использовано с другими объектами, например, для управления перемещением конвейерных или цепных стеллажей, поворачивающихся барабанов, манипуляторов и т.д. [12].

Схема устройства приведена на рисунке 4.

Особенностью рассматриваемого устройства является наличие в нем датчиков положения, выполненных в виде мостиковых элементов и установленных на позициях сортирования. При этом первые выводы обмоток реле 2.1 и 3.1 подключены к выводам неподвижных переключателей 5.1...5.5, а остальные – соединены между собой. Контакты 6.1...6.5 управляются смежными датчиками положения со смещением относительно порядковых номеров последних на величину K . При общем числе позиций, равном n , значение величины K соответствует $n/2$ и $(n-1)/2$ при нечетном и четном числе позиций соответственно.

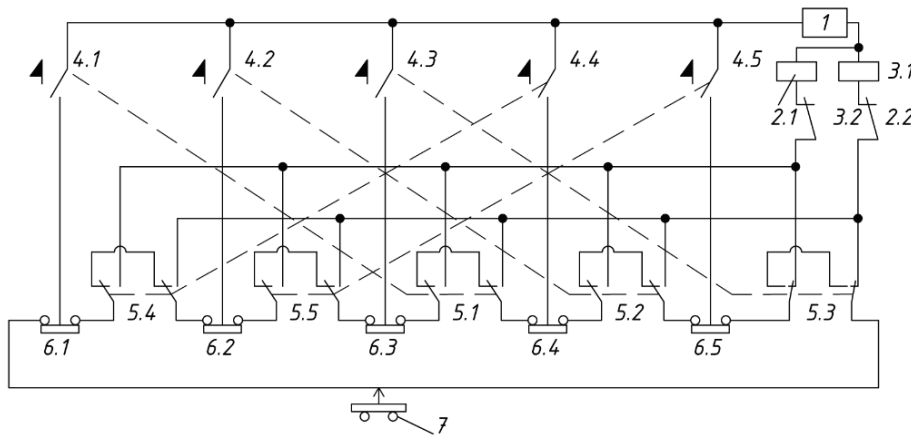


Рис. 4. Схема автоматического адресования объектов по кратчайшему пути:
 1 – источник питания; 2.1, 3.1 – обмотки реле направлений перемещения;
 2.2, 3.2 – размыкающие контакты; 4.1...4.5 – замыкающие контакты адресного задатчика;
 5.1...5.5 – двухполюсные переключатели датчиков положения;
 6.1...6.5 – размыкающие контакты датчиков положения; 7 – объект адресования

Устройство работает следующим образом. В положении, показанном на рисунке 1, устройство выполняет адресование на третью позицию. Объект 7, достигнув третьей позиции, воздействует на датчик положения, и его контакт 6.3 замыкается. При этом цепь питания обмотки 2.1 (3.1) реле на данный адрес разрывается. Устройство готово к следующему адресованию.

Допустим, необходимо адресовать объект 7 на первую позицию. Для этого замыкается контакт 4.1 задатчика адреса. За счет механической блокировки контакт 4.3 предыдущего адресования возвращается в исходное состояние, т.е. контакт 4.3 замыкается. Одновременно контакты переключателя 5.3 возвращаются в исходное состояние и замыкают цепь между контактами 6.5 и 6.1 датчиков положения. При этом, вследствие нахо-

ждения объекта 7 на третьей позиции адресования и разомкнутого состояния контакта 6.3 датчика положения, контакты переключателя 5.1 включают обмотку 3.1 реле направления перемещения в следующую цепь: адресный контакт 4.1, контакты 6.1, 5.3, 6.5, 5.2, 6.4, 5.1 и взаимоблокирующий контакт 2.2. Сработав, реле блокирует своими контактами 3.2 другое реле и подает питание на привод объекта 7, который по кратчайшему пути перемещается к первой позиции адресования, то он своим упором воздействует на датчик положения. Контакт 6.1 этого датчика замыкается и обесточивает обмотку 3.1 реле. Объект останавливается.

Если возникает необходимость перевода объекта с первой позиции на пятую – включается контакт 4.5 адресователя. За счет механической блокировки

контакты 4.1 и 5.1 возвращаются в исходное состояние, а контакты переключателя 5.5 подключают обмотку 3.1 реле в цепь: адресный контакт 4.5, контакты 6.5, 5.2, 6.4, 5.1, 6.3, 5.5 и взаимодействующий контакт 2.2. Дальнейшая работа устройства осуществляется по аналогичному алгоритму.

При переводе объекта с третьей позиции на пятую, после переключений, произведенных в схеме и описанных выше, окажется, что питание получает обмотка 2.1 реле по цепи: адресный контакт 4.5, контакты 6.5, 5.3, 6.1, 5.4, 6.2, 5.5 и взаимоблокирующий контакт 3.2. Объект с третьей позиции перемещается на пятую по кратчайшему пути.

