

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет  
им. А.А. Ежевского”**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

**“ВЕСТНИК ИрГСХА”**

**Выпуск 80**

**Июнь**

**Материалы VII научно-практической конференции  
с международным участием “Чтения И.П. Терских”**

**“АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК”**

**24 – 26 мая 2017 года**

**Иркутск  
2017**

Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА", 2017, выпуск 80, июнь.

Издается по решению Ученого совета Иркутской государственной сельскохозяйственной академии с 26 ноября 1996 г.

**Главный редактор:** Б.Ф. Кузнецов, д.т.н., проректор по научной работе ИрГАУ им. А.А. Ежевского.

**Зам. главного редактора:** Н.А. Никулина, д.б.н.

**Ответственный секретарь:** О.П. Ильина, д.в.н.

**Члены редакционного совета:** В.Н. Хабардин, д.т.н.; В.О. Саловаров, д.б.н.; В.И. Солодун, д.с.-х.н.; И.И. Силкин, д.б.н.; Я.М. Иванько, д.т.н.; Л.А. Калинина, д.э.н.; Ш.К. Хуснидинов, д.с.-х.н.; Д.С. Адушин, д.с.-х.н.; Н.И. Рядинская, д.б.н.; Л.М. Белова, д.б.н. (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург); Э.В. Ивантер – д.б.н., чл.-кор. РАН (Петрозаводский государственный университет Республики Карелия), Ю.Н. Литвинов – д.б.н. (Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск), С.Н. Степаненко, д.ф.-м.н. (Одесский государственный экологический университет, Украина), К. Кузмова, д.б.н. (Аграрный университет, г. Пловдив, Болгария); Р. Горнович – д.б.н., проф. (Познанский университет жизненных наук, г. Познань, Польша).

В журнале опубликованы работы авторов по разным тематикам: агрономии, мелиорации, биологии, охране природы, ветеринарной медицине, зоотехнии, механизации, электрификации, экономики и организации производства, учебному процессу, юбилею и памятным датам.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-30938.

Подписной индекс 82302 в каталоге агентства ООО "Роспечать" "Газеты. Журналы".

Рукописи, присланные в журнал, не возвращаются. Авторы несут полную ответственность за подбор и изложение фактов, содержащихся в статьях; высказываемые ими взгляды могут не отражать точку зрения редакции. Любые нарушения авторских прав преследуются по закону. Перепечатка материалов журнала допускается только по согласованию с редакцией. Рецензии хранятся в редакции не менее 5 лет в бумажном и электронном вариантах и могут быть предоставлены в Министерство образования и науки РФ по запросу.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий согласно решению Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России.

Журнал удостоен диплома II степени в конкурсе изданий учреждений ДПО, подведомственных Минсельхозу РФ, "Новые знания – практикам" в номинации "Лучшее серийное издание", диплома III степени Министерства сельского хозяйства РФ, диплом II степени в номинации "Лучшее печатное издание" I Международного конкурса за лучшее учебное и научное издание.

Статьи проверены с использованием Интернет-сервиса "Антиплагиат".

Присвоен DOI: 10.17238/issn1999-3765.2017.80.

Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA", 2017, Issue 80, Juni.

It is published by the decision of the Academic Council of Irkutsk State Agricultural Academy since November 26, 1996

Chief-editor: B.F. Kuznetsov, Doctor of Technical Sc., Vice-rector for scientific work, IrSAU named after A.A. Ezhevsky

Deputy chief-editor: N.A. Nikulina - Doctor of Biological Sc. Executive secretary: O.P. Iljina, Doctor of Veterinary Sc.

Editorial Board Members: V.N. Khabardin, Doctor of Technical Sc.; V.O. Salovarov, Doctor of Biological Sc.; V.I. Solodun, Doctor of Agricultural Sc.; I.I. Silkin, Doctor of Biological Sc.; Ya.M. Ivan'ko, Doctor of Technical Sc.; L.A. Kalinina, Doctor of Economic Sc.; Sh.K. Khusnudinov, Doctor of Agricultural Sc.; D.S. Adushinov, Doctor of Agricultural Sc.; N.I. Ryadinskaya, Doctor of Biological Sc.; L.M. Belova, Doctor of Biological Sc. (St. Petersburg Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg); E.V. Ivanter, Doctor of Biological Sc., Corresponding Member of Russian Academy of Sc. (Petrozavodsk State University in the Republic of Karelia); Yu.N. Litvinov, Doctor of Biological Sc., (Institute of Animal Systematics and Ecology, Siberian Branch of Russian Academy of Sc., Novosibirsk); S. N. Stepanenko, Doctor of Physical and Mathematical Sc., Odessa State Environmental University (Odessa, Ukraine); K. Kuzmova, Doctor of Biological Sc., Agarian University (Plovdiv, Bulgaria), R. Gornowich, Doctor of Biological Sc., University of Life Sc. in Poznan (Poznan, Poland).

The articles published in the journal are on different topics: agronomy, melioration, biology, nature protection, veterinary medicine, animal husbandry, mechanization, electrification, economics and management, educational process, anniversaries, and memory dates.

The journal is registered by the Federal Supervision Service for Legislation Mass Media and Culture Heritage Protection. Registration certificate of mass medium - ПИ № ФС77-30938.

Subscription index in the catalogue of the Agency "Limited Liability Company "Rospechat", "News-papers. Journals" is 82302.

Manuscripts are not returned to the authors. The authors are fully responsible for the compilation and presentation of information contained in their papers; their views may not reflect the Editorial Board's point of view. All rights protected. No part of the Journal materials may be reprinted without permission from the Editors. Reviews are stored in the editorial office for 5 years in the paper and electronic versions, and can be provided to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation on request.

The journal is included in the Russian Federation index of Scientific Citation of electronic library eLIBRARY.RU.

The journal is included in the list of leading peer-reviewed scientific journals and publications in accordance with the decision of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education of Russia.

The journal is awarded by the Diploma of II degree in the competition of publications of the institutions of PVE subordinated to the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, "New knowledge - practice" in the category "Best Issues", diploma of III degree of the Ministry of Agriculture of Russia, diploma of II degree in the nomination "The best print edition" of the 1st International competition for the best educational and scientific publication.

Articles are checked with the use of the Internet service "Anti-plagiarism".

Assigned DOI: 10.17238/ISSN 1999-3765.2017.80.

**ISSN 1999-3765**

© ФГБОУ ВО "Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского", 2017, июнь.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **АГРОНОМИЯ. МЕЛИОРАЦИЯ**

- Подшивалова А.К., Буторина Н.В., Акимова Д.А.* Изучение процессов гидролиза полисахаридов и белков при прорастании ячменя 7
- Сагирова Р.А., Попова О.Г., Ермаченко Я.С.* Интродукция парковых видов роз в условиях остепненной и подтаёжно-таёжной зон Предбайкалья 11

### **ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА. ЗООТЕХНИЯ**

- Адушинов Д.С., Гордеева А.К., Мирвалиев Ф.С., Безруков С.А.* Современное состояние мясных пород в Иркутской области 17
- Гармаев М.Л.* Линейная принадлежность черно-пестрого скота и его удои 24
- Павлов С.А., Кушеев Ч.Б., Ломбоева С.С.* Влияние простагландинов E<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, F<sub>2α</sub> и агониста "Butaprost" на гладкую мускулатуру яйцеводов коров 28
- Сайванова С.А., Рядинская Н.И., Ильина О.П., Тарасевич В.Н.* Артериальное русло селезенки байкальской нерпы в возрастном аспекте 35

### **МЕХАНИЗАЦИЯ. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ**

- Александров Н.П., Матвеев И.Н., Климов С.М., Гаврильева Н.К.* Технологическая система мясомолочного производства на примере с. Партизан Намского района Республики Саха (Якутия) 45
- Алтухов С.В., Шуханов С.Н.* Исследование теплообмена корпуса распылителя форсунки с топливом 54
- Беломестных В.А., Ильин П.И., Рожков Д.М.* Оценка надежности элементов зерноуборочного комбайна "Вектор 410" при эксплуатации в гарантийный период 61
- Болоев П.А., Аносова А.И., Елтошкина Е.В., Поляков Г.Н.* Повышение надежности работы систем зерноуборочного комбайна для снижения потерь урожая 68
- Бричагина А.А., Пальвинский В.В., Орлов Б.Н.* К вопросу дозирования семян рапса различными типами высевяющих аппаратов 73
- Герасимова М.Н., Потапов В.В., Логинов А.Ю.* Анализ неисправностей центробежных насосов теплоисточников ЗАО "Байкалэнерго" 78
- Гуляев В.П., Иванов М.С., Иванова Ж.А., Филиппова Е.А.* О методике организации студенческого мобильного отряда по изучению проблем надежности сельскохозяйственной техники 83
- Ильин С.Н., Фальчевская Ю.А., Таханов М.П.* Применение углекислого газа в качестве подкормки в защищенном грунте 88

<i>Кудряшев Г.С., Третьяков А.Н., Шпак О.Н., Халымийн Рахмет.</i> Исследование воздействия внешней нелинейной нагрузки на режимы работы	92
<i>Наумов И.В., Ланин А.В.</i> Экономическое обоснование применения прогнозной информации в процессе обслуживания сельских распределительных электрических сетей	97
<i>Немцев А.Е., Коротких В.В., Деменов И.В.</i> Определение производственной мощности технического сервисного предприятия	104
<i>Овчинникова Н.И., Косарева А.В.</i> Повышение надежности эргатической системы с транспортным обеспечением в растениеводстве за счет резервирования ее элементов	111
<i>Попова С.А.</i> Обоснование прерывистого досвечивания тепличных растений СД-облучателями	118
<i>Прудников А.Ю., Боннет В.В.</i> Статистическая оценка параметров изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя	125
<i>Рудых А.В., Сукьясов С.В.</i> Влияние силовых полупроводниковых приборов на качество электрической энергии в сетях 0.38 кВ	130
<i>Сырбаков А.П., Корчуганова М.А.</i> Средства обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур	134
<i>Таханов М.П., Васильев Ф.А.</i> Создание возмущений в метантенке	143
<i>Цэдашиева Л.Н., Елаев Г.К., Бураев М.К.</i> Обеспечение работоспособности машин в аграрных объединениях средствами МТС	148
<i>Чеботнягин Л.М., Дроздов С.П., Потапов В.В., Подъячих С.В.</i> Расчет остаточного ресурса изоляции обмоток масляного трансформатора	155
<i>Чубарева М.В., Чубарева Н.В., Хабардин В.Н.</i> Особенности технического обслуживания машин в полевых условиях	163
<i>Хабардин С.В.</i> Влияние сил инерции движущихся частей двигателя на результат тяговых испытаний трактора	173
<i>Шерьязов С.К., Пташкина-Гирина О.С., Телюбаев Ж.Б.</i> Переработка отходов животноводства для использования их в качестве удобрения	184
<i>Ямполов С.С., Батуева С.В., Балданов В.Б., Цыбенов Ж.Б.</i> Состояние и перспективы развития зерно – семяочистительной техники	189

## CONTENTS

### **AGRONOMY. LAND-RECLAMATION**

*Podshivalova A.K., Butorina N.V., Akimova D.A.* Study of hydrolysis of polysaccharides and proteins during barley germination 7

*Sagirova R.A., Popova O.G., Ermachenko Ya.S.* Introduction of park species of roses in conditions of steppe and subtaiga-taiga zones in Predbaikalje 11

### **VETERINARY MEDICINE. ZOOTECHNOLOGY**

*Adushinov D.S., Gordeeva A.K., Mirvaliev F.S., Bezrukov S.A.* Modern status of meat breeds in Irkutsk region 17

*Garmaev M.L.* Linear belonging of black-and-motley cattle and their milk yield 24

*Pavlov S.A., Kusheev Ch.B., Lomboeva S.S.* Influence of prostaglandines E<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, F<sub>2α</sub> and agonist "Butaprost" on smooth musculature of cow oviducts 28

*Saivanova S.A., Ryadinskaya N.I., Iljina O.P., Tarasevich V.N.* The arterial system of the spleen of Baikal seal in the age aspect 35

### **MECHANIZATION. ELECTRIFICATION**

*Aleksandrov N.P., Matveev I.N., Klimov S.M., Gavrilieva N.K.* Technological-technical system of meat production on the example of Partizan village of Namsk district in the Republic of Sakha (Yakutia) 45

*Altukhov S.V., Shuhanov S.N.* Investigation of heat transfer body spray injector fuel 54

*Belomestnykh V.A., Ilyin P.I., Rozhkov D.M.* Assessment of the reliability of grain corner elements combine "Vector 410" at operation in the garntian period 61

*Boloev P.A., Anosova A.I., Eltoshkina E.V., Polyakov G.N.* Improving the reliability of systems of combine harvester to reduce crop losses 68

*Brichagina A.A., Paljvinsky V.V., Orlov B.N.* To the question of dosing of rapeseed by different types of seeding machines 73

*Gerasimova M.N., Potapov V.V.* Analysis of defects of centrifugal pumps of heat-sources of CJSC "Baikalenergo" 78

*Gulyaev V.P., Ivanov M.S., Ivanova Zh.A., Filippova E.A.* On the methodology of organization of the studenshoing a team to study problems of reliability agricultural machinery 83

*Iljin S.N., Falchevskaya Yu.A., Takhanov M.P.* Application of carbon dioxide as fertilizing in protected ground 88

*Kudryashev G.S., Tretyakov A.N., Shpak O.N., Khalimine Rakhmet.* Study of the influence of external nonlinear exposure loads on operation modes 92

<i>Naumov I.V., Lanin A.V.</i> Economic substantiation of application of forecast information in the process of maintenance of rural distribution electric networks	97
<i>Nemtsev A.E., Korotkikh V.V., Demenok I.V.</i> Determination of production capacity of the technical service enterprise	104
<i>Ovchinnikova N.I., Kosareva A.V.</i> Improving the reliability of the ergatic system with transport security in crop productionf due to reservation of its elements	111
<i>Popova S.A.</i> Substantiation of intermittent supplementary lighting of greenhouse plants with LED-irradiators	118
<i>Prudnikov A.Y., Bonnet V.V.</i> Statistical estimation of parameters of change of frequency of rotation of the rotor asynchrone engine	125
<i>Rudikh A.V., Sukyasov S.V.</i> Influence of power semiconductor devices on the quality of electric energy in networks 0.38 kV	130
<i>Sirbakov A.P., Korchuganova M.A.</i> Means to provide start-up tractor engines at negative temperatures	134
<i>Takhanov M.P., Vasilyev F.A.</i> Creation of perception in the methane-tank	143
<i>Tsedashieva L.N., Elaev G.K., Buraev M.K.</i> Maintenance of machinery in agricultural complexes by means of MTS	148
<i>Chebotnyagin L.M., Drozdov S.P., Potapov, V.V., Podyachikh S.V.</i> Calculation of the residual resource of insulation of winds of oil transformer	155
<i>Chubareva M.V., Chubareva N.V., Khabardin V.N.</i> Specific features of maintenance of machinesin the field	163
<i>Khabardin S.V.</i> Influence of the inertia force of moving engine parts on the result of tractor traction tests	173
<i>Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S., Telyubaev Zh.B.</i> Processing of livestock wastes for using them as fertilizers	184
<i>Yampilov S.S., Batueva S.V., Baldanov V.B., Tsybenov Zh.B.</i> Status and prospects of development of grain - seeding machinery	189

УДК 577.152.321; 577.112:633.16

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОЛИЗА ПОЛИСАХАРИДОВ И  
БЕЛКОВ ПРИ ПРОРАСТАНИИ ЯЧМЕНЯ**

**А.К. Подшивалова, Н.В. Буторина, Д.А. Акимова**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Изучено изменение концентрации амилазы и суммарного белка при прорастании зерен ячменя. Выявлено, что содержание амилазы по мере прорастания зерен ячменя увеличивается для всех исследуемых образцов. Наиболее эффективно процесс синтеза  $\alpha$ -амилазы протекает в зернах ячменя сорта “Ача”. При этом синтез  $\alpha$ -амилазы в прорастающих семенах ячменя сорта “Ача” подчиняется иным закономерностям, чем в других исследуемых сортах. Интенсивность процесса гидролиза запасного белка ниже, чем запасного крахмала, что связано с различной биологической ролью указанных ферментативных процессов.

*Ключевые слова:* ячмень, прорастание семян, амилаза, белок.

**STUDY OF HYDROLYSIS OF POLYSACCHARIDES AND PROTEINS DURING  
BARLEY GERMINATION**

**Podshivalova A.K., Butorina N.V., Akimova D.A.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The change in the concentration of amylase and total protein during the germination of barley grains was studied. It was found that the content of amylase increases with the germination of barley grains for all samples under study. The process of synthesis of  $\alpha$ -amylase proceeds most efficiently in barley grains of the “Acha” variety. Moreover, the synthesis of  $\alpha$ -amylase in the germinating barley seeds of the “Acha” variety obeys different regularities than in the other studied varieties. The intensity of the process of hydrolysis of the reserve protein is lower than of the reserve starch, which is due to the different biological role of these enzymatic processes.

*Keywords:* barley, germination of seeds, amylase, protein.

Как известно, процессы прорастания семян растений характеризуются активным распадом запасных питательных веществ (углеводов, белков, липидов) с последующим синтезом новых природных полимеров. Процессы протекают под действием ферментов, изначально содержащихся в семени или синтезируемых в процессах прорастания. Так, гидролиз крахмала протекает под действием амилаз, при этом  $\beta$ -амилаза уже содержится в сухих семенах, а  $\alpha$ -амилаза синтезируется в процессе прорастания. Фермент  $\beta$ -амилаза, в отличие от фермента  $\alpha$ -амилазы, гидролизует  $\alpha(1\rightarrow4)$ связи не подряд, а через одну, с образованием главным образом мальтозы, и небольших количеств глюкозы [2].

Синтез амилазы в процессах прорастания и развития злаковых культур и влияние на него различных факторов исследуется достаточно активно [1, 3, 4].