Выводы

Помимо основного назначения, устройство может быть использовано в роботизированных системах многозадачного управления материальными потоками.

Библиографический список

1. Смирнов А.Б. Мехатроника и робототехника. Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими приводами. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 160 с.
2. Дэвид А. Форсайт, Джек Понс. Компьютерное зрение. СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 928 с.
3. Потапов А.С. Распознавание образов и машинное восприятие. М.: Политехника, 2007. 552 с.
4. Андре П., Кофман Ж., Лот Ф. Конструирование роботов. М.: Мир, 1986. 360 с.
5. Авторское свидетельство № 1561863 СССР. МКИ А 01 G 7/16 Устройство для поштучной подачи округлых предметов / А.Л. Андержанов, С.А. Ан-

дреев, С.И. Ковалев, В.П. Филаткин. № 4453317/30; заявл. 30.06.1986; опубл. 07.05.1990. Бюл. № 17.

6. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е изд. СПб: БХВ – Петербург, 2001. 416 с.

7. Андреев С.А. Способ поштучной подачи объектов // Технические науки в мире: от теории к практике: Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции / Инновационный Центр развития образования и науки. Ростов н/Д, 2016. № 3. С. 95-100.

8. Робототехника / Ю.Д. Андрианов, Э.П. Бобриков, В.Н. Гончаренко и др.; Под ред. Е.П. Попова, Е.И. Юревича. М.: Машиностроение, 1984. 288 с.

9. Юсупов Р.Х. Моделирование динамики движения мобильного робота / Р.Х. Юсупов, Е.А. Воронин, В.Р. Юсупов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 3. С. 14-20.

10. Юсупов Р.Х. Система управления универсального роботизированного базового транспортного модуля / Р.Х. Юсупов, В.П. Дементей, В.Р. Юсупов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2012. 2(53). С. 36-41.

11. Авторское свидетельство № 1357321 СССР. МКИ А 01 G 47/46 Устройство для автоматического адресования объектов по кратчайшему пути / А.Л. Андержанов, С.А. Андреев, С.И. Ковалев, А.А. Тишаков. № 4021728/27-03; заявл. 13.02.1986; опубл. 07.12.1987. Бюл. № 45.

12. Андреев С.А. Автоматическое адресование объектов по кратчайшему пути / С.А. Андреев // Инновационные технологии в области технических наук: Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции. Хабаровск, 2016. № 1. С. 55-58.

Статья поступила 28.12.2016

USING ROBOTIZED MANIPULATORS FOR FARM PRODUCE SINGLE-PIECE FEEDING AND RELOCATION

RAMAZAN Kh. YUSUPOV, DSc (Eng) Professor

E-mail: jusupow@mail.ru

SERGEY A. ANDREYEV, PhD (Econ), Associate Professor

E-mail: asa-finance@yandex.ru

Russian State Agrarian University – MAAA named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The task of single piece feeding and automatic addressing of material objects along the shortest path occurs in the development of equipment for automated conveyor production systems, for robotic classification and sorting of agricultural raw materials, semi-finished products and finished products. To solve this problem, in most cases, optical-and-electronic elements, computers and mechanical actuators are used. In order to simplify and reduce the cost of technical facilities, two simple designs of manipulators are proposed, providing for the piece-by-piece feeding of sorted objects and their spacial movement along the shortest path. The first structure contains a feeding hopper, a body, a conveyor (made in the form of drums), a mechanism for changing the inclination angle

of the drums, a receiving hopper and a hinged support. The drums are installed with the possibility of counter rotation around one-plane and parallel axes. The inter-drum space forms an intake-feeding groove along the entire length of the conveyor. Since the drums are installed at an angle (from 1 to 60 degrees) to the horizon, under the action of gravity, the objects begin to move along the drums, being distributed longitudinally along the length of the inter-drum space with an increasing interval. The objects are slipped out with the established periodicity determined by the inclination angle of the drums and their rotation frequency. The second construction is a relay-contact control circuit containing a directional motion relay, an address setter in the form of a set of switching elements with a fixed latch and a position sensor. In the process of addressing, the object location accompanied by a corresponding relay switching and the formation of a command that determines the further movement along the shortest path, is fixed by the position sensor. The control circuit logic is implemented by the relay switching and set by the operator depending on the purpose and features of addressing the objects. The manipulator can be used in robotic systems for sorting potato, tomato and sugar beet pieces, as well as for controlling the movement of conveyor or chain racks and rotating drums.

Key words: product sorting, robotics, manipulator, object submission, shortest path addressing.

References

1. Smirnov A.B. Mekhatronika i robototekhnika. Sistemy mikropereme-shcheniy s p'yezoelektricheskimi privodami [Mechatronics and robotics. Systems of microswitches with piezoelectric drives]. SPb.: Izdvo SPbGPU, 2003. 160 p. (in Rus).
2. David A. Forsite, Jack Pons. Komp'yuternoye zreniye [Computer vision]. SPb.: Izdatel'skiy dom "Vil'yams", 2004. 928 p. (in Rus).
3. Potapov A.S. Raspoznavaniye obrazov i mashinnoye vospriyatiye [Recognition of images and machine perception]. Moscow, Politekhnik, 2007. 552 p. (in Rus).
4. Andre P., Kofman G., Lot F. Konstruirovaniye robotov [Designing robots]. Moscow, Mir, 1986. 360 p. (in Rus).
5. Anderzhanov A.L., Andreyev S.A., Kovalev S.I., Filatkin V.P. Ustroystvo dlya poshtuchoy podachi okruglykh predmetov [Device for single-piece feeding of round objects]. Avtorskoye svidetel'stvo № 1561863 SSSR. MKI A 01 G 7/16; appl. 30.06.1986; publ. 07.05.1990. Bul. No. 17. (in Rus).
6. Yurevich Ye.I. Osnovy robototekhniki [Fundamentals of robotics]. 2nd ed. SPb: BKHV – Peterburg, 2001. 416 p. (in Rus).
7. Andreyev S.A. Sposob poshtuchoy podachi ob'yektov [Method of single-piece feeding of objects]. Tekhnicheskiye nauki v mire: ot teorii k praktike. *Sbornik nauchnykh trudov po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Innovatsionnyy Tsentr razvitiya obrazovaniya i nauki.* Rostov n/D, 2016. No. 3. Pp. 95-100. (in Rus).
8. Andrianov Yu.D., Bobrikov E.P., Goncharenko V.N. Robototekhnika [Robotics]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1984. 288 p. (in Rus).
9. Yusupov R.Kh., Voronin Ye.A., Yusupov V.R. Modelirovaniye dinamiki dvizheniya mobil'nogo robota [Modeling the movement dynamics of a mobile robot]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*. 2015. No. 3. Pp. 14-20. (in Rus).
10. Yusupov R.Kh., Dementey V.P., Yusupov V.R. Sistema upravleniya universal'nogo robotiziro-vannogo bazovogo transportnogo modulya [Control system for the universal roboticized basic transport module]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*. 2012. No. 2(53). Pp. 36-41. (in Rus).
11. Anderzhanov A.L., Andreyev S.A., Kovalev S.I., Tishakov A.A. Ustroystvo dlya avtomaticheskogo adresovaniya ob'yektov po kratchayshemu puti [Device for automatic addressing of objects by the shortest path] Avtorskoye svidetel'stvo № 1357321 SSSR. MKI A 01 G 47/46; appl. 13.02.1986; publ. 07.12.1987. Bul. No. 45. (in Rus).
12. Andreyev S.A. Avtomaticheskoye adresovaniye ob'yektov po kratchay-shemu puti [Automatic addressing of objects by the shortest path]. *Innovatsionnyye tekhnologii v oblasti tekhnicheskikh nauk: Sbornik nauchnykh trudov po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* Khabarovsk, 2016. № 1. Pp. 55-58. (in Rus).

Received on December 28, 2016

УДК 621.315.1/2

НИКИТИН АНТОН ВЛАДИМИРОВИЧ

E-mail: NikitinAntonV@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ СЕЛЬСКИХ ЛЭП ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В основе методик выбора оптимального сечения проводников сельских линий электропередачи лежит метод определения экономической плотности тока, разработанный еще в середине XX в. Несмотря на то что данный метод неоднократно совершенствовался, остается ряд задач, требующих дальнейшей актуализации. К таким задачам относятся: учет динамики затрат на ремонты и обслуживание линий в течение срока службы, совершенствование формы значений экономической плотности тока, позволяющее их использовать независимо от региональных технико-экономических показателей и динамики электрической нагрузки в течение расчетного периода. С учетом поставленных в работе задач разработана технико-экономическая модель. На основании данной модели рассчитаны значения экономической плотности тока для воздушных линий электропередачи 10 кВ с неизолированными проводами и проведено сравнение со значениями, представленными в действующей нормативно-технической документации. В результате сравнения выявлено, что полученные значения экономической плотности тока значительно (более чем в 2 раза) отличаются от существующих и зависят от большого числа параметров, характерных для конкретной электрической сети. В связи с этим предложено представлять значения экономической плотности тока в виде произведения переменной и постоянной составляющих. При этом постоянная составляющая может быть приведена в нормативных документах, а переменная должна рассчитываться при проектировании с учетом параметров конкретной электрической сети. Получены выражения составляющих экономической плотности тока, а также значения постоянной составляющей для сельских линий электропередачи современных конструкций.

Ключевые слова: выбор сечения проводника, сельские линии электропередачи, экономическая плотность тока, дисконтированные затраты.