Образующиеся при гидролизе крахмала простые сахара превращаются в пируват, который после окислительного декарбонирования включается в цикл

Кребса. Все это позволяет растению получить энергию для последующих биохимических превращений, связанных, в частности, с синтезом новых веществ при прорастании семян.

Запасный белок под действием протеаз гидролизуется до аминокислот, которые транспортируются в проростки и являются основой для синтеза новых белков. Очевидно, что процессы распада и синтеза белков, всегда сопутствующие один другому, различным образом соотносятся на разных стадиях развития растения.

В настоящем исследовании представлены результаты, позволяющие в общем плане оценить эффективность процессов ферментативного гидролиза крахмала, белков и синтеза белков при прорастании ячменя.

**Методика исследований.** Объектом исследований являлся ячмень сортов “Ача”, “Тулеевский”, “Одесский”, “Кедр”. Семена замачивали в чашках Петри. выдерживали в течение 18 и 72 часов. Повторность опытов трехкратная. Температура опытов 25<sup>0</sup>С.

Содержание амилазы и суммарных белков в гидролизате определяли спектрофотометрическим методом с использованием спектрофотометра ПЭ-5300ВИ по методикам, изложенным в работе [5].

**Результаты и их обсуждение.** Синтез α-амилазы при прорастании семян ячменя протекает с различной интенсивностью в зависимости от сорта ячменя (рис.1). На рисунке представлены данные по суммарной активности амилазы, соответствующей вышеуказанным периодам прорастания семян.

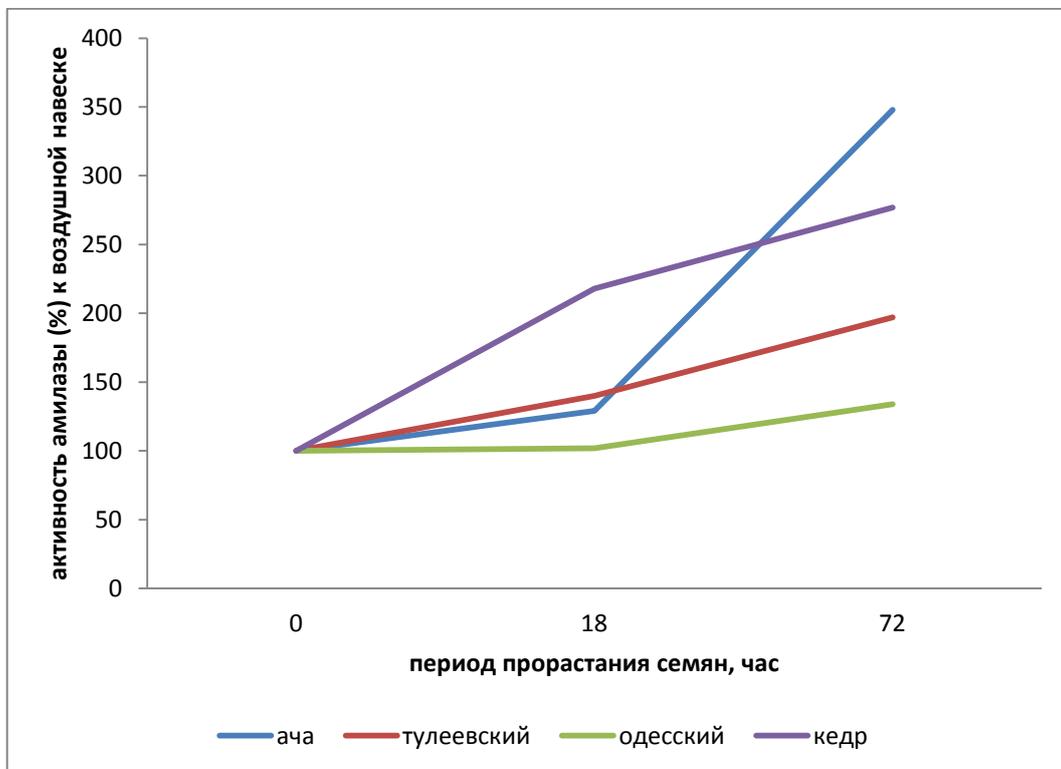


Рисунок 1 – Зависимость активности амилазы от периода прорастания семян

Как следует из кривых, приведенных на рисунке 1, активность амилазы для исследуемых сортов ячменя увеличивается в ряду:

“Одесский”, “Тулеевский”, “Кедр”, “Ача”.

При этом синтез  $\alpha$ -амилазы в прорастающих семенах ячменя сорта “Ача” подчиняется иным закономерностям, чем в других исследуемых сортах, а именно: в первый период прорастания (18 часов) интенсивность процесса ниже, чем в последующий период, когда идет резкое увеличение количества амилазы в проростках; для других сортов, наоборот, наибольшая эффективность процесса синтеза амилазы характерна для начального периода, а затем происходит ее снижение.

Очевидно, что увеличение содержания амилазы в прорастающих зернах усиливает гидролиз запасного крахмала, и, как следствие, стимулирует иные энергозатратные процессы в семени, в том числе гидролиз белка.

С целью выявления потенциальной взаимосвязи между процессами гидролиза крахмала и белка в зернах ячменя исследовали изменение содержания суммарного белка в прорастающих зернах ячменя сорта “Ача” (рис.2).

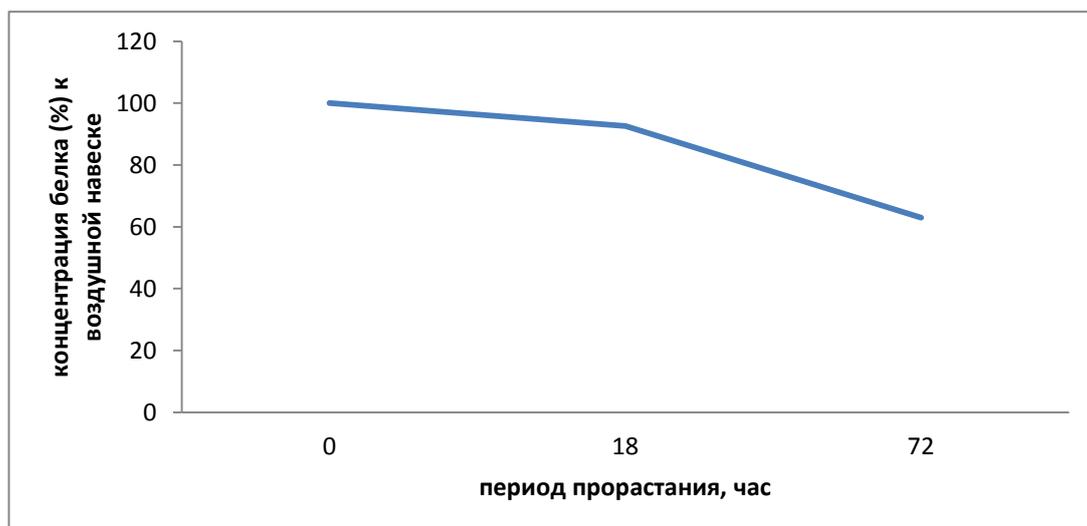


Рисунок 2 – Зависимость содержания общего белка от периода прорастания семян

Характер кривой, приведенной на рисунке 2, указывает на снижение уровня белка в прорастающих зерновках, но при этом наклон кривой значительно меньше, чем для амилазы. Так, увеличение концентрации амилазы в указанном образце за период 72 часа составляет 350 %, а снижение концентрации белка составляет 37 %. Таким образом, энергия, запасаемая в процессе ферментативного гидролиза крахмала в зерне, расходуется по многим направлениям, и лишь частично на гидролиз запасных белков.

Кроме того, необходимо учитывать, что одновременно с гидролизом запасных белков происходит формирование проростков и, следовательно, синтез новых белков, которые также определяются в составе суммарных белков. Очевидно, что ферментативный гидролиз запасных белков протекает

более интенсивно, чем соответствует кривой (рис.2), но менее интенсивно, чем гидролиз запасного крахмала.

**Выводы.** 1. Содержание амилазы по мере прорастания зерен ячменя увеличивается для всех исследуемых образцов.

2. Наиболее эффективно процесс синтеза  $\alpha$ -амилазы протекает в зернах ячменя сорта “Ача”.

3. Интенсивность процесса гидролиза запасного белка ниже, чем запасного крахмала, что связано с различной биологической ролью указанных ферментативных процессов.

#### Список литературы

1. Головацкая И.Ф. Действие эктистерона на морфофизиологические процессы в растении / И.Ф. Головацкая // Физиология растений. - 2004. – Т. 51. - № 3. - С. 452 - 458.

2. Ленинджер А. Основы биохимии / А. Ленинджер. – В 3 т. Пер. с англ. – Т.1. - М.: Мир, 1985. - 367 с.

3. Мамытова Н.С. Сахара как репрессоры гиббереллин-индуцируемого синтеза  $\alpha$ -амилазы пшеницы / Н.С. Мамытова, В.К. Кузовлев, А.А. Хакимжанов и др. // Физиология растений. - 2014. - Т. 61. - № 3. - С. 412 - 418.

4. Прусакова Л.Д. Оценка ретардантной активности триазолов в  $\alpha$ -амилазном биотесте на эндосперме ярового ячменя / Л.Д. Прусакова, С.И. Чижова, В.В. Павлова // Физиология растений. - 2004. - Т. 51. - № 4. - С. 626 - 630.

5. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Л.А. Паничкин, М.Н. Кондратьев и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2003. – 288 с.

#### References

1. Golovatskay I.F. *Deistvie astradiola na morfologicheskie procesy v rastenii* [Effect of ecdysterone on the morphophysiological processes in the plant]. *Fiziologiya rasteniy* [Физиология растений]. 2004, vol. 51. no 3, pp. 452 - 458.

2. Lenindzher A. *Osnovy biokhimii* [Fundamentals of biochemistry]. Moscow, 1985, vol.1 367 p.

3. Mamytova N.S. *Sakhara kak repressory gibberellin-indutsiruemogo sinteza  $\alpha$ -amilazy pshenitsy* [Sugars as repressors of gibberellin-induced synthesis of wheat  $\alpha$ -amylase]. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology]. 2014, vol. 61. no 3, pp. 412 - 418.

4. Prusakova L.D. *Otsenka retardantnoy aktivnosti triazolov v  $\alpha$ -amilaznom bioteste na endosperme yarovogo yachmenya* [Evaluation of the retardant activity of triazoles in the  $\alpha$ -amylase biotest on the endosperm of spring barley]. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology]. 2004, vol. 51, no. 4, pp. 626 - 630.

5. Tretyakov N.N. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Workshop on Plant Physiology]. Moscow, 2003, 288p.

#### Сведения об авторах:

**Акимова Дарья Александровна** – студентка агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89148968908, e-mail: chem..acad.38@yandex.ru).

**Буторина Наталья Васильевна** – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической, органической и биологической химии агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89086467533, e-mail: chebunina@yandex.ru).

**Подшивалова Анна Кирилловна** – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической, органической и биологической химии агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89148968908, e-mail: chem..acad.38@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Akimova Darya A.** – student of the agronomy faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148968908, e-mail: chem..acad.38@yandex.ru).

**Butorina Natalia V.** – Candidate of Chemical Sciences, Ass. Prof. of the Department of Inorganic, Organic and Biological Chemistry of the Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086467533, e-mail: chebunina@yandex.ru).

**Podshivalova Anna K.** – Candidate of Chemical Sciences, Ass. Prof. of the Department of Inorganic, Organic and Biological Chemistry of the Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148968908, e-mail: chem..acad.38@yandex.ru).

УДК 582.711.71:581.522.68 (571.53)

**ИНТРОДУКЦИЯ ПАРКОВЫХ ВИДОВ РОЗ В УСЛОВИЯХ  
ОСТЕПЕННОЙ И ПОДТАЁЖНО-ТАЁЖНОЙ ЗОН ПРЕДБАЙКАЛЬЯ**

**Р.А. Сагирова, О.Г. Попова, Я.С. Ермаченко**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье приводятся исследования по интродукции парковых видов роз: морщинистой (*Rosa rugosa* Thunb.), собачей (*Rosa canina* L.), сизой (*Rosa glauca* Pourr.), колючейшей (*Rosa spinosissima* Plena) в условиях степенной и подтаёжно-таёжной почвенно-климатических зон Предбайкалья. Дана характеристика исследуемых видов: морфологическое описание строения куста; побегообразовательная способность; особенности форм и цвет листьев, их размеры; формы, диаметр и цвет цветков, оценка их зимостойкости и морозостойкости в условиях резко континентального климата Предбайкалья. Раскрываются особенности роста и развития: начало распускания почек, наступление бутонизации, цветения, плодоношения. Рекомендованы виды роз для озеленения сел и городов.

*Ключевые слова:* розы: морщинистая (*Rosa arugosa* Thunb.), собачья (*Rosa canina* L.), сизая (*Rosa glauca* Pourr.), колючейшая (*Rosa spinosissima* Plena), морфология куста, побегообразовательная способность, зимостойкость, морозостойкость, рост, развитие, Предбайкалье.

**INTRODUCTION OF PARK SPECIES OF ROSES IN CONDITIONS OF STEPPE  
AND SUBTAIGA-TAIGA ZONES IN PREDBAIKALJE**

**Sagirova R.A., Popova O.G., Ermachenko Ya.S.**

Irkutsk State Agrarian University named after. A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The article presents studies on the introduction of park species of roses: *Rosa rugosa* Thunb., *Rosa canina* L., *Rosa glauca* Pourr., *Rosa spinosissima* Plena in the conditions of steppe and subtaiga-taiga soil-climatic zones in Bredbaikalje. The characteristics of the studied species are

given: the morphological description of the structure of the bush; shoot-forming ability; features of the forms and color of the leaves, their size; shape, diameter and color of flowers, evaluation of their winter hardiness and frost resistance in the conditions of the sharply continental climate of Predbaikalje. The features of growth and development are revealed: the beginning of bud blossoming, the onset of budding, flowering, fruiting. Types of roses for landscaping of villages and cities are recommended.

*Keywords:* *Rosa arugosa* Thunb., *Rosa canina* L., *Rosa glauca* Pourr., *Rosa spinosissima* Plena, bush morphology, shoot-forming ability, winter hardiness, frost resistance, growth, development, Predbaikalje.

Парковыми розами называют окультуренные шиповники, давшие начало огромному количеству сортов. Они произрастают на Земле около 40 млн. лет. Название “парковые розы” условное, и в международной классификации не приводится. Таким образом, прежде всего, обозначают декоративные видовые шиповники, их разновидности и выведенные на их основе сорта.

Вместе с тем большинство ученых, занимающихся исследованием парковых роз, отмечают их преимущества, а именно в том, что великолепные и мощные кусты на протяжении длительного периода привлекают внимание своим обильным ранним и продолжительным цветением, а затем и плодоношением. Видовые розы исключительно устойчивы в культуре, характеризуются высокой приспособляемостью к суровым климатическим условиям, не требовательны к почвам, невосприимчивы к болезням и вредителям [3]. Как указывает А.Г. Тельпуховская: “... в Иркутске розы впервые появились в грунте в начале двадцатого века. Это были холодостойкие сорта – как пишет далее автор, – известные как парковые” [4].

Необходимо отметить, что парковые розы встречаются при оформлении парков и скверов г. Иркутска достаточно редко, а в озеленении поселков и городов, удаленных от областного центра, видовые парковые розы практически не встречаются.

К группе парковых роз относят наиболее декоративные дикорастущие виды, их садовые формы и гибриды. Большинство из них цветет один раз за вегетационный период на ветвях первого – третьего порядков. Цветочные почки закладываются в год, предшествующий цветению.

В работах Е.С. Аксенова и др. [1, 2, 3] парковые видовые розы размножаются делением кустов, черенкованием и семенами.

**Цель и задача исследований** – проведение морфобиологической оценки различных видов парковых роз в связи с интродукцией в условиях остепненной и подтаёжно-таёжной зон Предбайкалья.

**Объекты исследования. Условия проведения опытов.** Исследования по интродукции различных видов парковых роз проводятся в остепненной зоне в Боханском районе; в подтаёжно-таёжной зоне в Нижнеудинском районе Иркутской области.

Климатические особенности остепненной зоны определяются его географическим положением на юге Предбайкалья и относительно расчленённым рельефом. В целом данная зона недостаточно тёплая, слабо

увлажнённая, с коротким безморозным периодом, малозалесённая. Продолжительность безморозного периода составляет в среднем 85 – 92 дня. Сумма среднесуточной температуры воздуха выше 10<sup>0</sup> С составляет 1450 – 1550<sup>0</sup> С. Годовая сумма осадков составляет 280 – 320 мм, в том числе за летний период – 190 – 200 мм, максимум которых приходится на конец июля – первую половину августа. К неблагоприятным агроклиматическим условиям на территории округа следует отнести: засухи, суховеи и пыльные бури. Почва участка – светло-серая лесная.

В подтаёжно-таёжной зоне рельеф состоит из пологих и широких увалов и невысоких хребтов. По количеству выпадающих осадков и мощности снегового покрова эта зона находится в лучших условиях, но отмечается недостаток тепла. Сумма среднесуточной температуры воздуха выше 10<sup>0</sup> С – 1350 – 1400<sup>0</sup> С. Годовая сумма осадков составляет 370 – 400 мм, в том числе за летний период – 210 – 240 мм. Безморозный период – 65 – 80 дней. К неблагоприятным агроклиматическим условиям на территории зоны следует отнести: низкие температуры ранним и поздним летом, избыточное увлажнение. Почва участка – дерново-подзолистая.

Погодные условия в годы исследований были в целом типичными для условий различных зон Предбайкалья и способствовали росту и развитию различных видов парковых роз. Необходимо отметить, что в 2008 и 2009 годах понижения температуры составляли до – 45<sup>0</sup> С, что создало жесткие условия и проверку интродуцируемых видов роз. Вымерзания растений не было отмечено.

Саженцы были высажены в 2008 году. Схема посадки 2 м в междурядьях и 1 м между растениями, было высажено от 7 до 10 роз различных видов.