Введение. Сельские линии электропередачи (ЛЭП) 10-35 кВ имеют большой удельный вес в системе электроснабжения страны (около 1,1 млн км) и в значительной степени оказывают влияние на качество электроэнергии и надежность её передачи.

В настоящее время сельские ЛЭП 10-35 кВ характеризуются низкой надежностью и высоким уровнем потерь электроэнергии. Одной из основных причин этого являются малые сечения проводников ЛЭП, в связи с чем выбор сечения является важной задачей.

Согласно [1], в основе методики выбора оптимального сечения проводника лежит поиск экономически целесообразного сечения по экономической плотности тока, которое определяется по выражению

$$F = \frac{I}{j_{\text{эк}}}, \quad (1)$$

где I – расчетный ток, А; $j_{\text{эк}}$ – нормированное значение экономической плотности тока для заданных

условий работы, А/мм². Выбранное экономическое сечение затем проверяется по другим условиям (по нагреву, допустимой потере напряжения, механической прочности и др.) и при необходимости корректируется.

Выражение (1) применимо в настоящее время, но требует актуализации, поскольку нормированные значения экономической плотности тока (ЭПТ), представленные в ПУЭ, устарели, в связи с тем что:

- использованы стоимостные показатели на электроэнергию и ЛЭП на уровне 40-50-х гг. XX в.;
- не учитывают динамику изменения основных технико-экономических показателей электрической сети во времени;
- не учитывается применение материалов и конструкций, используемых при сооружении современных ЛЭП (изолированные провода, кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, воздушные линии 20-35 кВ в «габарите» 10 кВ);
- не учитывают современного требования к выбору сечения в ЛЭП проводника на весь срок службы (30-40 лет) [2];

– получены по критерию минимума приведенных затрат, тогда как в настоящее время в качестве основного экономического критерия применяется минимум дисконтированных затрат за расчетный период.

К настоящему времени ряд работ были посвящены определению значений ЭПТ в современных условиях. Так, в [3] разработана современная технико-экономическая модель ЛЭП по критерию минимума дисконтированных затрат, на основе которой получены значения ЭПТ для ВЛ 110-220 кВ, в работе [4] получены значения ЭПТ для ЛЭП 6-35 кВ. Тем не менее задача определения экономической плотности тока остается актуальной, поскольку в современных работах не отражен ряд важных проблем:

– в технико-экономических моделях ЛЭП не учитывается динамика затрат на ремонты и обслуживание во времени;

– форма, в которой приведены значения ЭПТ, не учитывает универсальность применения данных значений, поскольку они отражают лишь частный случай, характерный для определенной ЛЭП.

– значения ЭПТ приведены для токовой нагрузки в начале расчетного периода, что создает трудности при выборе оптимального сечения проводника на период эксплуатации, поскольку проверка сечения по нагреву и допустимым потерям напряжения рассчитывается исходя из нагрузки в конце расчетного периода.

Цель исследования – разработать технико-экономическую модель ЛЭП в современных условиях, на её основе получить выражение и значения экономической плотности тока в ЛЭП современных конструкций. Сравнить полученные значения с нормированными значениями ЭПТ, приведенными в ПУЭ.

Результаты и обсуждение. Выражение удельных дисконтированных затрат на сооружение и эксплуатацию ЛЭП, с учетом допущения об ограничении срока строительства одним годом, имеет вид [5]:

$$ДЗ = K + \sum_{t=1}^{T_{расч}} I_{(t)} \cdot (1 + E)^{1-t}, \quad (2)$$

где K – удельные единовременные капитальные вложения, тыс. руб.; $I_{(t)}$ – эксплуатационные издержки в год t , тыс. руб.; E – норма дисконта, о.е.; $T_{расч}$ – продолжительность расчетного периода, год.

Анализ данных по капитальным вложениям в ЛЭП одного класса напряжения показывает, что зависимость их стоимости от сечения проводов может быть представлена выражением [6-8]:

$$K = K'_\sigma \cdot l \cdot k_{cm} = (K'_\sigma + K''_\sigma \cdot F) \cdot l \cdot k_{cm}, \quad (3)$$

где K'_σ – базовая стоимость строительства, тыс. руб./км; K''_σ – постоянная составляющая базовой стоимости строительства, тыс. руб./км; K''_σ – коэффициент, учитывающий зависимость базовой стоимости строительства от сечения провода для ЛЭП, тыс. руб./км · мм²; F – сечение проводника, мм²; l – длина ЛЭП, км; k_{cm} – коэффициент пересчета стоимости строитель-

ства из базовых цен в текущие. Коэффициент пересчета рассчитывается по выражению [9]:

$$k_{cm} = k_{mp} \cdot k_{доп.з} \cdot k_{рез} \cdot k_{зон}, \quad (4)$$

где k_{mp} – коэффициент перехода от базовых цен к ценам текущего периода; $k_{доп.з}$ – коэффициент дополнительных затрат при строительстве на благоустройство, временные здания и сооружения, проектно-изыскательские работы и авторский надзор, прочие работы и затраты; $k_{рез}$ – коэффициент, учитывающий регионально-климатические условия осуществления строительства (отличия в конструктивных решениях) в регионах Российской Федерации по отношению к базовому району; $k_{зон}$ – коэффициент зонирования, учитывающий разницу в стоимости ресурсов в пределах одного региона.