К исследованию привлечены следующие виды роз: морщинистая – *R. rugosa* Thunb, в диком виде растет на Дальнем Востоке, в Корее, Японии, Северном Китае;

сизая – *R. glauca* Pourret, родина – юго-западные районы европейской части СНГ, Западная Европа;

собачья – *R. canina* L., родина – средние и южные районы СНГ;

колючейшая – *R. spinosissima* L., родина – Средняя и Восточная Европа, Западная Сибирь, Малая и Средняя Азия [1, 2, 3].

**Результаты исследований.** При посадке саженцев двухлетнего возраста парковые розы начали цвести только на второй год, полного развития достигли на пятый год. Подмерзания растений не было отмечено, за исключением вида - розы колючейшей в условиях остепненной зоны, в отдельные годы повреждались морозами молодые, не одревесневшие приросты. По среднемноголетним данным пробуждение почек по различным видам роз начинается в остепненной зоне в 3-й декаде апреля, в подтаёжно-таёжной зоне – в 1-й декаде мая.

Первой из изучаемых видов зацветает роза колючейшая, затем роза собачья, следом роза сизая, наиболее растянутый период цветения как в остепненной, так и подтаёжно-таёжной зонах во все годы исследований

отмечался у розы морщинистой. Размеры цветков колеблются от 5 до 10 см у разных видов. Каждый цветок раскрывается в среднем на 5 – 9 дней, пока не произойдет оплодотворение и не завяжутся плоды.

Сроки цветения и их продолжительность могут несколько сдвигаться в зависимости от складывающихся погодных условий. Через 25 – 30 дней после цветения созревают семена, и начинается опадение листьев. Все видовые розы образуют плоды, необходимо отметить, что в образованных плодах у розы колючейшей в плодах, как правило, отсутствуют семена.

Таблица 1 – Сравнительная морфологическая характеристика видов парковых роз в период полного цветения в Предбайкалье (2010 – 2016 гг.)

Название вида	Морфологические особенности вида
Роза морщинистая – <i>R. rugosa</i> Thunb	Густо ветвящийся кустарник с прямостоячими побегами высотой до 1.5 м; обладающий высокой побегообразовательной способностью; листья до 15 см длиной, состоят из 5 – 9 блестящих листочков длиной до 2 – 5 см, жестковатых и сморщенных; цветки диаметром до 8 – 9 см пурпурно-розового цвета, чаще встречаются как одиночные; побеги густо усеяны шипами и шипообразными щетинками
Роза сизая – <i>R. glauca</i> Pourr	Образует куст высотой до 1.5 м с прямостоячими, вытягивающимися побегами, покрытыми сизоватым пушком, шипов сравнительно мало; побегообразовательная способность высокая; листья до 12 см длиной, состоят из 5 – 9 листочков, длиной до 4 см с остропильчатый краем, сизоватого цвета с пурпурным отливом, нижняя поверхность листа наполовину сизая, наполовину фиолетовая; цветки диаметром до 4 – 5 см карминно-розового цвета, белыми в основании лепестками; побеги усеяны шипами
Роза собачья – <i>R. canina</i> L.	Ветвящийся кустарник с нависающими побегами высотой до 2,5 м, обладающий средней побегообразовательной способностью; листья перистые до 12 см длиной, состоят из 5 – 7 листочков длиной до 3 – 4 см, сверху листья темно-зеленые, снизу светлее; цветки диаметром до 3 – 4 см светло-розового цвета; побеги густо усеяны крепкими крючковатыми шипами
Роза колючейшая – <i>R. spinosissima</i> L.	Ветвящийся кустарник с прямостоячими побегами высотой до 2.5 м; побегообразовательная способность слабая; листья перистые до 12 см длиной, состоят из 7 – 9 листочков длиной до 3 – 4 см, листья темно-зеленые, матовые; цветки полумахровые диаметром до 6 – 7 см белого и кремового цвета; побеги густо усеяны крепкими вертикальными шипами

**Выводы.** 1. Все изучаемые виды роз характеризуются высокой зимостойкостью (перезимовывают без укрытия); морозостойкостью (выдерживают понижения температуры до  $-45^{\circ}\text{C}$ ); хорошо переносят возвратные поздние весенние заморозки до  $-8^{\circ}\text{C}$  и осенние существенные понижения температуры; характеризуются продолжительным (до 30 дней) цветением, а роза морщинистая характеризуется ремонтантностью; для всех

видов роз характерна высокая побегообразовательная способность, что обеспечивает вегетативное возобновление.

2. На основании проведенных исследований изучаемые виды роз рекомендовано для озеленения сел и городов. Они великолепно переносят зимние морозы, не требуют укрытия, что очень важно для суровых условий резко континентального климата Предбайкалья.



Рисунок 1 – Роза колючейшая (*R. spinosissima* L.) в подтаёжно-таёжной зоне. Нижнеудинский район, 2013 г.



Рисунок 2 – Роза сизая (*R. glauca* Pourr.) в остепненной зоне. Боханский район, 2015 г.

#### Список литературы

1. Аксенов Е.С. Декоративные растения / Е.С. Аксенов Н.А. Аксенова // Энциклопедия природы России // М.: АБФ / АВФ, 2009. - Т. 1 (Деревья и кустарники). - С. 390 - 394.
2. Бумбеева Л.И. Кустарниковые розы (парковые розы, шрабы, штамбовые формы) / Л. И. Бумбеева // М.: Дом МСП. – 2010. - С. 3 - 9.
3. Довганюк А.И. Современная энциклопедия садовых деревьев и кустарников / А. И. Довганюк, Ю. Г. Попова. - М.: Эксмо. – 2008. - С. 192 - 195.
4. Тельпуховская А.Г. Цветы сибирского сада / А. Г. Тельпуховская – Иркутск: изд-во “Облмашинформ”, 2004. – С.104 - 116.

#### References

1. Aksenov E.S. *Dekorativnye rastenija (Derev'ja i kustarniki)* [Decorative plants. Vol. 1 (Trees and Shrubs)]. Moscow, 2009, pp. 390 – 394.
2. Bumbeeva L.I. *Kustarnikovye rozy (parkovye rozy, shraby, shtambovye formy)* [Shrub roses (park roses, shreby, standard forms)]. Moscow, 2010, pp. 3 – 9.
3. .Dovganyuk A.I. *Sovremennaja jenciklopedija sadovyh derev'ev i kustarnikov* [Modern encyclopedia of garden trees and shrubs]. Moscow, 2008, pp. 192 – 195.
4. Telpuhovskaya A.G. *Cvety sibirskogo sada* [Flowers Siberian garden]. Irkutsk, 2004, pp. 104 – 116.

**Сведения об авторах:**

**Ермаченко Яна Сергеевна** – магистр кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89501408481, e-mail:456 Jan. Ermachenko.@ mail.ru).

**Попова Оксана Георгиевна** – аспирант кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89021773502, e-mail: 123Oksana.Popova@mail.ru).

**Сагирова Роза Агзамовна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89086684955, e-mail:roza.sagirova.66@mail.ru).

**Information about authors:**

**Ermachenko Yana S.** – underPhD student of the Department of Agriculture and Crop Production of the Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89501408481, e-mail:456 Jan. Ermachenko.@ mail.ru).

**Popova Oksana G.** – PhD student of the Department of Agriculture and Crop Production of the Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89021773502, e-mail: 123Oksana.Popova@mail.ru).

**Sagirova Rosa A.** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture and Crop Production of the Agronomy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086684955, e-mail:roza.sagirova.66@mail.ru).

УДК 636.2.033.051(571.53)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЯСНЫХ ПОРОД В  
ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Д.С. Адушинов, А.К. Гордеева, Ф.С. Мирвалиев, С.А. Безруков**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

На территории Иркутской области разводятся 4 породы крупного рогатого скота: казахская белоголовая, герефордская, абердин-ангусская, калмыцкая. В 2016 году в Иркутской области пробонитировано 3481 голова крупного рогатого скота, в том числе по герефордской породе – 872, казахской белоголовой – 872, калмыцкой – 701 и абердин-ангусской породе 41 голова. При умелой организации выращивания и откорма животные, принадлежащие к этим породам, способны в 15 – 18 – месячном возрасте достигать живой массы более 400 – 450 кг. В статье представлены результаты сравнительной характеристики живой массы молодняка герефордской породы в зависимости от сезона года. Установлено влияние сезона отела на рост и среднесуточный прирост телят.

*Ключевые слова:* мясное скотоводство, порода, мясная продуктивность, живая масса, убойный выход, прирост, масть, туровые отелы.

**MODERN STATUS OF MEAT BREEDS IN IRKUTSK REGION**

**Adushinov D.S., Gordeeva A.K., Mirvaliev F.S., Bezrukov S.A.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

Four breeds of cattle: Kazakh white-headed, Hereford, Aberdeen-Angus, Kalmyk are bred on the territory of Irkutsk region. In 2016 in Irkutsk region 3.481 heads of cattle were hammered, including Hereford breed – 872, Kazakh white-headed breed – 872, Kalmyk breed – 701 and Aberdeen-Angus breed – 41 heads. With the skilful organization of cultivation and fattening, animals belonging to these breeds are able to reach a live mass of more than 400 – 450 kg at the age of 15 – 18 months. The article presents the results of a comparative analysis of the live weight of the young breed of Hereford breed, depending on the season of the year. The effect of the calving season on the growth and average daily growth in calves was determined.

*Keywords:* beef cattle breeding, breed, meat productivity, live weight, slaughter yield, increment, suit, tour calving.

Природно-климатические условия Сибири позволяют эффективно развивать скотоводство и поставлять на рынок молоко, мясо и кожевенное сырье высокого качества. Особую ценность представляет говядина, которая занимает ведущее место в питании человека и является одним из основных источников полноценного белка.

Основным источником производства говядины во всех регионах России является скот молочных и комбинированных пород. Дополнительный резерв – животные специализированных мясных пород и их помеси [1].

Мясное скотоводство Российской Федерации базируется на разведении двух отечественных пород - калмыцкой и казахской белоголовой. Среди импортных мясных пород наиболее распространенной является герефордская,

преимущественно сибирской селекции [2].

**Цель** заключалась в изучении современного состояния мясных пород.

В Иркутской области разработана и утверждена программа по развитию мясного скотоводства, направленная на увеличение поголовья крупного рогатого скота мясных пород и роста объемов производства говядины.

С этой целью решались следующие **задачи**:

- изучить технологию мясного скотоводства;
- провести оценку и отбор животных по росту и развитию в зависимости от сезона рождения;
- определить оптимальные сроки отела коров мясных пород.

**Материал и методы исследований.** Материалом исследований являлись данные зоотехнического и племенного учета скота мясных пород в Иркутской области. Оценка показателей роста и развития животных проводили по общепринятым методикам.

Биометрическая обработка результатов проводилась по общепринятой методике Н.А. Плохинского [3].

**Результаты исследований и их обсуждение.** На территории Иркутской области разводятся 4 породы крупного рогатого скота: *казахская белоголовая, герефордская, абердин-ангусская, калмыцкая*. В 2016 году в Иркутской области пробонитировано 3481 голова крупного рогатого скота, в том числе по *геревфордской породе* – 872, *казахской белоголовой* – 872, *калмыцкой* – 701 и *абердин-ангусской породе* – 41. При умелой организации выращивания и откорма животные, принадлежащие к этим породам, способны в 15 – 18 – месячном возрасте достигать живой массы более 400 – 450 кг. Убойный выход таких животных составляет 55 – 60 %, от них получается мясо с высокой питательностью и с хорошими вкусовыми качествами. А интенсивное выращивание молодняка позволяет сократить сроки содержания животных и значительно увеличивает экономическую эффективность откорма.

В Иркутской области средняя живая масса одной головы молодняка, сдаваемого в реализацию, превышает 300 кг. Между тем практика многих хозяйств показывает, что при правильной организации интенсивного выращивания и откорма молодняка молочных и молочно-мясных пород можно повысить живую массу и качество скота, подлежащего убою, значительно снизив при этом расход кормов и затраты труда.

*Казахская белоголовая порода* отличается от *черно-пестрого* и *симментальского скота* скороспелостью, высокой мясной продуктивностью и качеством мяса, а по приспособленности к суровым условиям пастбищного содержания в степных районах Усть-Ордынского округа она превосходит геревфордскую породу.

Животные отличаются крепкой конституцией, пропорциональным сложением, имеют короткую шею, хорошо развитый подгрудок, широкую спину и глубокое туловище с развитой мускулатурой. Масть животных этой породы вишнево-красная, голова белая, по спине до ее половины проходит белый ремень, кисть хвоста белая, подгрудок, брюхо и ноги у многих

животных тоже белые. Живая масса быков – 850 – 900 кг, а коров – 500 – 550 кг. Молодняк быстро развивается. При хорошем кормлении он к 7 – месячному возрасту достигает 220 – 250 кг массы и полугодовалому возрасту – 400 – 450 кг при убойном выходе 55 – 60 %. На хороших естественных пастбищах суточные приросты достигают 900 – 1100 г. Мясо отличается хорошей “мраморностью”, нежностью и высокими вкусовыми качествами.

*Геррефордская порода.* Создана в Англии и по численности поголовья она занимает первое место в мире и широко распространена во многих странах, особенно в Канаде, США, Аргентине, Мексике, Уругвае, Новой Зеландии, Австралии и других. В США, например, 75 % всего промышленного мясного скота представлено геррефордами.

Животные *геррефордской породы* имеют хорошо выраженный мясной тип, глубокое и широкое туловище с отлично развитой мускулатурой, особенно в области поясницы и окороков.

*Геррефордский скот* отличается большой выносливостью, хорошо нагуливается, неприхотлив к кормам. Быстро акклиматизируется в разных зонах страны. Масть геррефордов темно-красная, голова, отметины на спине и животе – белые. Средняя живая масса быков-производителей – 850 – 1000 кг, полновозрастных коров – 550 – 600 кг. Животные отличаются высокой мясной продуктивностью. При интенсивном выращивании и откорме бычки в возрасте 15 месяцев имеют живой вес более 400 кг, убойный выход – 58%; кастраты достигают в полуторалетнем возрасте 450 – 480 кг, убойный выход составляет 58 – 62 %, мясо отличается хорошей “мраморностью” и высокими пищевыми достоинствами.

*Абердин-ангусская порода.* Выведена в северо-восточной части Шотландии на базе местного черного комолого скота. Среди британских мясных пород животные этой породы благодаря высоким мясным качествам приобрели популярность и получили признание как наиболее скороспелые и высокопродуктивные. Широко распространены они в странах с развитым мясным скотоводством – США, Канаде, Аргентине, Новой Зеландии и Австралии.

Последние годы в России животных этой породы разводят повсеместно. Чистопородные животные *абердин-ангусской породы* черной масти, комолые, с относительно небольшой головой, округлым туловищем на небольших, правильно поставленных ногах. Шея короткая, обмускуленная, холка, спина и поясница ровные и широкие. Прекрасно развита мускулатура окороков. Костяк тонкий, крепкий. Живая масса быков – производителей достигает 800 – 900 кг, полновозрастных коров – 500 – 550 кг. Средняя живая масса молодняка к отъему в 7 – месячном возрасте – 195 – 210 кг, в 18 – месячном возрасте бычки имеют 420 – 450 кг и более. Убойный выход составляет 60 – 65 %.

*Калмыцкая порода.* Это одна из старейших, не превзойденных по своей приспособленности к суровым условиям Сибири. Калмыцкий скот хорошо

нагуливается на естественных пастбищах, продуктивно использует гуменные корма и силос. В силу своих биологических особенностей животные калмыцкой породы весной и летом быстро накапливают большие запасы питательных веществ в виде внутрисполостного жира. Крупные калмыцкие коровы за летне-пастбищный период способны откладывать по 50 – 60 кг внутреннего жира, что на 17 – 35 % больше, чем герефордские. Эта особенность дает возможность не только предохранять организм от переохлаждения зимой, но и переносить недокорм.

Масть *калмыцкого скота* – красная разных оттенков, красная с белыми отметинами, красно-пестрая. Примерно у 20 % животных на голове белая шерсть. Они достаточно крупные и обладают хорошими мясными качествами. Живая масса быков-производителей – 600 – 800 кг, полновозрастных коров – 400 – 500 кг. Во время нагула калмыцкого скота на естественных пастбищах получают до 1000 г прироста в сутки. Молодняк при обильном кормлении хорошо развивается и в полуторалетнем возрасте достигает массы 500 кг; убойный выход его в среднем составляет 57 – 58 % [2].

Интенсивность воспроизводства стада в мясном скотоводстве оказывает большое влияние на экономику производства мяса. Это объясняется тем, что единственной продукцией мясной коровы является теленок, следовательно, все затраты на содержание коровы и быка-производителя ложатся на себестоимость новорожденного теленка. Поэтому в обязательном порядке следует выбраковывать бесплодных коров и коров с низкой молочной продуктивностью, травмами и заболеваниями вымени. Ежегодная выбраковка маток должна составлять 25 – 30 %. Чтобы восполнить маточное стадо за счет своих возможностей, при такой браковке необходимо иметь деловой выход телят не менее 85 %.

Данные по отъемной живой массе телят в 7 – месячном возрасте, родившихся в разные месяцы года, представлены в таблице 1. Они показывают, что наиболее высокую живую массу (свыше 200 кг) имели телята зимних и весенних отелов, наиболее низкую - летних, а затем осенних отелов.

Таблица 1 – Живая масса телят герефордской породы при отъеме в зависимости от месяца рождения

Месяц рождения	Бычки		Телочки	
	количество, гол.	живая масса, кг	количество, гол.	живая масса, кг
Январь	16	208	12	192
Февраль	13	212	13	195
Март	21	183	20	172
Апрель	38	185	30	169
Май	30	202	21	177
Июнь	11	195	12	168
Июль	8	180	6	169
Август	2	181	3	172
Сентябрь	3	193	4	177
Октябрь	23	206	19	181

Окончание таблицы 1

Ноябрь	21	215	20	176
Декабрь	29	209	20	197

Исследования, проведенные в СХ ОАО “Белореченское” Усольского района, показали, что телята, родившиеся в зимние месяцы, по величине живой массы в подсосный период значительно превышали аналогов, родившихся в весенние месяцы (табл.2). Первую группу составили животные, родившиеся в декабре – феврале, вторую – в марте и апреле. К отъему живая масса бычков первой группы составила 210 кг, тогда как бычки, родившиеся в весенние месяцы, достигли к этому возрасту только 184 кг. Таким образом, бычки весенних отелов отстают в росте от животных, родившихся зимой, на 26 кг.

Таблица 2 – Динамика живой массы молодняка в зависимости от сезона рождения, кг

Возраст	Бычки		Телочки	
	Декабрь – февраль	Март – апрель	Декабрь – февраль	Март – апрель
При рождении	26.3±0.7	26.4±0.9	24.4±0.8	24.5±0.8
3 месяца	131.5±4.6	91.2±9.5	121.3±5.9	64.4±7.0
6 месяцев	183.2±5.1	158.1±12.9	176.2±7.7	145.4±8.4
7 месяцев	210.0±5.5	184.0±12.8	194.6±8.3	170.5±8.7

Эта закономерность повторяется и на телочках. К концу подсосного периода по величине живой массы телочки зимних отелов превышали аналогов, родившихся весной, на 24.1 кг. Преимущество в величине среднесуточных приростов за подсосный период также было за животными, родившимися в зимний период (табл. 3).

Таблица 3 – Среднесуточные приросты, г

Возраст	Бычки		Телочки	
	Декабрь – февраль	Март – апрель	Декабрь – февраль	Март – апрель
0 – 3	1168.8±3.90	720.0±0.80	1076.6±13.0	443.3±3.2
3 – 6	574.4±2.90	742.2±4.40	610.0±3.30	900.0±3.76
6 – 7	893.0±3.60	866.6±5.30	613.3±8.00	836.6±6.2
0 – 7	874.7±3.90	750.4±6.20	810.0±3.90	695.2±2.61

Прирост бычков зимнего периода за подсосный период составил 874.7 г, тогда как у бычков весеннего периода только 750.4 г, прирост телочек зимнего периода был выше на 114.6 г. Практически во все возрастные периоды животные, родившиеся в зимние месяцы, превышали по величине среднесуточного прироста сверстников, родившихся весной.

Установлено также, что телята всех месяцев рождения, кроме ранневесенних, нуждаются в дополнительной подкормке концентрированными кормами, их матери – в усиленном кормлении для

продуцирования достаточного количества молока, а вместе они – в приспособленных помещениях зимой и глубокой осенью. Без этого резко, почти в 2 раза, снижаются приросты молодняка, телята вырастают недоразвитыми, с ослабленной иммунной системой. Однако подкормка и содержание в помещениях ведут к удорожанию говядины. Для экономии затрат на выращивание молодняка рекомендуется практиковать ранневесенние отелы – с марта до первой половины мая, при этом отъем производить с начала октября до конца ноября, что позволит в зимний период в группах подсосных маток иметь только взрослых животных, а следовательно, снижать затраты на кормление и содержание.

Полагаем, что в товарных хозяйствах сезонные отелы должны стать обязательным звеном научно обоснованной технологии мясного скотоводства. С целью сохранения сезонности отелов можно рекомендовать проводить выбраковку всех коров, не оплодотворившихся в установленные сроки.

Особо следует остановиться на вопросе о сроках отела первотелок. Все сказанное выше об эффективности выращивания телят разных месяцев рождения относится и молодняку, полученному от коров первого отела. Сезон отела первотелок, как правило, сохраняется всю их последующую жизнь. Изменить сезон отела в дальнейшем можно только за счет увеличения межотельного периода. Для предупреждения последующего увеличения межотельного периода необходимо, чтобы отел первотелок проходил в начале периода отелов. При отеле в декабре – январе можно следующую случку начинать в марте. Такой подход позволит сохранить сезонность отелов в последующие годы.

Отсюда следует, что первое покрытие телок мясных пород, родившихся в декабре, будет произведено в возрасте 27 месяцев с живой массой 450 – 500 кг, а первый отел пройдет у них в возрасте 36 месяцев. Для телок весенних месяцев рождения первое покрытие пройдет в возрасте 23 месяца, а отел – 32 месяца.

Для телок *казахской белоголовой* и *герфордской* пород зимних отелов первое покрытие рекомендуется в мае-июне, чтобы отел прошел в марте-апреле, или при интенсивном выращивании покрытие в марте-апреле, а отел - в декабре-январе.

Результаты научных наблюдений свидетельствуют, что отел первотелок во избежание осложнений при родах следует организовывать до перевода их на пастбища. Зимние и ранневесенние отелы проводить значительно труднее, но в конечном итоге такая система себя оправдывает. Поскольку зимние отелы приходится на самое холодное время года, проводить их необходимо в капитальных помещениях. В хозяйствах, не обеспеченных достаточным количеством помещений или кормов в зимний период, сроки отела следует передвинуть на вторую половину апреля – май. Коровы, отелившиеся весной, по воспроизводительной способности, как правило, превышают животных других сроков отела.

В мясном скотоводстве организация туровых отелов позволяет сократить

затраты на содержание помещений, строительство дорогостоящих зданий. Переходить на сезонные отелы надо постепенно – путем планового осеменения животных. Сезонные отелы легко сбиваются с намеченного ритма, если телки готовы к осеменению раньше, чем того требует сезонность проведения отелов. Если всех животных покрывать в возрасте 18 месяцев, то большая часть даст приплод в менее удобное время. Так, например, если покрывать телок, родившихся в самое удобное время, в первом квартале, то они отелятся осенью, а это уже нарушает сезонность при организации отелов. Следовательно, чтобы не нарушить сезонность отелов, телок надо интенсивно выращивать и покрывать их в возрасте 14 месяцев. Животных, отстающих в росте, можно покрывать позже. Таким образом, дифференцирование возраста первой случки телок позволяет подобрать такие варианты сроков отела, которые не нарушают сезонности воспроизводства. При этом необходимо помнить, что проще всего отодвинуть осеменение до более позднего возраста, но это невыгодный путь для хозяйства. Он ведет к замедлению оборота стада, ухудшает экономические показатели и, возможно, перекроет выгоды от организации сезонных отелов.

**Выводы.** 1. Сезонные отелы можно проводить только в хозяйствах, которые могут обеспечить интенсивное выращивание молодняка. При плохом кормлении и содержании нельзя подготовить телку к ранней случке. Чтобы получать сезонные отелы, у коров межотельный период не должен превышать одного года. Допустимы лишь небольшие отклонения в ту или иную сторону.

2. Перевод стада с круглогодичного отела на сезонный может быть осуществлен в течение 2 - 3 лет при ежегодном сокращении на 1.5 – 2 месяца периода случной компании с последующим выводом из стада неоплодотворившихся коров.

#### Список литературы

1. Желтиков А.И. Черно-пестрый скот Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич и др. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 500 с.
2. Захаров Н.Б. Качество мяса крупного рогатого скота Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2002. - № 3. – С. 65 – 69.
3. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников / Н.А. Плохинский – М.: Колос, 1969. – 252 с.

#### References

1. Zaharov N.B. *Kachestvo mjasa krupnogo rogatogo skota Zapadnoj Sibiri* [Quality of meat of cattle of Western Siberia]. *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2002, no.3, pp. 65 – 69.
2. *Cherno-pestryj skot Sibiri* [Black-and-white cattle of Siberia]. Novosibirsk, 2010, 500 p.
3. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Guide to biometrics for livestock specialists]. Moscow, 1969, 252 p.

#### Сведения об авторах:

**Адушинов Дмитрий Семенович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и ветеринарно-санитарной экспертизы факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664007, Россия, г.

Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89025660674, e-mail: adushinovds@yandex.ru).

**Безруков Сергей Андреевич** – аспирант кафедры кормления, разведения и частной зоотехнии факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89041309810, e-mail: Bezrukov\_9090@mail.ru).

**Гордеева Анастасия Калистратовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления, разведения и частной зоотехнии факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89149440597, e-mail: nastay.gardeeva@mail.ru).

**Мирвалиев Фируз Сафарович** – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и ветеринарно-санитарной экспертизы факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89500708222, e-mail: dgimmi\_irk@mail.ru).

#### Information about authors:

**Adushinov Dmitry S.** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products and Veterinary and Sanitary Expertise of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89025660674, e-mail: adushinovds@yandex.ru).

**Bezrukov Sergey A.** – PhD student of the Department of Feeding, Breeding and Private Zootechnics of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89041309810, e-mail: Bezrukov\_9090@mail.ru).

**Gordeeva Anastasia K.** – Candidate of Agricultural Sciences, Ass. Professor of the Department of Feeding, Breeding and Private Zootechnics of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89149440597, e-mail: nastay.gardeeva@mail.ru).

**Mirvaliev Firuz S.** – PhD student of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products and the Veterinary and Sanitary Expertise of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89500708222, e-mail: dgimmi\_irk@mail.ru).

УДК 636.237.21.082.251.034

## ЛИНЕЙНАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА И ЕГО УДОИ

М.Л. Гармаев

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье представлены результаты сравнительной характеристики молочной продуктивности коров черно-пестрой породы разных линий в условиях ОАО “Барки” Иркутского района, Иркутской области. Установлено положительное влияние генотипа голштинской породы на продуктивные качества черно-пестрого скота. Рассчитаны показатели биологической эффективности коровы (БЭК) и коэффициент биологической полноценности (КБП). По результатам исследований определены наиболее продуктивные

линии (“Силинг Трайджун Рокит 252803” и “Рефлекшн Соверинг 198998”), коровы линии “Рефлекшн Соверинг 198998” отличаются лучшей биологической эффективностью производства молока и коэффициентом биологической полноценности. Рассчитанный коэффициент молочности у коров разных линий соответствует требованиям, предъявляемым к специализированным молочным породам.

*Ключевые слова:* молочное скотоводство, порода, линии крупного рогатого скота, молочная продуктивность, жир, белок.

## **LINEAR BELONGING OF BLACK-AND-MOTLEY CATTLE AND THEIR MILK YIELD**

**Garmaev M.L.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

The article presents the results of a comparative analysis of the dairy productivity of black-and-motley breed cows of different lines in the conditions of OAO "Barki" in Irkutsk district, Irkutsk region. The positive influence of the Holstein genotype on the productive qualities of black-and-motley cattle was determined. The parameters of the biological efficiency of the cow (BEC) and the coefficient of biological usefulness (CBU) were calculated. Based on the results of the research, the most productive lines (Siling Traydzhun Rokit)252803 and Reflection Sovering 198998) are identified, the cows of the Reflection Sovering line 198998 are distinguished by the best biological efficiency of milk production and the coefficient of biological usefulness. The calculated milk ratio in cows of different lines corresponds to the requirements for specialized dairy breeds.

*Keywords:* dairy cattle breeding, breed, cattle lines, milk production, fat, protein.

Эффективность молочного скотоводства в Иркутской области предполагает формирование крупных холдингов, специализированных молочных ферм с передовой технологией и на основе достижений селекционной науки. Последние годы в молочном скотоводстве происходят положительные изменения, в частности, существенным ростом удоев коров новых интенсивных молочных типов.

Широкое внедрение метода искусственного осеменения в молочном скотоводстве при глубоком замораживании спермы и практически неограниченном сроке её хранения ведет к резкому сокращению численности быков-производителей. Это позволяет многократно повысить интенсивность отбора быков, но одновременно вызывает опасность непланового инбридинга. Поэтому плановое формирование генеалогической структуры стада в регионе становится актуальной проблемой.

В связи с этим следует изучить особенности линий и эффективность их сочетаний, что позволяет ускорить перспективы применяемых методов в селекции.

**Цель исследований** – провести сравнительную оценку коров черно-пестрой породы разных линий в ОАО “Барки” Иркутского района, Иркутской области по продуктивным качествам.

**Материал и методы исследований.** Материалом исследований являлись данные зоотехнического и племенного учета коров черно-пестрой породы. Оценка показателей молочной продуктивности коров (надой, содержание жира и белка) проводили по общей принятой методике с учетом оценки коров

по биологической эффективности и биологической полноценности молока. Оценку коров по биологической эффективности (БЭК), а также биологической полноценности молока (КБП) проводили по методике В.Н. Лазаренко [3].

Биометрическая обработка результатов проводилась по общепринятой методике Н.А. Плохинского [4].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Разведение по линиям в ОАО “Барки” началось с анализа имеющихся в стаде генеалогических и родственных групп, так как маточное поголовье состояло из потомков более 6 линий. Такое количество линий не требовалось для поддержания структуры стада и объяснялось бессистемным ранее использованием быков-производителей [1].

Анализ генеалогической структуры стада проводили с выделением сложившихся родственных групп для последующего их использования в селекции. Использование выдающихся быков-производителей на маточном поголовье хозяйства по единой схеме подбора в каждом поколении дает несомненное улучшение породных и продуктивных признаков.

Для упорядочения сложной генеалогической структуры черно-пестрого стада проведена инвентаризация используемых быков. С учетом родства они были объединены в крупные генеалогические группы. При этом в качестве отцов следующего поколения подбирали лучших по племенной ценности быков-производителей и интенсивно их использовали в стаде [2].

Генеалогическая структура маточного стада представлена ведущими общепородными линиями голштинского скота: “Вис Бек Айдиал 933122”, “Рефлекшн Соверинг 198998”, “Монтвик Чифтейн 45679”, “Силинг Трайджун Рокит 252803”. Главными признаками отбора коров являются молочная продуктивность (табл.). Она находится в зависимости от происхождения и колеблется в пределах от 5230 кг в линии “Вис Бек Айдиал 933122” до 6208.8 кг в линии “Силинг Трайджун Рокит 252803”, разница по удою между этими линиями составляет 978 кг.

Анализ жирномолочности коров разных линий показал, что самая высокая жирность молока была у коров линии “Вис Бэк Айдиал 1013415”, самая низкая – у коров линий “Силинг Трайджун Рокит 252803”, разница составила 0.14 %.

Анализ белкомолочности коров разных линий показал, что самая высокая белкомолочность у коров линии “Вис Бэк Айдиал 1013415”, самая низкая – у коров линий “Рефлекшн Соверинг 198998” и “Силинг Трайджун Рокит 252803”, разница составила 0.04 % соответственно.

Рассчитанный коэффициент молочности у коров разных линий соответствует требованиям, предъявляемым к специализированным молочным породам.

В оценке эффективности производственного потенциала отрасли необходимо учитывать биологические факторы. В связи с этим были вычислены показатели, характеризующие биологическую эффективность

производства молока (биологическая эффективность коровы (БЭК) и коэффициент биологической полноценности (КБП) [3].

Таблица – Молочная продуктивность коров разных линий за 305 дней лактации

Показатель	Линия			
	“Вис Бэк Айдиал 1013415”	“Рефлекшн Соверинг 198998”	“Силинг Трайджун Рокит 252803”	“Монтвик Чифтейн 95679”
Поголовье, гол. (n)	275	78	53	23
Надой за 305 дн. лактации, кг (M±m)	5230.0±47.0	6124.0±121.6	6208.0±99.8	5428.0±152.5
Массовая доля жира, % (M±m)	3.92±0.01	3.87±0.02	3.78±0.02	3.88±0.04
Массовая доля белка, % (M±m)	3.04±0.01	3.0±0.02	3.0±0.01	3.02±0.03
Живая масса, кг	558±4.12	613±6.54	622±6.81	568±4.32
Коэффициент молочности	937.3±26.87	999.0±30.52	998.1±28.31	955.6±27.10
БЭК	117.15±2.29	124.87±3.14	124.75±3.35	119.45±2.70
КБП	80.41±2.51	86.21±4.01	87.03±4.16	82.37±2.65

По проведенным расчетам получены следующие данные: коровы линии “Рефлекшн Соверинг 198998” отличаются лучшей биологической эффективностью производства молока и коэффициентом биологической полноценности.

**Выводы.** 1. Установлено, в сложившихся хозяйственных условиях ОАО “Барки” Иркутского района на молочную продуктивность коров оказывает существенное влияние их принадлежность к определенным линиям.

2. Селекционерам хозяйства ОАО “Барки” значительно больше использовать коров линии “Рефлекшн Соверинг 198998”, т.к. они отличаются высокой молочной продуктивностью, лучшей биологической эффективностью производства молока и коэффициентом биологической полноценности.

#### Список литературы

1. Адушинов Д.С. Мониторинг молочной продуктивности коров прибайкальского типа в СХ ОАО “Белореченское” / Д.С. Адушинов, Н.А. Лазарев, А.Д. Адушинов и др. / Вестник ИрГСХА. – 2014. - № 61. – С. 82 – 88.
2. Желтиков А.И. и др. Черно-пестрый скот Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич и др. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 500 с.
3. Лазаренко В.Н. Состояние и пути совершенствования молочного скота в зоне Южного Урала / В.Н. Лазаренко: Автореф. дис. на соиск. уч. степени д. с.-х. н. М., 1990. – 36 с.
4. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников / Н.А. Плохинский – М.: Колос, 1969. – 252 с.

#### References

1. Adushinov D.S. et all. *Monitoring molochnoj produktivnosti korov pribajkal'skogo tipa v SH ОАО “Belorechenskoe”* [Monitoring of dairy productivity of cows of the Baikal type in the joint-stock company "Belorechenskoye"]. Vestnik IrGSHA, 2014, no. 61, pp. 82 – 88.

2. Zheltikov A.I. et all. *Cherno-pestryj skot Sibiri* [Black-and-motley cattle of Siberia]. Novosibirsk, 2010, 500 p.
3. Lazarenko V.N. *Sostojanie i puti sovershenstvovaniya molochnogo skota v zone Juzhnogo Urala* [Status and ways of improving dairy cattle in the South Urals]. Cand. Dia.Thesis, Moscow, 1990, 36 p.
4. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Guide to biometrics for livestock specialists]. Moscow, 1969, 252 p.

**Сведения об авторе:**

**Гармаев Михаил Логинович** – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и ветеринарно-санитарной экспертизы факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89526162031, e-mail: misha.garmaev.ru@yandex.ru).