Эксплуатационные издержки выразим как сумму ежегодных отчислений от капитальных вложений (на ремонты и обслуживание) и затрат, связанных с потерей электроэнергии, при этом показатели, изменяющиеся во времени, представим как произведение их значений в начале расчетного периода и коэффициента роста в год t :

$$I_{(t)} = \frac{(\alpha_{рем} + \alpha_{обс}) \cdot (K'_\sigma + K''_\sigma \cdot F) \cdot l \cdot k_{cm} \cdot k_{PC(t)} + 3 \cdot I_{(T)}^2 \cdot l \cdot r_0 \cdot \tau \cdot T_{кнэ} \cdot k_{PT(t)} \cdot \left(\frac{k_{PH(t)}}{k_{PH(T)}} \right)^2 + \Delta w_{my} \cdot l \cdot T_{кнэ} \cdot k_{PT(t)}, \quad (5)$$

где $\alpha_{рем}$, $\alpha_{обс}$ – нормы отчислений от капитальных вложений на ремонты и обслуживание соответственно, %; $I_{(T)}$ – значение тока нагрузки в конце расчетного периода, А; r_0 – удельное активное сопротивление ЛЭП, Ом/км; τ – время максимальных потерь, ч; Δw_{my} – удельные потери электроэнергии от токов утечки в ЛЭП, кВт · ч/км; $T_{кнэ}$ – тариф на покупку электроэнергии для компенсации потерь электроэнергии, тыс. руб./кВт · ч; $k_{PC(t)}$, $k_{PH(t)}$, $k_{PT(t)}$ – коэффициенты роста стоимости ЛЭП, электрической нагрузки, тарифа на компенсацию потерь электроэнергии в год t по сравнению с первым годом расчетного периода соответственно. В формуле (5) коэффициент $k_{доп.з}$ используется в связи с тем, что нормы отчисления берутся от капитальных вложений без учета дополнительных затрат, возникающих при строительстве объекта.

Подставив (3) и (5) в (2) запишем уравнение дисконтированных затрат ЛЭП. Для упрощения выражения выразим сумму произведений показателей, изменяющихся во времени, обобщенными коэффициентами:

$$k_1 = \sum_{t=1}^{T_{расч}} k_{PC(t)} \cdot (1 + E)^{1-t}, \quad (6)$$

$$k_2 = \sum_{t=1}^{T_{расч}} \frac{k_{PH(t)}^2}{k_{PH(T)}^2} \cdot k_{PT(t)} \cdot (1 + E)^{1-t}, \quad (7)$$

$$k_3 = \sum_{t=1}^{T_{расч}} k_{PT(t)} \cdot (1 + E)^{1-t}. \quad (8)$$

Суммарные дисконтированные затраты ЛЭП:

$$ДЗ = (K'_6 + K''_6 F) \cdot \left[1 + \frac{(\alpha_{рем} + \alpha_{обс}) \cdot k_1}{100 \cdot k_{доп.з}} \right] \cdot l \cdot k_{см} + \frac{3 \cdot I_{(T)}^2 \cdot l \cdot \rho \cdot \tau \cdot T_{кнз}}{10^3 \cdot F} \cdot k_2 + \Delta w_{мг} \cdot l \cdot T_{кнз} \cdot k_3 \quad (9)$$

Продифференцировав выражение (9) и приравняв производную $dДЗ/dF$ к нулю, получим

$$dДЗ/(dF) = (K'_6 + K''_6 F) \cdot \left[1 + \frac{(\alpha_{рем} + \alpha_{обс}) \cdot k_1}{100 \cdot k_{доп.з}} \right] \cdot K''_6 \cdot l \cdot k_{см} - \frac{3 \cdot I_{(T)}^2 \cdot l \cdot \rho \cdot \tau \cdot T_{кнз}}{10^3 \cdot F^2} = 0 \quad (10)$$

Из (10) выразим формулу экономической плотности тока (по отношению к току в конце расчетного периода в год T):

$$j_{эк(T)} = \frac{I_{(T)}}{F} = \sqrt{\frac{\left[1 + \frac{(\alpha_{рем} + \alpha_{обс}) \cdot k_1}{100 \cdot k_{доп.з}} \right] \cdot K''_6 \cdot k_{см} \cdot 10^3}{3 \cdot \rho \cdot \tau \cdot T_{кнз} \cdot k_3}} \quad (11)$$