**Information about author:**

**Garmayev Mikhail L.** – PhD student of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products and Veterinary and Sanitary Expertise of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89526162031, e-mail: misha.garmaev.ru@yandex.ru).

УДК: 68.41.37 619:615

**ВЛИЯНИЕ ПРОСТАГЛАНДИНОВ E<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, F<sub>2α</sub> И АГОНИСТА "BUTAPROST" НА ГЛАДКУЮ МУСКУЛАТУРУ ЯЙЦЕВОДОВ КОРОВ**

**С.А. Павлов, Ч.Б. Кушеев, С.С. Ломбоева**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Эффект простагландинов (PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2α</sub>, PGD<sub>2</sub>) и агониста рецептора EP<sub>2</sub> Butaprost на гладкую мышечную ткань яйцеводов коров был обнаружен при помощи физиологической системы сбора сигналов в опытах *in vitro*. Результаты показали, что PGE<sub>2</sub> и агонист рецептора EP<sub>2</sub> Butaprost могут ингибировать сокращение гладкой мускулатуры яйцеводов коров в перешейке и ампуле; при концентрации PGF<sub>2α</sub> в диапазоне 1 мкмоль/л – 10 мкмоль/л значительно усиливается сокращение гладкой мускулатуры яйцеводов коров в перешейке и ампуле (P<0.05); при низких концентрациях PGD<sub>2</sub> может ингибировать сокращение гладкой мускулатуры в ампуле яйцеводов коров, а при концентрации PGD<sub>2</sub> в промежутках 1 мкмоль/л – 10 мкмоль/л наблюдается усиление сократительной активности гладкой мышечной ткани перешейка и ампулы яйцевода.

*Ключевые слова:* простагландины, гладкая мускулатура, перешеек яйцевода, ампула яйцевода, коровы, *in vitro*, рецепторы.

**INFLUENCE OF PROSTAGLANDINES E<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, F<sub>2α</sub> AND AGONIST "BUTAPROST" ON SMOOTH MUSCLE TISSUE OF COW OVIDUCTS**

**Pavlov S.A., Kushev Ch.B., Lomboeva S.S.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The effect of prostaglandins (PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2α</sub>, PGD<sub>2</sub>) and the EP<sub>2</sub> receptor agonist Butaprost on the smooth muscle tissue of the oviducts of cows was detected using a physiological signal

collection system *in vitro* experiments. The results showed that PGE<sub>2</sub> and the Butaprost EP<sub>2</sub> receptor agonist can inhibit the contraction of the smooth muscle of the oviducts of cows in the isthmus and ampoule; at a concentration of PGF<sub>2α</sub> in the range of 1 μmol / l – 10 μmol / l, the contraction of the smooth muscle of the oviducts of cows in the isthmus and ampoule (P <0.05) is significantly enhanced; At low concentrations, PGD<sub>2</sub> can inhibit contraction of smooth muscles in the ampulla of oviducts of cows, and at a concentration of PGD<sub>2</sub> in the intervals of 1 μmol / L – 10 μmol / l, the contractile activity of smooth muscle tissue of the isthmus and ampoule of the oviduct is observed.

*Keywords:* prostaglandins, smooth musculature, isthmus of the oviduct, ampulla of the oviduct, cows, *in vitro*, receptors.

Автономный район Внутренняя Монголия (КНР) является крупной провинцией с животноводством молочного направления, где в настоящее время увеличение уровня воспроизводства коров может создать необходимые условия как для развития молочной отрасли скотоводства, так и для развития провинции в целом [2, 4, 11].

Не вызывает сомнения, что бесплодие коров приводит к снижению рождаемости. Например, экономический ущерб от недополучения молока при несвоевременном оплодотворении коров во Внутренней Монголии составляет 1.285 млрд. юаней (3 000 000 поголовье коров × 30 % перегул × 21 дней (цикл) × 20 кг молока (ущерб) × 3.4 юань (цена 1 кг молока) = 1 285 200 000 юаней или 10 281 600 000 рублей). Клинические исследования показали, что к бесплодию коров могут привести половая дисфункция и болезни половой системы [1, 2, 11, 12, 13, 15]. Уменьшение заболеваемости репродуктивной системы животных является одной из главных проблем в ветеринарии Китая. Для решения этой проблемы прежде всего необходимо проанализировать роль эндокринных репродуктивно-активных веществ в улучшении воспроизводительной способности животных.

Яйцевод является важным репродуктивным органом, наиболее подверженным возникновению различных патологий. Болезни репродуктивной системы часто возникают при несвоевременном или неэффективном лечении, вызывая при этом структурные изменения.

При патологии яйцеводов клинические признаки могут и не проявляться, но беременность при этом не наступает [9, 13].

Патофизиологические исследования показали, что при воспалении яйцеводов нарушается сократительная активность их гладкой мускулатуры, снижается секреторная функция эпителиальных клеток яйцеводов, что может привести к возникновению бесплодия у коров. Простагландины и их рецепторы играют важную физиологическую роль в регуляции гладкой мускулатуры яйцеводов. В то же время маточные простагландины и их рецепторы, эпителиальные клетки яйцеводов, выделяющие цитокины, играют важную роль в оплодотворении, имплантации и процессе раннего эмбрионального развития [1, 3, 5, 8].

**Цель** – изучение гладкой мышечной ткани яйцеводов коров с использованием многоканальной системы сбора и обработки физиологических сигналов для обнаружения рецепторов к простагландинам

(PGE<sub>2</sub>, PGD<sub>2</sub> и PGF<sub>2α</sub>) и агонисту рецептора простагландина (агонист – Butaprost рецептора EP<sub>2</sub>) в ампуле и перешейке яйцевода.

**Объекты и методы исследований.** Маточные трубы (яйцеводы) взяты от убойных коров на убойном пункте мясоперерабатывающего предприятия г. Хух-хото. Для транспортировки участки яйцеводов с яичниками и частью рога матки были погружены в 0.9 % физиологический раствор. Емкость с патматериалом в 0.9 % физиологическом растворе помещали в бокс со льдом для дальнейшей транспортировки. Яйцеводы с брыжейкой, ампулой и перешейком длиной около 1 см, помещали в раствор Кребса (Kreb's).

В работе использовали простагландины (PGE<sub>2</sub>, PGD<sub>2</sub> и PGF<sub>2</sub>) и агонист рецептора EP<sub>2</sub> Butaprost в соответствующих концентрациях 10<sup>-5</sup> моль/л, 10<sup>-6</sup> моль/л, 10<sup>-7</sup> моль/л, 10<sup>-8</sup> моль/л, 10<sup>-9</sup> моль/л с добавлением этанола при конечной концентрации менее 0.05 %, не влияющей на состояние гладкой мускулатуры яйцеводов коров.

Простагландин E<sub>2</sub> (PGE<sub>2</sub>, номер партии: 14010), простагландин F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>, номер партии: 16010), простагландин D<sub>2</sub> (PGD<sub>2</sub>, номер партии: 12010), агонист рецептора EP<sub>2</sub> (Butaprost, номер партии: 13740) были приобретены в чистом виде у компании America Cayman (США). Другие реагенты были аналитической чистоты отечественного или импортного производства.

Использовалось следующее оборудование: многоканальная система сбора и обработки физиологических сигналов (модель: RM6240, Приборостроительный завод Чэнду); термостатический радиатор циркулирующей воды (модель: НН-601, Шанхай Чьяофен); мионограф (модель: JZ100); счетчик воды (модель: 611UF, Biotech); ледогенератор (модель: ХВ70, Нинбо Грант); морозильная камера -80° С (Thermo); морозильная камера -20° С (Мэйлин); аппарат для быстрого перемешивания (модель: ХК96-В); электронные аналитические весы; ванночки и др.

Раствор Кребса (Kreb's) был приготовлен в соответствии с рекомендациями [10].

Регистрация сокращения гладкой мускулатуры яйцеводов и обработка данных проводились согласно рекомендациям, приведенным в работе Луан Ли Мин с соавторами [14].

**Экспериментальная часть.** Действие простагландина E<sub>2</sub> на гладкую мускулатуру яйцеводов коров показано на рисунке 1 и 2, где приведены результаты действия PGE<sub>2</sub>, способного расслаблять гладкую мышечную ткань ампулы и перешейка яйцевода коров в зависимости от концентрации. По мере увеличения концентрации PGE<sub>2</sub> сократительная способность ампулы яйцевода уменьшается, как и сократительная способность перешейка яйцевода.

Действие на перешеек и ампулу яйцеводов наблюдается с незначительным отклонением (P>0.05). Максимальное различие между действиями на ампулу и перешеек яйцевода статистически значимо (P < 0.01).

На рисунке 1 и 2 также представлено действие простагландина F<sub>2α</sub> на гладкую мускулатуру яйцевода коров. При низких концентрациях PGF<sub>2α</sub>

(1 нмоль/л – 100 нмоль/л) в гладкой мускулатуре яйцеводов не происходит резких функциональных изменений, отмечается только спонтанное сокращение гладкой мускулатуры перешейка яйцевода.

По мере увеличения концентрации  $\text{PGF}2\alpha$  (1 мкмоль/л – 10 мкмоль/л) воздействие на ампулу яйцевода явно усилилось, в это же время было замечено сильнейшее сокращение гладкой мускулатуры перешейка яйцевода. Сравнивая воздействие  $\text{PGF}2\alpha$  на гладкую мускулатуру ампулы и перешейка яйцевода, следует отметить, что значительного различия в сокращении не отмечалось ( $P > 0.05$ ).

На рисунках 1 и 2 показаны результаты действия  $\text{PGD}_2$  на гладкую мускулатуру яйцевода коров. Простагландин  $\text{D}_2$  (1 нмоль/л - 1 мкмоль/л) не оказывает существенного влияния на сокращение гладкой мускулатуры перешейка яйцевода, но может способствовать расслаблению гладкой мускулатуры ампулы яйцевода. С возрастанием концентрации  $\text{PGD}_2$  до 1 мкмоль/л наблюдается усиление сократительной активности гладкой мышечной ткани перешейка и ампулы яйцевода, значительного различия в сокращении между двумя участками выявлено не было ( $P > 0.05$ ).

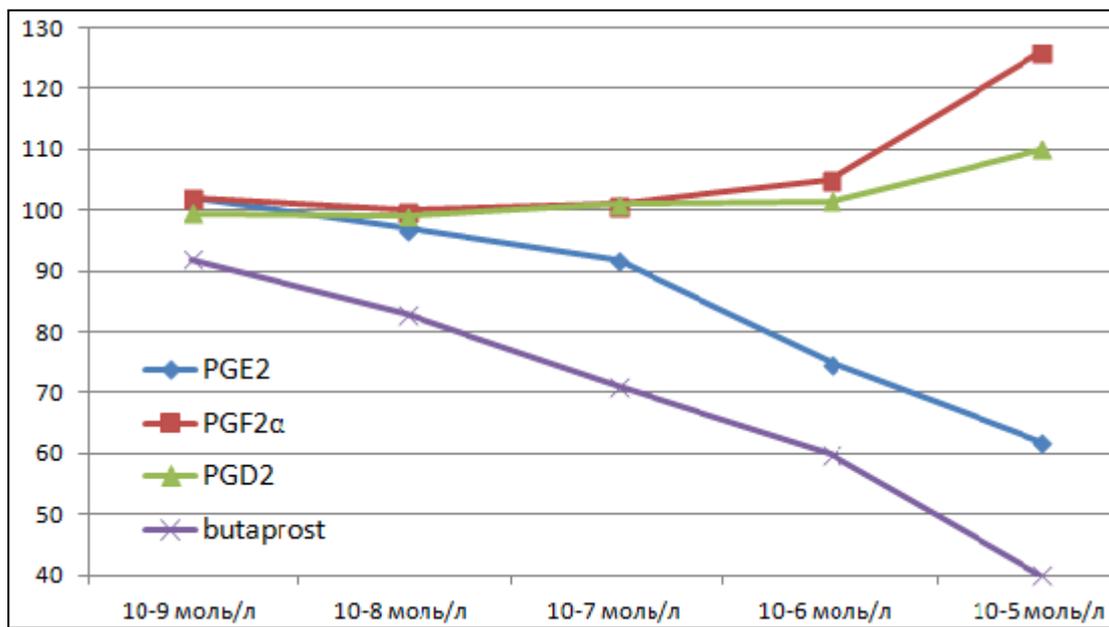


Рисунок 1 – Диаграмма взаимодействия между дозой и эффектом (сократительная реакция) гладкой мышечной ткани *перешейка* яйцевода коров при действии простагландинов  $\text{E}_2$ ,  $\text{D}_2$ ,  $\text{F}_{2\alpha}$  и агониста "butaprost".

Примечание: ось ордината сократительная реакция (%), ось абсцисс – концентрация

Действие агониста Butaprost рецептора  $\text{EP}_2$  на гладкую мышечную ткань яйцевода коров представлено на рисунках 1 и 2. Действие Butaprost способствует расслаблению гладкой мускулатуры ампулы и перешейка яйцевода, но существует явная зависимость эффекта от концентрации. При сравнении действия Butaprost на перешеек и ампулу, явной разницы в эффектах не обнаруживается ( $P > 0.05$ ).

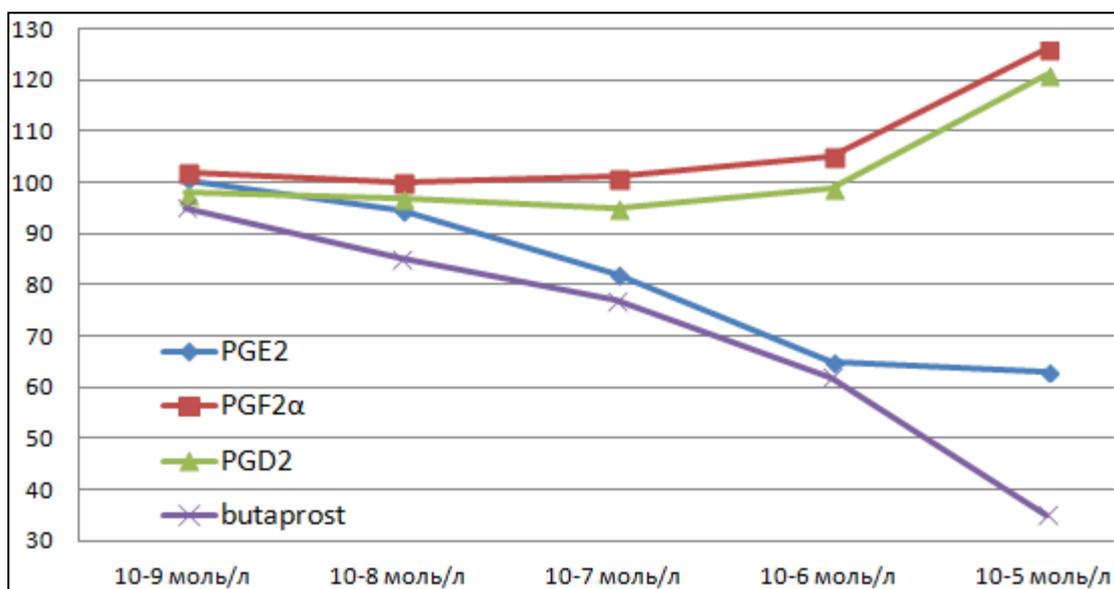


Рисунок 2 – Диаграмма взаимодействия между дозой и эффектом (сократительная реакция) гладкой мышечной ткани ампулы яйцевода коров при действии простагландинов E<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, F<sub>2α</sub> и агониста "butaprost".

Примечание: ось ордината сократительная реакция (%), ось абсцисс – концентрация

**Результаты и их обсуждение.** Яйцеводы играют важную роль в процессе репродукции как людей, так и животных. В этом процессе гормоны, выделяемые репродуктивной системой, формируют специальную среду в яйцеводах, обеспечивая очень важный этап в воспроизводстве. Исследования Segi и других ученых говорят о том, что рецепторы простагландинов, которые играют важную роль в регуляции репродуктивной системы в целом, а также влияют на сократительную деятельность гладкой мускулатуры яйцевода, находятся в большом количестве в яйцеводах [7].

Суть исследования заключалась в изучении чувствительности гладкой мышечной ткани яйцеводов коров к простагландинам (PGE<sub>2</sub>, PGD<sub>2</sub> и PGF<sub>2α</sub>) и агонисту рецептора простагландина (агонист – Butaprost рецептора EP<sub>2</sub>) в ампуле и перешейке яйцевода. Результаты показали, что PGE<sub>2</sub> способен расслаблять гладкую мышечную ткань ампулы и перешейка яйцевода коров, обычно PGE<sub>2</sub> действует через рецепторы EP<sub>1</sub>, в том числе через EP<sub>2</sub> и EP<sub>4</sub>, активация которых вызывает процесс расслабления гладкой мышечной ткани яйцевода коров. При действии на сократительные рецепторы EP<sub>1</sub> и EP<sub>3</sub> простагландинов происходит сокращение гладких мышц [14]. Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что рецепторы EP<sub>2</sub> и EP<sub>4</sub> присутствуют в тканях яйцеводов коров. Также результаты проведенных исследований указывают на наличие рецепторов EP<sub>2</sub> в тканях яйцеводов коров, т. к. было выявлено расслабляющее действие агониста Butaprost на гладкую мышечную ткань ампулы и перешейка яйцевода, реализуемое в результате воздействия на рецептор EP<sub>2</sub>.

PGF<sub>2α</sub> может играть важную роль в проявлении сократительной реакции гладкой мышечной ткани яйцеводов коров, одновременно усиливая сокращение как в ампуле, так и в перешейке яйцевода. Полученные

результаты позволяют предположить, что  $\text{PGF}_{2\alpha}$  после связывания с его специфическим рецептором  $\text{FP}$  вызывает сокращение гладкой мышечной ткани яйцеводов. Таким образом, обнаружено, что рецепторы  $\text{FP}$  присутствуют в гладкой мышечной ткани яйцеводов коров.

Влияние  $\text{PGD}_2$  на сокращение гладкой мускулатуры по сравнению с действием  $\text{PGF}_{2\alpha}$  незначительно, низкие концентрации  $\text{PGD}_2$  в пределах (1 нмоль/л – 1 мкмоль/л) могут способствовать расслаблению гладкой мускулатуры ампулы яйцевода, указывая на наличие рецептора  $\text{DP}$  в этой области. Высокие концентрации  $\text{PGD}_2$  могут вызывать сокращение гладкой мускулатуры ампулы и перешейки яйцевода. Этот эффект может свидетельствовать о наличии рецепторов  $\text{FP}$  в гладкой мышечной ткани яйцеводов. Ранее проведенные исследования показали, что  $\text{PGD}_2$  может связываться не только с рецептором  $\text{DP}$  ( $K_i = 21$  нмоль/л), но и с рецептором  $\text{FP}$  ( $K_i = 47$  нмоль/л) [6]. Это объясняет то, что при низких концентрациях  $\text{PGD}_2$  происходит расслабление мускулатуры ампулы, следовательно, рецептор  $\text{DP}$  присутствует в этой области, а при высоких концентрациях этого простагландина происходит сокращение обоих отделов яйцеводов, что говорит о наличии и активации рецепторов  $\text{FP}$ .

**Выводы.** Активная ответная реакция гладкой мускулатуры перешейки и ампулы яйцеводов у коров на изучаемые простагландины свидетельствует о наличии в них рецепторов  $\text{EP}_2$ ,  $\text{EP}_4$ ,  $\text{FP}$  и  $\text{DP}$ .

#### Список литературы

1. Николаев С.М. Влияние сухого экстракта ортилии однобокой на течение экспериментального эндометрита / С.М. Николаев, Е.А. Ботоева, С.С. Бураева Л.Б., С.А. Чукаев, С.С. Ломбоева, Е.М. Баханова // Сибирский мед. журн. – 2002. – Т. 34. – № 5. – С. 78 – 81.
2. Павлов С.А. Проблемы репродукции в животноводстве в Китае и в России / С.А. Павлов, С. Jinshan // Современные тенденции в сельском хозяйстве. II Междунар. науч. Интернет-конф. – 2013. – С. 135 – 139.
3. Arbab F. et al. Prostacyclin is an autocrine regulator in the contraction of oviductal smooth muscle / F. Arbab, J. Goldsby, N. Matijevic-Aleksic et al. // Hum. Reprod. – 2002, 17(12):3053-3059.
4. Chagas L.M. et al. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows / L.M. Chagas, J.J. Bass, D. Blache et al. // J. Dairy Sci. – 2007, 90: 4022 – 4032.
5. Huang J.C. et al. Human fallopian tubes express prostacyclin (PGI) synthase and cyclooxygenases and synthesize abundant PGI / J.C. Huang, F. Arbab, K.J. Tumbusch et al. // J. Clin. Endocrinol. Metab. - 2002, 87: 4361 – 4368.
6. Narumiya S. et al. Prostanoid Receptors: Structures, Properties and Functions / S. Narumiya, Y. Sugimoto, F. Ushikubi // Physiological Reviews, 1999, 79:4.
7. Segi E. et al. Expression of messenger RNA for prostaglandin E receptor subtypes  $\text{EP}_4/\text{EP}_2$  and cyclooxygenase isozymes in mouse periovulatory follicles and oviducts during superovulation / E. Segi, K. Haraguchi, Y. Sugimoto et al. // BiolReprod, 2003, 68(3):804 – 811.
8. Wanggren K. et al. Prostaglandin  $\text{E}_2$  and  $\text{F}_2$  alpha receptors in the human Fallopian tube before and after mifepristone treatment / K. Wanggren, P.G. Lalitkumar, A. Stavreus-Evers et al. // Mol. Hum. Reprod. 2006, 12(9):577 – 585.
9. 董翠龙, 梁宝安, 韩再峰. 浅析奶牛输卵管炎症的防治. 黑龙江动物繁殖. 2008,

第16卷, 第2期:23-24.

10. 苏日娜.奶牛输卵管平滑肌前列腺素类受体的分析研究[D].内蒙古农业大学硕士学位论文, 2010
11. 何光祥,李加泽.如何提高奶牛繁殖力.安徽农学通报.2010,第16卷,第2期:35.
12. 胡荣平.奶牛不孕症的病因及疗效分析.中国乳业.2008,第2期:60-61.
13. 梁巍,张晔.奶牛不孕的原因及防治.黑龙江动物繁殖.2004,第12卷,第3期:32.
14. 栾黎明,陈瑛,杨增明. 前列腺素 E 分子网络对哺乳动物生殖的调控 [J]. 生理科学进展, 2005, 36(03):209~214.
15. 张国庆,于志民,李国强. 奶牛不孕症病因的剖析. 黑龙江动物繁殖. 2008, 第16卷, 第4期:23-24.

### References

1. Nikolaev S.M. et all. *Vliyanie suhogo ehkstrakta ortilii odnobokoj na techenie ehksperimental'nogo ehndometrita* [Effect of a dry extract of an ortilia lopsided on the course of experimental endometritis]. *Sibirskij medicinskij zhurnal*, 2002, vol. 34, no. 5, pp. 78 – 81.
2. Pavlov S.A. et all. *Problemy reprodukcii v zhivotnovodstve v Kitae i v Rossii* [Reproduction Problems in Livestock Production in China and Russia]. *Internet-konferenciya*, 2013, pp. 135 – 139.
3. Arbab F. et all. *Prostacyclin is an autocrine regulator in the contraction of oviductal smooth muscle*, *Hum. Reprod.* – 2002, 17(12):3053 – 3059.
4. Chagas L.M. et all. *Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows*, *J. Dairy Sci.* - 2007, 90: 4022 – 4032.
5. Huang J.C. et all. *Human fallopian tubes express prostacyclin (PGI) synthase and cyclooxygenases and synthesize abundant PGI*, *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2002, 87: 4361 – 4368.
6. Narumiya S. et all. *Prostanoid Receptors: Structures, Properties and Functions*, *Physiological Reviews*, 1999, 79:4.
7. Segi E. et all. *Expression of messenger RNA for prostaglandin E receptor subtypes EP<sub>4</sub>/EP<sub>2</sub> and cyclooxygenase isozymes in mouse periovulatory follicles and oviducts during superovulation*, *BiolReprod*, 2003, 68(3):804 – 811.
8. Wanggren K. et all. *Prostaglandin E<sub>2</sub> and F<sub>2</sub> alpha receptors in the human Fallopian tube before and after mifepristone treatment*, *Mol. Hum. Reprod.* 2006, 12(9):577 – 585.
9. 董翠龙, 梁宝安, 韩再峰. 浅析奶牛输卵管炎症的防治. 黑龙江动物繁殖. 2008, 第16卷, 第2期:23-24. [Dong Cui long, Liang Baoan, Han Zaifeng. *Study on Prevention and Treatment of Oviductal Inflammation in Heilongjiang*. *Animal Breeding in Heilongjiang*, 2008, Vol. 16, No. 2: 23-24.]
10. 苏日娜.奶牛输卵管平滑肌前列腺素类受体的分析研究[D].内蒙古农业大学硕士学位论文, 2010 [Du Sina. *Study on Prostaglandin Receptor of Smooth Muscle of Oviduct in Dairy Cattle* [D]. Master's Thesis, Inner Mongolia Agricultural University, 2010]
11. 何光祥,李加泽.如何提高奶牛繁殖力.安徽农学通报.2010,第16卷,第2期:35. [*How to improve the fecundity of dairy cows*. *Anhui Agricultural Science Bulletin* .2010, Volume 16, No. 2: 35.]
12. 胡荣平.奶牛不孕症的病因及疗效分析.中国乳业.2008,第2期:60-61. [Hu Rongping. *Dairy cow infertility etiology and efficacy analysis*. *China Dairy* .2008, No. 2: 60 – 61.]
13. 梁巍,张晔.奶牛不孕的原因及防治.黑龙江动物繁殖.2004,第12卷,第3期:32. [Liang Wei, Zhang Ye. *Causes and prevention of infertility in dairy cows*. *Animal breeding in Heilongjiang* .2004, Vol. 12, No. 3: 32.]
14. 栾黎明,陈瑛,杨增明. 前列腺素 E 分子网络对哺乳动物生殖的调控 [J].

生理科学进展, 2005, 36(03):209~214. [Luan Liming, Chen Ying, Yang Zengming. *Regulation of Prostaglandin E Molecular Network on Mammalian Reproduction* [J]. *Advances in Physiology*, 2005, 36 (03): 209 ~ 214.]

15. 张国庆, 于志民, 李国强. 奶牛不孕症病因的剖析. 黑龙江动物繁殖. 2008, 第16卷, 第4期:23-24. [Zhang Guoqing, Yu Zhimin, Li Guoqiang. *Analysis of the causes of infertility in dairy cows*. *Animal breeding in Heilongjiang*. 2008, Vol. 16, No. 4: 23 – 24.]

**Сведения об авторах:**

**Кушеев Чингис Беликтуевич** – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры специальных ветеринарных дисциплин, факультет биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89148767420, e-mail: kusheevchin@mail.ru).

**Ломбоева Светлана Сергеевна** – кандидат фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры специальных ветеринарных дисциплин, факультет биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89149008460, e-mail: lombik@mail.ru).

**Павлов Станислав Андреевич** – PhD, старший преподаватель кафедры специальных ветеринарных дисциплин, факультет биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 9500665432, e-mail: stan-06@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Kusheev Chinghis B.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Special Veterinary Disciplines, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148767420, e-mail: kusheevchin@mail.ru).

**Lomboeva Svetlana S.** – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Ass. Professor, Department of Special Veterinary Disciplines, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89149008460, e-mail: lombik@mail.ru).

**Pavlov Stanislav A.** – PhD, senior lecturer, Department of Special Veterinary Disciplines, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 9500665432, e-mail: stan-06@yandex.ru).

УДК 599.745.31

**АРТЕРИАЛЬНОЕ РУСЛО СЕЛЕЗЕНКИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ  
В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ**

**С.А. Сайванова, Н.И. Рядинская, О.П. Ильина, В.Н. Тарасевич**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Нерпа – эндемик Байкала, и изучение её морфологических данных имеет актуальный характер для своевременной диагностики, профилактики и лечения заболеваний, которые недостаточно изучены у данных животных. Объектом исследования явилась байкальская нерпа, материалом – селезенка. Источник кровоснабжения селезенки – селезеночная

артерия, разветвляющаяся по магистральному типу. Она лептоареальна. Интенсивный рост всех видов артерий наблюдается у неполовозрелых животных, в среднем в 2 раза. По количеству отходящих артерий в паренхиме органа и желудка выявлено 4 варианта ветвления. Коэффициент кровоснабжения селезенки достоверно больше у половозрелых животных. Удельное кровообращение возрастает в онтогенезе и у половозрелых животных достигает 0.0058 мл/сек на 1 см<sup>3</sup>.

*Ключевые слова:* байкальская нерпа, селезенка, артериальное русло, селезеночная артерия, варианты ветвления, коэффициент кровоснабжения, удельное кровоснабжение.

## THE ARTERIAL SYSTEM OF THE SPLEEN OF BAIKAL SEAL IN THE AGE ASPECT

Saivanova S.A., Ryadinskaya N.I., Pjina O.P., Tarasevich V.N.

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Seal is endemic of Lake Baikal. The study of its morphological data is actual for the timely diagnosis, prevention and treatment of diseases that are not sufficiently studied in these animals. The object of the study was the Baikal seal, the material - the spleen. The source of the blood supply to the spleen is the splenic artery branched according to the magistral type. It is leptoareal. Intensive growth of all types of arteries is observed in immature animals, on average by 2 times. There were revealed 4 variants of branching by the number of outgoing arteries in the parenchyma of the organ and stomach. The coefficient of blood supply of the spleen is significantly larger in sexually mature animals. Specific blood circulation increases in ontogeny and in mature animals it reaches 0.0058 ml / sec per 1 cm<sup>3</sup>.

*Keywords:* Baikal seal, spleen, arterial bed, splenic artery, branching options, blood supply coefficient, specific blood supply.

Байкальская нерпа – один из самых мелких видов современных тюленей и принадлежит к огромному классу млекопитающих, относящихся к эндемикам озера Байкал [6]. Обитает она по всему озеру, однако чаще сосредоточена в северной и средней части озера. Длительная эволюция обеспечила непрерывное и обособленное развитие организмов Байкала, что способствовало сохранению морфологических особенностей, в том числе и нерпы [4].

Распространенность нерпинариев влечет за собой появление в ветеринарных клиниках таких пациентов, как нерпа, поэтому изучение морфологических характеристик данного животного носит актуальный характер для своевременной диагностики, профилактики и лечения заболеваний.

Артериальная система в организме животных осуществляет через кровь транспорт кислорода, углекислого газа, питательных веществ и продуктов метаболизма, а также терморегуляцию. Артериальная система водных млекопитающих состоит из брюшной аорты, разветвляющейся на артерии, затем на капилляры. Последние представляют собой мельчайшие сосуды, где осуществляется обмен веществ между кровью и тканями организма, газообмен [7].

Селезенка выполняет ряд важных функций в организме, таких как иммунная, фильтрационная, обменная, кроветворная, является депо крови. Она относится к периферическим органам иммунной системы [2].

Морфологию селезенки байкальской нерпы изучали Г.П. Ламажапова, С.Д. Жамсаранова, Д.Е. Григоренко [3], в работах которых имеются отрывочные данные об органе.

В доступной литературе информации об артериальном русле селезенки байкальской нерпы нами не обнаружено, что и послужило **целью** исследований.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

- выявить особенности экстраоргального артериального русла селезенки у байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе;
- выявить морфометрические показатели экстраорганных артерий у байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе.

**Объект и методы исследования.** Исследования проводились на базе кафедры анатомии, физиологии и микробиологии Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского. Объектом исследования явилась байкальская нерпа, добытая в Кабанском районе Республики Бурятия в рамках Программы НИР, утвержденной в Росрыболовстве РФ на 2015 год.

Материалом для изучения послужила селезенка от особей в возрасте от 5 месяцев до 12 лет (n = 36). Возраст животных определяли по кольцам дентина основания клыка и по роговым кольцам когтя [1].

Для изучения архитектоники экстра- и интраорганных артерий применяли препарирование, изготовление коррозионных препаратов с предварительной инъекцией монтажной пеной “Макрофлекс” и противопожарной пеной “Invamat” через брюшную аорту. Перед введением пены сосуды промывали 0.5 %-м раствором аммиака. Через надрез вводили канюлю, закрепленную на трубку баллона с монтажной пеной. Во избежание обратного выхода пены из органов, на надрез или сосуд накладывали хирургический корнцанг. Для получения коррозионных препаратов ткань органа удаляли под действием щелочи NaOH, KOH в концентрации 25 % с периодическим промыванием под проточной водой. Для более детального описания архитектоники сосудов применяли графическое моделирование.

Морфометрические показатели экстраорганных артерий измеряли с помощью сантиметровой лентой, транспортиром и штангенциркуля.

Удельное кровоснабжение определяли по формуле Груздева П.В. (2002):

$$\text{Удельное кровоснабжение} = [((D_A + D_B) / 2)^4 : \sqrt[3]{V^4}] \times 2.3$$

где  $D_A$  – диаметр артерии;  $D_B$  – диаметр вены;  $V$  – объем органа.

Гемодинамическую оценку сосудистого русла селезенки определяли с помощью коэффициента кровоснабжения органа по формуле:

$$K = \text{диаметр сосуда в 4-ой степени} / \text{масса органа (г)} \times 100 \%$$

Венозно-артериальный коэффициент определяли по формуле:

$$K = B / A$$

где  $A$  – диаметр селезеночной артерии,  $B$  – диаметр селезеночной вены.

При измерении бассейна, занимаемого сосудом, определяли его длину и максимальную ширину, находили отношение одного размера к другому, выраженное в процентах.

Фотографирование препаратов проводили фотоаппаратом Nikon S6150, графическое моделирование рисунков – компьютерной программой “Графический редактор Corel Draw X7”.

Полученные данные обработаны при помощи компьютерной программы “Статистика”.

**Результаты и их обсуждение.** Источником кровоснабжения селезенки байкальской нерпы является чревная артерия (*a. coeliaca*), разветвляющаяся по рассыпному типу. Артерия отходит от брюшной аорты, под углом  $45^{\circ}$ , на уровне 1 – 2 поясничного позвонка. Она представляет собой ствол, варьирующий по диаметру и длине в постнатальном онтогенезе от 6.8 мм до 18.1 мм и от 258.1 мм до 461.8 мм соответственно.

Отходя от аорты, чревная артерия отдает две ветви: селезеночную и печеночную артерии (рис. 1). Левая желудочная артерия в 4 % случаев отходит от печеночной артерии, а в остальных случаях (96 %) – от селезеночной [5].

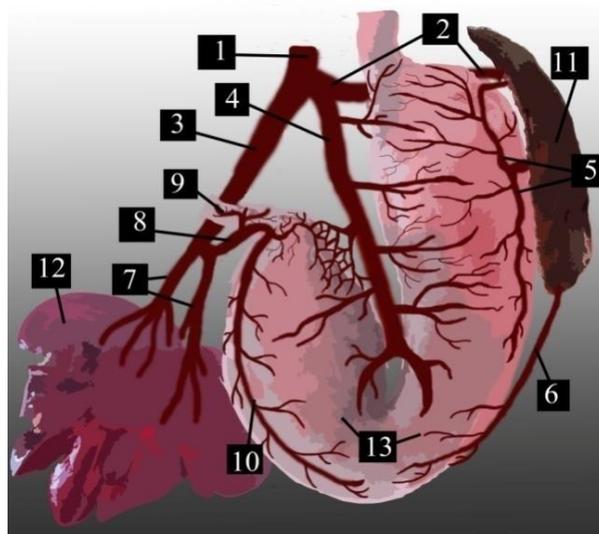


Рисунок 1 – Чревная артерия (вентральная поверхность) байкальской нерпы в возрасте 8 месяцев. Графическое моделирование: 1 – чревная артерия; 2 – селезеночная артерия; 3 – печеночная артерия; 4 – левая желудочная артерия; 5 – ветви к желудку; 6 – левая желудочно-сальниковая артерия; 7 – печеночные ветви; 8 – желудочно-двенадцатиперстная артерия; 9 – краниальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия; 10 – правая желудочно-сальниковая артерия; 11 – селезенка; 12 – печень; 13 – желудок.