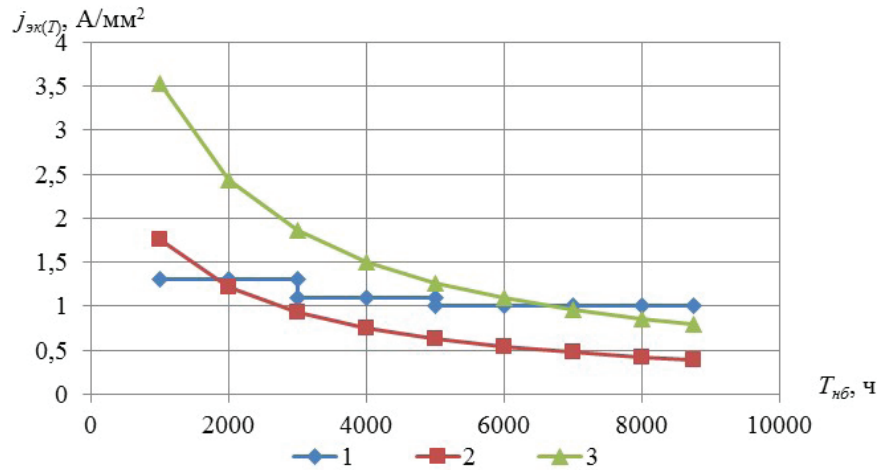
По полученному выражению рассчитаем значения экономической плотности тока для ВЛ 10 кВ с неизолированными проводами, при постоянной и переменной нагрузке в течение расчетного периода. При этом вариант с переменной нагрузкой соответствует максимальным темпам роста нагрузки в среднем по стране. Исходные данные для расчета: $E = 0,1$ о.е.; $T_{расч} = 41$ год; $K''_6 = 0,79$ тыс. руб./км·мм²; $\alpha_{рем.} = 0,6\%$; $\alpha_{обс} = 2\%$; $k_1 = 15,23$; $k_{2(Изм.)} = 4,37$; $k_{2(Пост.)} = 17,56$; $k_3 = 17,56$; $k_{см} = 4,95$; $k_{доп.з} = 1,191$; $\rho = 29$ Ом·мм²/км; $\tau = 1000 \dots 8760$ ч; $T_{кнз} = 2,51 \cdot 10^{-3}$ тыс. руб./кВт·ч. Коэффициенты роста параметров, изменяющихся во времени, представлены в виде функций времени, составленных на основании анализа статистических и прогнозных данных [10-12] и писем Минрегиона и Минстроя России:

$$k_{PH(t)} = 9,97 \cdot 10^{-4} \cdot (t-1)^2 + 8,28 \cdot 10^{-3} \cdot (t-1) + 0,991,$$

$$k_{PC(t)} = 6,62 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 + 5,39 \cdot 10^{-2} \cdot t + 0,946,$$

$$k_{PT(t)} = 5,26 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 6,86 \cdot 10^{-2} \cdot t + 0,931.$$

Сравнение полученных значений с приведенными в [1] приведены на рисунке.



Зависимость экономической плотности тока от числа часов использования максимума нагрузки для ВЛ 10 кВ с неизолированными проводами:
 1 – ПУЭ; 2 – расчетные значения без учета изменения нагрузки;
 3 – расчетные значения с учетом изменения нагрузки

Из анализа (11) и рисунка видно, что значение экономической плотности тока зависит от большого числа параметров, характерных для каждой конкретной сети:

$$j_{эк(T)} = f(\alpha_{рем}, \alpha_{обс}, \tau, T_{кнз}, k_1, k_3). \quad (12)$$

Соответственно значения плотности тока, рассчитанные для одной сети, могут быть абсолютно неприменимы для другой сети, даже при одинаковом конструктивном исполнении. Так, из построенных зависимостей видно, что при учете роста

нагрузки экономическая плотность увеличивается в 2 раза.

В связи с зависимостью значения экономической плотности тока от множества факторов целесообразно представить данный показатель в виде произведения переменной и постоянной составляющих.

Для удобства расчетов представим постоянные составляющие уравнения в виде

$$j_{пост.эк} = \sqrt{\frac{K''_6 \cdot 10^3}{3 \cdot \rho}}; \quad (13)$$

переменные составляющие в виде

$$\delta = \frac{\left[1 + \frac{(\alpha_{\text{рем}} + \alpha_{\text{обс}}) \cdot k_1}{k_{\text{дол.з}}} \right] \cdot k_{\text{см}}}{\tau \cdot T_{\text{кпз}} \cdot k_3} \quad (14)$$

Тогда с учетом (14), (15) выражение (11) примет вид

$$j_{\text{эк}(T)} = j_{\text{пост.эк}} \cdot \sqrt{\delta} \quad (15)$$

В представленном виде данное уравнение может быть использовано для практических расчетов. При этом постоянная составляющая может быть

приведена в нормативных документах, а переменная – должна рассчитываться при проектировании с учетом параметров конкретной сети. С учетом (15) выражение (1) для расчета экономического сечения примет вид

$$F = \frac{I_{(T)}}{j_{\text{пост.эк}} \cdot \sqrt{\delta}} \quad (16)$$

Расчитанные по (13) значения постоянной составляющей плотности тока для ЛЭП различных конструкций и исходные данные для расчета приведены в таблице.