Селезеночная артерия (*a. lienalis*) отходит от чревной артерии и идет вдоль органа, – разветвляясь по магистральному типу. Артерия отходит под углом  $35.5 \pm 2.01^{\circ}$  у кумутканов, у неполовозрелых особей –  $45 \pm 1.86^{\circ}$ , у половозрелых особей –  $47 \pm 1.99^{\circ}$ . По мере роста и развития организма нерпы, диаметр и длина артерии увеличиваются в пределах от 5.9 мм до 17.2 мм и от

167 мм и до 372 мм соответственно. Корреляционный анализ в возрастном аспекте показал взаимосвязь между возрастом животных, длиной ( $r = 0.827$ ,  $r = 0.815$ ,  $r = 0.828$ ) и диаметром селезеночной артерии ( $r = 0.975$ ,  $r = 0.929$ ,  $r = 0.933$ ).

Первой ветвью, отходящей от селезеночной артерии, является левая желудочная артерия. Она отходит на различном расстоянии от начала селезеночной артерии (от  $0.7 \pm 0.06$  см до  $3.6 \pm 0.08$  см) во всех возрастных группах.

До ворот селезенки от селезеночной артерии, кроме левой желудочной артерии, отходят ветви в левую долю поджелудочной железы.

Далее селезеночная артерия входит в ворота органа и отдает боковые ветви к паренхиме органа и к желудку [5]. Нами выявлено, что у всех исследуемых животных селезеночная артерия является лептоареальной, так как индекс сосуда у особей первого года жизни равен  $33.7^0 \pm 0.88$ , у особей от года до четырех лет –  $33.8^0 \pm 1.01$  и от четырех лет и старше –  $32.7^0 \pm 1.87$  (рис. 2).

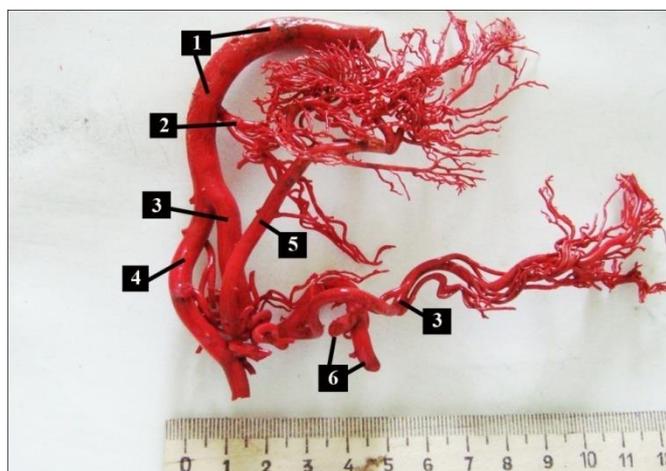


Рисунок 2 – Селезеночная артерия байкальской нерпы в возрасте 7 лет.  
**Коррозионный препарат после инфузии монтажной пеной “Макрофлекс”:**  
 1 – чревная артерия; 2 – каудальная диафрагмальная артерия;  
 3 – селезеночная артерия; 4 – печеночная артерия; 5 – левая желудочная артерия;  
 6 – ветви к желудку.

По количеству отходящих ветвей в паренхиме селезенки и желудка нами выявлено четыре варианта ветвления селезеночной артерии.

*Первый вариант* ветвления характеризуется тем, что все ветви от селезеночной артерии разветвляются в пределах органа, желудочных ветвей нами не обнаружено. Во *втором варианте* селезеночная артерия имеет 2 крупные артерии и одну желудочную ветвь. В *третьем варианте* ветвления селезеночная артерия посылает две желудочные ветви на большую кривизну желудка. *Четвертый вариант* ветвления – самый редкий (6.7 %). В данном варианте от селезеночной артерии отходят только мелкие артерии, крупных нет. Желудочных ветвей – одна, но она образована двумя ветвями и отдает

возвратную ветвь в селезенку, которая и компенсирует отсутствие крупных артерий в органе (рис. 3).

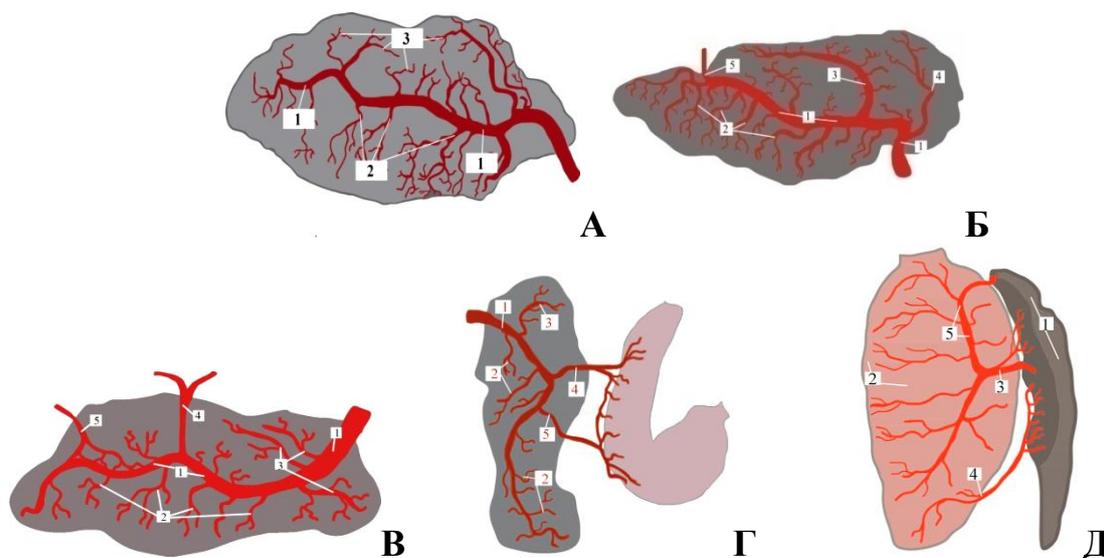


Рисунок 3 – Варианты ветвления селезеночной артерии.

Байкальская нерпа, 2 года (А), 1 год (Б), 4 года (В), 8 месяцев (Г), 8 месяцев (Д).

Графическое моделирование с оригинала:

- 3А: 1 – селезеночная артерия; 2 – боковые ветви; 3 – трабекулярные артерии;  
 3Б: 1 – селезеночная артерия; 2 – мелкие ветви; 3, 4 – крупные ветви;  
 5 – желудочная ветвь; 3В, 3Г: 1 – селезеночная артерия; 2 – мелкие ветви;  
 3 – крупные ветви; 4, 5 – желудочные ветви; 3Д: 1 – селезенка;  
 2 – мелкие боковые ветви; 3 – желудочная ветвь; 4 – левая желудочно-сальникова артерия; 5 – возвратная ветвь

Среди боковых ветвей, которые идут к паренхиме селезенки, выявлены крупные и мелкие сосуды во всех вариантах ветвления. Длина боковых артерий с возрастом увеличивается и составляет у кумутканов  $21.4 \pm 0.82$  мм, у неполовозрелых особей –  $37.4 \pm 0.88$  мм и у половозрелых особей –  $48.7 \pm 1.41$  мм. Корреляционный анализ выявил тесную связь между возрастом и длиной боковых артерий у кумутканов ( $r = 0.983$ ). В то время как длина мелких артерий незначительно увеличивается у кумутканов на 14.5 %, у особей в возрасте от 1 года до 4 лет на 14.4 % и у особей в возрасте от 4 лет и старше – на 13.1 %, минимальная их длина равна – 18.3 мм, 32.0 мм, 42.3 мм соответственно возрастным группам.

Идентичная картина роста боковых артерий характерна и для их диаметра, составивший у кумутканов  $3.6 \pm 0.09$  мм, у неполовозрелых –  $6.4 \pm 0.11$  мм и у половозрелых –  $8.3 \pm 0.45$  мм. Диаметр мелких артерий увеличивается в 1.5 раза и равен у кумутканов 3.2 мм, у неполовозрелых – 5.9 мм, у половозрелых – 7.5 мм (рис. 3).

Возрастные изменения угла отхождения крупных боковых артерий также прослеживаются с возрастом, увеличивающийся на 17 % и у кумутканов

составляет  $43.0 \pm 1.32^0$ , у неполовозрелых –  $50.4 \pm 1.05^0$ , у половозрелых –  $62.8 \pm 1.40^0$  (табл. 1).

Таблица 1 – Морфометрические показатели экстраорганных артерий селезенки байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе

№	Показатели	Вены	Половозрастная группа		
			Кумутканы (от 1 мес до 1 года)	Неполовозрелые животные (от 1 года до 4 лет)	Половозрелые животные (от 4 лет и старше)
1	Длина, мкм	Чревная артерия	278.5±6.03	354.8±9.58	428.10±7.30
		Селезеночная артерия	182.9±3.55	285.9±5.42	329.20±9.98
		Боковые артерии	21.4±0.82	37.4±0.88	48.70±1.41
2	Диаметр, мкм	Чревная артерия	8.2±0.30	12.3±0.21	16.5±0.26
		Селезеночная артерия	6.6±0.15	11.3±0.21	15.5±0.52
		Боковые артерии	3.6±0.09	6.4±0.11	8.3±0.45
3	Угол вхождения, град	Чревная артерия	34.4±1.13	46.0±1.35	50.0±1.52
		Селезеночная артерия	35.5±2.0	45.0±1.86	47.0±1.99
		Боковые артерии	43.0±1.32	50.4±1.05	62.8±1.40

В первом варианте ветвления насчитывается три боковых артерии, из них самая длинная – первая ветвь (длина 54.7 мм, диаметр 9.4 мм), она подходит к дорсальному краю висцеральной поверхности органа. Вторая ветвь чаще доходит до дорсокраниального конца селезенки, третья крупная ветвь может быть расположена в вентрокаудальном конце органа, их промеры меньше первой на 7 – 10 %. Во втором варианте ветвления встречаются две артерии, из них первая – крупная, доходит до вентрального края селезенки. Следующая артерия короче предыдущей на 2.6 мм и меньше в диаметре на 0.4 мм. В третьем варианте ветвления крупные артерии чаще расположены в дорсокраниальном конце органа – их три. Их линейные промеры по длине и диаметру между собой равны (длина 45.4 мм, диаметр 8.3 мм). В четвертом варианте ветвления в основном присутствуют только мелкие артерии.

Количество мелких артерий во всех вариантах ветвления варьирует в пределах от 16 до 22, расстояние между которыми составляет: у кумутканов  $87.4 \pm 11.58$  мм, у неполовозрелых –  $108.2 \pm 9.38$  мм, у половозрелых –  $131 \pm 15.28$  мм. Корреляционный анализ показал тесную связь между возрастом и расстоянием боковых артерий у половозрелых животных ( $r = 0.967$ ). Длина и диаметр желудочных артерий во втором, третьем и четвертом вариантах ветвления также с возрастом увеличиваются.

Таким образом, морфометрические показатели (длина, диаметр и угол отхождения) экстраорганных артерий селезенки у байкальской нерпы, как правило, увеличиваются в онтогенезе по мере развития самого организма и формирования органа.

В вентрокаудальном конце селезеночная артерия делится би- и трифуркационно, переходя в левую желудочно-сальниковую артерию.

Для наглядной гемодинамической оценки сосудистого русла мы определили коэффициент кровоснабжения, который характеризует интенсивность кровоснабжения, и удельное кровоснабжение органа (табл. 2).

**Таблица 2 – Коэффициент кровоснабжения и удельное кровоснабжение селезенки у байкальской нерпы в возрастном аспекте**

№	Половозрастная группа	Коэффициент кровоснабжения, %	Удельное кровообращение, мл/сек на 1 см <sup>3</sup>
1	Кумутканы (от 1 мес до 1 года)	34.5±3.67	0.0007
2	Неполовозрелые животные (от 1 года до 4 лет)	23.2±2.18	0.0029
3	Половозрелые животные (от 4 лет и старше)	69.0±7.76	0.0058

Из таблицы видно, что интенсивность кровоснабжения у кумутканов составляет 34.5 %, коэффициент у молодых особей снижается до 23.2 %, а у взрослых особей достигает 69 % за счет роста и окончательного формирования органа. Удельное кровообращение возрастает в онтогенезе и у половозрелых животных достигает 0.0058 мл/сек на 1 см<sup>3</sup>.

**Выводы.** 1. Основным источником кровоснабжения селезенки у байкальской нерпы является селезеночная артерия, идущая вдоль органа и разветвляющаяся по магистральному типу. Она является лептоареальной (индекс сосуда у всех исследованных животных < 60°).

2. Интенсивный рост всех видов артерий наблюдается у неполовозрелых животных, в среднем в 2 раза, по сравнению с кумутканами, что связано с физиологическим периодом формирования организма байкальской нерпы и соответственно с увеличением линейных промеров органа. У половозрелых животных отмечается незначительное увеличение диаметра и длины артерий, что связано с окончательным формированием органа.

3. От селезеночной артерии в паренхиму органа отходят боковые ветви, среди которых могут быть и желудочные ветви, которые идут к желудку. По количеству отходящих артерий в паренхиму органа и желудка выявлено 4 варианта ветвления: артерии разветвляются в пределах органа, но желудочных ветвей нет; с одной желудочной ветвью; с двумя желудочными ветвями; с двумя желудочными и одной возвратной ветвью.

4. Коэффициент кровоснабжения селезенки достоверно больше у половозрелых животных.

#### **Список литературы**

1. Аношко П.Н. Ретроспективный анализ элементного состава зубов байкальской нерпы как метод выявления биотических и абиотических изменений среды обитания / П.Н. Аношко, Е.Л. Гольдберг, М.В. Пастухов, Т.А. Козлова, В.А. Трунова, Н.Н. Куликова, Е.П.

Чебыкин, М.П. Чубаров // Третья Верещагинская байкальская конф.: Тез. докл. и стендовых сообщ. // Иркутск: Изд-во ЛИМ СО РАН, 2000. – С. 12.

2. Афанасьева А.И. Анатомия и физиология органов иммунной системы у животных: Учебное пособие / А.И. Афанасьева, Н.И. Рядинская - Барнаул: Изд-во АГАУ, 2012. – С. 119.

3. Ламажапова Г.П. Морфологические особенности селезенки байкальской нерпы различного возраста / Г.П. Ламажапова, С.Д. Жамсаранова, Д.Е. Григоренко // Современные проблемы науки и образования. – 2013. - № 6. – С. 45 – 49.

4. Моложников В.Н. Байкаловедение: программа и учебное пособие / В. Н. Моложников, С. А. Козлова – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2015. – 132 с.

5. Рядинская Н.И. Особенности экстраорганных артерий селезенки, печени, желудка и поджелудочной железы у байкальской нерпы / Н.И. Рядинская, С.А. Сайванова, С.Д. Саможапова, В.Н. Тарасевич, Е.Н. Тарасевич, Е.С. Чистова // Вестник КрасГАУ. - 2016. - № 3. – С. 121 – 129.

6. Петров Е. А. Байкальская нерпа: издание исправленное, дополненное / Е.А. Петров. – Улан-Удэ: ИД “ЭКОС”, 2009. – 176 с.

7. <http://sbio.info/dic/1137>.

### References

1. Anoshko P.N. et all. *Retrospektivnyj analiz jelementnogo sostava zubov bajkal'skoj nerpy kak metod vyjavlenija bioticheskij i abioticheskij izmenenij sredi obitanija* [Retrospective analysis of the elemental composition of the teeth of the Baikal seal as a method to identify biotic and abiotic changes of habitat]. Irkutsk, 2000, 12 p.

2. Afanasyeva A.I., Ryadinskaya N.I. *Anatomija i fiziologija organov immunnnoj sistemy u zhivotnyh* [Anatomy and physiology of the immune system in animals]. Barnaul, 2012, 119 p.

3. Lamazhapova G.P. et all. *Morfologicheskie osobennosti selezenki bajkal'skoj nerpy razlichnogo vozrasta* [Morphological features of the spleen of the Baikal seal in different age]. 2013, no. 6, 45 – 49 p.

4. Molotnikov V.N., Kozlova S.A. *Bajkalovedenie* [Baikal studies]. Irkutsk, 2015, 132 p.

5. Ryadinskaya N.I. et all. *Osobennosti jekstraorgannyh arterij selezenki, pecheni, zheludka i podzheludochnoj zhelezy u bajkal'skoj nyerp* [Features of the extraorganic arteries of the spleen, liver, stomach and pancreas in the Baikal seal]. Vestnik KRSU Gau, 2016, no. 3, pp. 121 – 129.

6. Petrov, E.A. *Bajkal'skaja nerpa: izdanie ispravlennoe, dopolnennoe* [The Baikal seal]. Ulan-Ude, 2009, 176 p.

7. <http://sbio.info/dic/1137>.

### Сведения об авторах:

**Ильина Ольга Петровна** – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и микробиологии факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89025602197, e-mail: [olgailina56@mail.ru](mailto:olgailina56@mail.ru)).

**Рядинская Нина Ильинична** – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой анатомии, физиологии и микробиологии факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89027690912, e-mail: [ryadinskaya56@mail.ru](mailto:ryadinskaya56@mail.ru)).

**Сайванова Светлана Алексеевна** – старший преподаватель кафедры анатомии, физиологии и микробиологии факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89500808438, e-mail: [ms.svetikss@mail.ru](mailto:ms.svetikss@mail.ru)).

**Тарасевич Вячеслав Николаевич** – кандидат ветеринарных наук, старший преподаватель кафедры специальных ветеринарных дисциплин факультета биотехнологии и ветеринарной

медицины. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664007, Россия, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 59, тел. 89500650323, e-mail: tarasevich7239@mail.ru).