Значение постоянной составляющей экономической плотности тока

Конструкция ЛЭП	Тип провода, кабеля	K''_{δ} , тыс. руб./км · мм ²	ρ , Ом·мм ² /км	$j_{\text{пост.эк}}$ (тыс. руб./Ом · км ²) ^{1/2}
ВЛ 10 кВ	АС	0,79	29	3,01
ВЛЗ 10-20 кВ	СИП-3 20 кВ	0,78	34,89	2,73
ВЛЗ 35 кВ	СИП-3 35 кВ	0,83		2,82
КЛ 10 кВ	АСБ 10 кВ трехжил.	0,62	30,99	2,58
	АПвПг 10 кВ трехжил.	30,42	0,7	2,77
	АПвПг 10 кВ одножил.		0,4	2,09
КЛ 20 кВ	АПвПг 20 кВ трехжил.		0,76	2,89
	АПвПг 20 кВ одножил.		0,47	2,27
КЛ 35 кВ	АПвПг 35 кВ трехжил.		0,99	3,29
	АПвПг 35 кВ одножил.		0,55	2,45

Выводы

1. Современные значения экономической плотности тока значительно отличаются от соответствующих значений, приведенных ПУЭ, в связи с чем последние требуют пересмотра.

2. В связи с зависимостью значения экономической плотности тока от множества факторов целесообразно представить данный показатель в виде произведения переменной и постоянной составляющих. При этом постоянная составляющая может быть приведена в нормативных документах, а переменная – должна рассчитываться при проектировании с учетом параметров конкретной сети.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: ДЕАН, 2015. 704 с.
2. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе [Электронный ресурс] // ПАО «Россети». 2013. 196 с. URL: <http://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/polozenie.pdf> (дата обращения: 19.12.16).
3. Ефентьев С.Н. Развитие методики технико-экономического анализа при выборе основных параметров электрических сетей с учетом неопреде-

ленности исходной информации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2004. 20 с.

4. Суворова И.А., Черепанов В.В. Определение экономической плотности тока в современных условиях для линий 6-35 кВ // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 6. С. 95-96.

5. Волькенау И.М., Зейлингер А.Н., Хабачев Л.Д. Экономика формирования электроэнергетических систем. М.: Энергия, 1981. 320 с.

6. Будзко И.А., Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов: Учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1985. 320 с.

7. Плюгачев В.К. Основы рационального электроснабжения сельского хозяйства. Минск: Сельхозгиз БССР, 1962. 233 с.

8. Франштетер В.П., Мартыанов А.С. Выбор экономически обоснованного сечения проводов и жил кабелей линий электропередачи при проектировании // Нефтяное хозяйство. 2011. № 4. С. 117-118.

9. Сборник укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи для нужд ОАО «Холдинг МРСК». 2012. 71 с.

10. Сценарные условия развития электроэнергетики на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике. 2010. 136 с. URL: <http://www.e->

arpe.ru/5years/pb_2011_2030/scenary_2010_2030.pdf (дата обращения: 19.12.16).

11. Калабеков И.Г. Российские реформы в цифрах и фактах. 2-е изд., перераб. и доп. М.: РУСАКИ, 2010. 498 с.

12. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.

Статья поступила 11.01.2017 г.

SELECTING WIRE SECTION FOR RURAL ELECTRIC POWER LINES WITH ACCOUNT OF ECONOMIC CURRENT DENSITY IN PRESENT-DAY CONDITIONS

ANTON V. NIKITIN

E-mail: NikitinAntonV@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timityzevskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation

The method of defining the economic current density (worked out even in the middle of the 20th century) is based on the methodology of choosing an optimal wire section for rural electric power lines. Despite constant enhancements of this method there is a range of issues that require further actualization. These issues include the following: a record of dynamics of electric power lines repairs and servicing costs during their service life, data enhancement of economic current density which permits using data form notwithstanding regional technical-and-economic indexes and dynamics of electrical load during a calculation period. Taking into account the objectives assigned in this paper the authors have developed the technical and economic model. Basing on this model the data of economic current density for overhead electric power lines with the voltage 10-35 kV are calculated and the comparison with the data indicated in the active technical rules and regulations is performed. Basing on the comparison results the authors have revealed that the calculated data of economic current density significantly (more than twice) differ from the existing ones and depend on a large number of parameters indicative for a particular electrical network. Thereby they suggest casting the data of the economic current density as the product of a variable and a constant. At the same time a constant can be indicated in the normative documents while a variable is to be calculated during the construction taking into account the parameters of a particular electrical network. The present paper contains the calculated formulas for a variable and a constant of the economic current density and constants for modern rural electric power lines.

Key words: choosing wire sections, rural electric power lines, economic current density, discounted costs.

References

1. Pravila ustroystva elektroustanovok. 7th ed. [Electrical Installation Code. 7th ed.]. M.: DEAN, 2015. 704 p. (in Rus).

2. Polozhenie OAO "Rosseti" o yedinoj tekhnicheskoy politike v elektrossetevom komplekse [Provisions of OAO "Rosseti" concerning the single technical policy in the power supply network]. PAO "Rosseti". 2013. 196 p. – URL: <http://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/polozenie.pdf> (access date: 19.12.16). (in Rus).

3. Efent'ev S.N. Razvitie metodiki tekhniko-ekonomicheskogo analiza pri vybore osnovnykh parametrov elektricheskikh setey s uchetom nepredelennosti iskhodnoy informatsii [Development of technical-and-economic analysis methods

in choosing of basic parameters of electrical power lines taking into consideration the uncertainty of source data.]: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. M., 2004. 20 p. (in Rus).

4. Suvorova I.A., Cherepanov V.V. Opredeleniye ekonomicheskoy plotnosti toka v sovremennykh usloviyakh dlya liniy 6-35 kV [Determination of economic current density in the current conditions for lines 6-35 kV]. *Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2013. No. 6. Pp. 95-96. (in Rus).

5. Vol'kenau I. M., Zeilinger A.N., Khabachev L.D. Ekonomika formirovaniya elektroenergeticheskikh sistem [Economics of power-supply systems formation]. M.: Energiya, 1981. 320 p. (in Rus).

6. Budzko I.A., Levin M.S. Elektrosnabzhenie sel'skohozyaystvennykh predpriyatiy i naselennykh punktov: uchebnoe posobie [Electrical supply of rural en-

terprises and settlements: textbook]. M.: Agropromizdat, 1985. 320 p. (in Rus).

7. Plyugachev V.K. Osnovy ratsional'nogo elektrosnabzheniya sel'skogo khozyaistva [Basics of reasonable electricity supply in agricultural industry]. Minsk.: Sel'khozgiz BSSR, 1962. 233 p. (in Rus).

8. Franshteter V.P., Mart'yanov A.S. Vybor ekonomicheski obosnovannogo secheniya provodov i zhil kabelej linij elektroperedachi pri proektirovanii [Selecting economically sound section of wires and cable conductors of power lines during the design]. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2011. No. 4. Pp. 117-118. (in Rus).

9. Sbornik ukрупnennykh pokazateley stoimosti stroitel'stva (rekonstruktsii) podstantsij i linij elektroperedachi dlya nuzhd OAO "Holding MRSK" [Collection of consolidated indexes of construction (reconstruction) costs for electric power supply substa-

tions and power supply networks for the needs of OAO "Holding MRSK"]. 2012. 71 p. (in Rus).

10. Stsenarnye usloviya razvitiya elektroenergetiki na period do 2030 goda [Scenario development conditions of electric-power supply industry for the period of up to 2030]. *Agenstvo po prognozirovaniyu balansov v elektroenergetike*. 2010. 136 p. – URL: http://www.e-apbe.ru/5years/pb_2011_2030/scenariy_2010_2030.pdf (access date: 19.12.16). (in Rus).

11. Kalabekov I.G. Rossiyskie reformy v tsifrakh i faktakh [Russian reforms in figures and facts]. M.: RUSAKI, 2010. – 498 p. (in Rus).

12. Spravochnik po proektirovaniyu jelektricheskikh setej [Handbook for engineering of electric power lines] / 4th ed., reviewed and add. M.: ENAS, 2012. – 376 p. (in Rus).

Received on January 11, 2017

Научный журнал

ВЕСТНИК

**ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Московский государственный агроинженерный
университет имени В.П. Горячкина»**

№ 3 (79) /2017

Редактор *И.В. Мельникова*

Литературная обработка текста – *В.И. Марковская*

Компьютерный набор и верстка – *А.С. Лаврова*

Перевод на английский язык – *А.Ю. Алипичев*

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – **42252.**

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале размещены в Интернете (http://timacad.ru/deyatel/izdat/vestnik_MGAU/trebovaniya.php).

Для ссылок: Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина»

По вопросам публикаций статей обращаться по адресу:

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 58, корпус № 27, к. 321.

E-mail: vestnik@rgau-msha.ru

Телефон: 8-499-976-07-27, 8-926-716-48-00

Подписано в печать 23.06.2017 г.

Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 8,4

Тираж 500 экз.

Заказ №

Цена подписная

Издательство РГАУ-МСХА

127550, Москва, Тимирязевская ул., 44

Тел.: +7 (499) 977-00-12; 977-40-64, 977-14-92