**Information about authors:**

**Пжина Ольга Р.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89025602197, e-mail: olgailina56@mail.ru).

**Ryadinskaya Nina I.** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89027690912, e-mail: ryadinskaya56@mail.ru).

**Saivanova Svetlana A.** – Senior lecturer of the Department of Anatomy, Physiology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89500808438, e-mail: ms.svetikss@mail.ru).

**Tarasevich Vyacheslav N.** – Candidate of Veterinary Sciences, Senior lecturer of the Department of Special Veterinary Disciplines. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (59, Timiryazev Str., Irkutsk, Russia, 664007, tel. 89500650323, e-mail: tarasevich7239@mail.ru).

**МЕХАНИЗАЦИЯ. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ**

УДК 631.3

**ТЕХНОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЯСОМОЛОЧНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ С. ПАРТИЗАН НАМСКОГО РАЙОНА  
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

**Н.П. Александров, И.Н. Матвеев, С.М. Климов, Н.К. Гаврильева**

*Якутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Якутск, Россия*

Одним из основных видов сельскохозяйственной производственной деятельности населения Республики Саха (Якутия), издревле является производство мясомолочной продукции. В статье приводится анализ мясомолочного производства в с. Партизан Намского района Республики Саха (Якутия). В связи со специфической особенностью республики в статье приведены данные системного анализа, охватывающие все подсистемы: площади сельскохозяйственных угодий; состав машинно-тракторного парка; технологии заготовки кормов и кормления; технологии содержания, доения и поения коров; переработка молока; хранение и реализация продукции.

*Ключевые слова:* сельскохозяйственные угодья, эксплуатация машинно-тракторного парка, заготовка кормов, переработка молока, статистические данные.

**TECHNOLOGICAL-TECHNICAL SYSTEM OF MEAT PRODUCTION ON THE  
EXAMPLE OF PARTIZAN VILLAGE OF NAMSK DISTRICT IN THE REPUBLIC OF  
SAKHA (YAKUTIA)**

**Aleksandrov N.P., Matveev I.N., Klimov S.M., Gavrillieva N.K.**

*Yakutsk State Agricultural Academy, Yakutsk, Russia*

Since ancient times production of meat and dairy products is one of the main types of agricultural production activity among the population of the Republic of Sakha (Yakutia). The article gives an analysis of meat and milk production in the village of Partizan, Namsky District, Republic of Sakha (Yakutia). In connection with a specific feature of the republic, the article presents data of system analysis covering all subsystems: agricultural land areas; the composition of the machine-tractor park; technology of forage and feeding; technology of keeping, milking and watering of cows; processing of milk; storage and sale of products.

*Keywords:* agricultural land, operation of machine and tractor park, forage, milk processing, statistical data.

Одним из основных видов сельскохозяйственной производственной деятельности населения Республики Саха (Якутия), издревле является производство мясомолочной продукции. Исторически известно, что наши предки содержали многочисленное поголовье коров и лошадей, используя практические знания и опыт, передаваемые из поколения в поколения. По сравнению с другими направлениями сельскохозяйственной деятельности разведение крупного рогатого скота и производство мясомолочной продукции распространено по всем районам [1, 2].

Намский район находится в составе Центрально-Якутской социально-экономической зоны, расположен в долине Энсиэли на левом берегу реки

Лена, часть наслегов на правом берегу Лены. Граничит с юга с территорией муниципального образования “Город Якутск”, с юго-востока – Мегино-Кангаласским и Усть-Алданским районами, с запада – Горным, на севере - с Кобяйским районом. Территория Намского района составляет 11.9 тыс. кв. км или 1186.98 тыс. га, из них сельскохозяйственных угодий 48.633 тыс. га, в том числе пашни – 13.7 %, сенокосы – 56.1 %, пастбища – 30 %, прочие 0.2 %.

Гидрография "Партизанского наслега" связана с главной водной артерией рекой Лена. Кроме реки Лена есть таежная речка Кэнкэмэ. На территории населения Партизана имеются разнообразные по происхождению крупные озера – Баала, Муоган, и т.д. Широко развиты пойменные озера, которые по своему питанию, режиму и химическому составу воды мало отличаются от питающей их реки Лена.

Под кормовыми угодьями в аласах пониженных и на плоских участках междуречий распространены мерзлотные лугово-черноземные почвы. Они развиты под луговой, злаково-разнотравной и лугово-степной растительностью и делятся на черноземно-луговые и лугово-черноземные. Междолинные и межаласные пространства представляют собой сильно пересеченную бугристую поверхность, поросшую густой лиственничной труднопроходимой тайгой. Исключением являются лишь пологие склоны, обращенные в сторону аласов и речных долин, на которых освоены леса под пашни. Более пониженные участки террас с луговой и лугово-болотной растительностью используются как сенокосные угодья.

Природно-климатические условия являются объективно-действующими факторами производства. Они могут оказывать или благоприятное, или отрицательное воздействие на ведение сельского хозяйства и отраслей, имеющих непосредственное отношение к сельскохозяйственным производствам.

**"Партизанский наслег"** расположен в долине Энсиэли на левом берегу реки Лена, территория наслега составляет 36369 га. В сельскохозяйственном обороте МО "Партизанский наслег" по данным 2016 года находится – 4.3 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, из них пашни 186.7 га, сенокосные угодья – 1761 га, пастбища – 2109 га.

По итогам 2015 года численность работающих в сельском хозяйстве района составляет 3577 человек на 35 предприятиях и 165 крестьянских (фермерских) хозяйствах, более 2371 семей имеют личное подсобное хозяйство.

Животноводство является традиционным видом деятельности сельских жителей района. Годовой удой коров (табл. 1, 2) составляет 2 тыс. т молока с коровы, по показателям республики Саха (Якутия) это является средним, но низким по сравнению со средними показателями Российской Федерации.

Ежегодно на его долю приходится 70 % и выше произведенной сельскохозяйственной валовой продукции. Основными направлениями в животноводстве являются молочное и мясное скотоводство, табунное коневодство, свиноводство и птицеводство [5].

**В динамике урожайности** сельскохозяйственных культур за последние годы наблюдается нестабильность, что объясняется в значительной мере отсутствием и нарушением севооборотов, низким плодородием земель из-за недостаточного внесения органических и минеральных удобрений. Также огромное значение имеет природный фактор, последнее время это дождливое лето.

**Таблица 1 – Основные показатели по животноводству Намского района**

Наименование	Ед. изм.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
<i>Поголовье скота (на конец года)</i>						
Крупный рогатый скот	гол.	13350	12599	13114	11854	10848
в т. ч. коров	гол.	5207	4620	4653	4787	4070
Лошади	гол.	9356	9835	10653	10856	10837
Свиньи	гол.	656	739	624	647	578
Птица	гол.	1843	668	2117	2281	1451
<i>Производство продукции</i>						
Скот и птица (реализовано на убой в живом весе)	т	2083	1770	1954	2245.29	2136.5
Молоко	т	9413	8992.4	8845.7	8724.1	8307.85
Яйца	тыс. шт.	124.0	121.3	407.9	515.8	575.1
<i>Продуктивность скота и птицы в сельскохозяйственных организациях</i>						
Удой молока на 1 корову	кг	2004	1946	1901	1730	2041,24
Средняя яйценоскость 1 курицы-несушки	шт.	189.6	254.9	192.7	243.5	217.63

**Таблица 2 – Поголовье крупного рогатого скота по форме хозяйствования**

Формы хозяйствования	Всего КРС, гол.
в сельскохозяйственных организациях	7.90%
в крестьянско-фермерских	26.40%
в личных подсобных хозяйствах	65.70%

Площадь посадки картофеля в 2015 году во всех категориях хозяйств, включая личные подсобные хозяйства, составила – 28 га в т. ч. крестьянских хозяйствах – 16 га, что равна 15 % от всей посевной площади под картофель.

В 2015 году площадь посадки овощей составила 7.5 га, в 2014 г. 16.68 га. Уменьшение объемов посадки в основном связано с финансовыми трудностями и рынком сбыта, а также отсутствием условий хранения овощей. На долю крестьянских хозяйств площадь посадки в 2015 г. составила 96 %. В 2015 г. было произведено овощей закрытого грунта 22.4 ц.

Как видно из таблицы 3 наблюдается низкая урожайность зерновых и овощных культур, снижающаяся с каждым годом.

Такая же низкая урожайность наблюдается по заготовке сена, которая в

речных поймах составляет до 2 т с гектара, и в аласных сенокосах до 1.5 т с гектара. Хорошую урожайность сена дают затопляемые весенним паводком сенокосы, находящиеся на островах реки Лена и в ее долинах.

Таблица 3 – Динамика урожайности продукции земледелия

Показатели	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.	2015г.
<i>Зерновые культуры:</i>						
Посевная площадь, га	153	166	167	148	109	151
Валовый сбор, ц.	161	645	902	605	333	449
Урожайность, ц. с 1 га	1.05	3.9	5.4	4.1	3.1	2.9
<i>Картофель:</i>						
Посевная площадь, га	59.2	48.4	42.5	42.9	28.12	28.2
Валовый сбор, ц.	1073.9	870	985.5	1752	879.7	1796.8
Урожайность, ц. с 1 га	18.1	17.9	23.2	40.8	31.3	63.7
<i>Овощные культуры:</i>						
Посевная площадь, га	43.47	21.5	8.4	7.79	16.68	7.5
Валовый сбор, цн.	589.9	455.44	707	295.76	1838.6	39.9
Урожайность, цн. с 1 га	13.6	21.2	84.2	37.9	110.2	5.3

Для заготовки грубых кормов в основном базируется на естественные сенокосные угодья в объеме. За прошедшие годы в селе не заготавливались сочные корма (силос, корнеплоды) выполнение плана заготовки грубых кормов видно из следующей таблицы 4.

Таблица 4 – Анализ выполнения заготовки грубых кормов за 2013 – 2015 гг., ц

2013г.			2014г.			2015г.		
план	Факт.	%	план	Факт.	%	план	Факт.	%
21500	22470	104.5	22000	22800	103.6	22700	25070	110.4

Учитывая низкую урожайность ставиться заниженный план заготовки сена обоснованный ежегодными результатами.

Механизация работ по растениеводству (заготовке кормов) очень низкая наиболее распространены трактора с мощностью менее 70 л.с., отсутствуют пропашные трактора и комбайны. Энергообеспеченность села по заготовке кормов очень низкая, требует подбора ресурсосберегающих машинно-тракторных агрегатов в соответствии с площадями [3].

Структура посевных площадей на пашне зависит не только от природных условий и специализации хозяйства, но в значительной степени и от распаханности сельхозугодий, наличия площадей сенокосов и пастбищ.

При средней распаханности (пахотные угодья составляют 55 %, а сенокосы и пастбища 35 %) в общей площади сельхозугодий рекомендуется иметь на пашне следующую структуру посевных площадей:

*в хозяйствах по откорму крупного рогатого скота:*

зерновых 52 – 56 %,

многолетних трав – 20 – 25 %,

однолетних трав и силосных 13 – 16 %;

*в хозяйствах по производству молока:*

зерновых 48 – 52 %,  
многолетних трав 19 – 24 %,  
однолетних трав и силосных 14 – 17 %,  
корнеплодов 3 – 4 %.

При отсутствии естественных сенокосов и пастбищ, когда вся продукция растениеводства производится только на пашне, целесообразно иметь следующую структуру посевных площадей:

*в хозяйствах по откорму крупного рогатого скота:*

зерновых 37 – 41 %,  
многолетних трав 42 – 46 %,  
однолетних трав и силосных 12 – 15 %

*в хозяйствах по производству молока:*

зерновых 33 – 36 %,  
многолетних трав 40 – 44 %,  
однолетних трав и силосных 14 – 17 %,  
корнеплодов 2.5 – 2.7 %.

При необходимости возделывание зерновых и кормовых культур можно сочетать с выращиванием технических культур и картофеля, которые в представленной структуре могут занимать 8 – 9 % от площади пашни. Во всех случаях следует предусматривать возделывание промежуточных культур. На основе рекомендуемой структуры определены площади основных культур в расчёте на одну голову скота. Для откормочного поголовья в зависимости от уровня урожайности целесообразно иметь в расчёте на одну голову:

зерновых 0.27 – 0.34 га;  
многолетних трав за счёт полевого и лугового травосеяния 0.30 – 0.40 га;  
однолетних трав и силосных 0.09 – 0.14 га.

*На одну корову следует иметь:*

зерновых 0.37 – 0.50 га;  
многолетних трав на пашне и луговых угодьях 0.42 – 0.60 га;  
однолетних трав и силосных 0.16 – 0.22 га;  
корнеплодов 0.03 – 0.04 га.

Из-за низкой урожайности сена и долгой продолжительности зимы издревле для КРС устанавливали минимум рацион корма лишь бы для обеспечения жизнеспособности. В основном полагаясь только на сено. В среднем дневная норма корма находится 10 – 15 кг сена и одноразовое поение холодной водой. Содержание КРС в частных подворьях осуществляется в деревянных постройках с высокой влажностью. Такой подход к содержанию и кормлению коров даёт низкий удой молока.

Переработка молочной продукции осуществляется в районном центре СХПК “ЭРЭЛ”, которая производит сметану, масло, кефир, творог, и другие молочные продукты.

Сезон года оказывает большое влияние на качество молочной продукции, которую необходимо учитывать. Изучена сезонная изменчивость

биохимического состава молока СХПК “ЭРЭЛ”.

Установлено, что осеннее молоко является более богатым по своему составу, так как в эти месяцы года идет запуск коров и снижение суточных удоев. Осеннее молоко имело повышенное содержание основных компонентов. Наименьшее значение этих показателей наблюдалось летом и весной (табл. 5).

Таблица 5 – Сезонная изменчивость состава товарного молока СХПК “ЭРЭЛ”, %

Показатели	Состав молока по сезонам года (M ± m)			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Сухое вещество	13.20 ± 0.09	12.71 ± 0.02	13.1 ± 0.13	13.5 ± 0.003
Жир	3.94 ± 0.05	3.78 ± 0.18	3.90 ± 0.10	4.07 ± 0.07
Об. белок	3.66 ± 0.007	3.50 ± 0.02	3.64 ± 0.002	3.78 ± 0.02
Казеин	2.71 ± 0.004	2.55 ± 0.06	2.63 ± 0.02	2.75 ± 0.12
Лактоза	4.92 ± 0.11	4.80 ± 0.003	4.83 ± 0.02	4.90 ± 0.17
Зола	0.72 ± 0.02	0.67 ± 0.08	0.65 ± 0.009	0.70 ± 0.02

Сезонная изменчивость содержания сухого вещества было аналогично тому, что наблюдалось по его составным компонентам – жиру и белку, то есть, больше всего сухих веществ содержалось в осеннем молоке, а в весеннем наименьшее количество. В весенние месяцы повсеместно запас зимних кормов уменьшается, резерв питательных веществ в организме коров исчерпывается, что приводит к общему истощению организма, которое постоянно восстанавливается в летние месяцы, достигая максимума в осенние месяцы. Сказанное четко прослеживается в составе молока (табл. 6)

Таблица 6 – Минеральный состав молока СХПК “ЭРЭЛ” Намского района

Элемент	Среднее содержание	Намский улус, СХПК “ЭРЭЛ”
Ca	1200	1833 ± 2.1
K	1460	2516 ± 3.1
Mg	140	163.5 ± 2.3
Na	500	479.6 ± 1.8
P	900	1259 ± 2.3
Al	0.50	0.37 ± 0.001
B	0.30	0.096 ± 0.004
Co	0.008	0.003 ± 0.00016
Cr	0.02	0.03 ± 0.0015
Fe	0.67	0.76 ± 0.07
I	0.09	0.09 ± 0.005
Li	0.19	0.0085 ± 0.0001
Mn	0.06	0.06122 ± 0.002
Ni	0.023	0.06445 ± 0.006
Se	0.020	0.0163 ± 0.001
Si	2.0	0.86 ± 0.04
Sn	0.15	0.00409 ± 0.00035
V	0.154	0.0028 ± 0.00034

Микроэлементы в молоке содержатся в очень малых количествах. Несмотря на малое количество, роль микроэлементов в питании велика. В таблице показаны результаты анализов микроэлементов. Половина показателей микроэлементов оказались ниже средних показателей. Различия, указанные в таблице в большей степени зависят, в первую очередь, от генотипа скота, а так же значительную роль в составе молока оказывает качество кормов, как стойловый, так и пастбищный периоды содержания. Важна сбалансированность минеральных веществ, как между собой, так и с другими питательными веществами.

Выявлены определенные различия по витаминному составу молока. Содержание витаминов напрямую зависит от сбалансированного кормления (табл. 7).

Таблица 7 – Витаминный состав молока по сезонам

Витамин	Сезон года			
	Зима ( $M \pm m$ )	Весна ( $M \pm m$ )	Лето ( $M \pm m$ )	Осень ( $M \pm m$ )
Каротин	$94.5 \pm 0.3$	$88.8 \pm 0.08$	$125.0 \pm 0.4$	$127.4 \pm 0.2$
Тиамин	$682.0 \pm 0.7$	$612.5 \pm 0.1$	$695.3 \pm 0.01$	$693.3 \pm 0.3$
Рибофлавин	$1361 \pm 0.9$	$1326.9 \pm 0.1$	$982.1 \pm 0.02$	$1328 \pm 1.03$
Витамин С	$7.0 \pm 0.05$	$7.5 \pm 0.3$	$5.6 \pm 0.4$	$6.2 \pm 0.08$
Витамин А	$181.0 \pm 0.04$	$172.5 \pm 0.7$	$358.4 \pm 0.8$	$314.2 \pm 0.4$

Если витамином А молоко богато в летние месяцы, то минимальное его содержание приходится в зимне-весенний период года. Уменьшение концентрации начинается уже с осенних месяцев с началом длительного стойлового содержания коров и снижением общего уровня и ухудшения типа кормления молочного скота.

В исследованных пробах молока богаче каротином летнее и осеннее время года. Более беден каротином молоко в весенние месяцы. Заметное снижение молока каротином и витамином А на прямую связано с дефицитом указанных элементов в зимнем рационе коров.

Содержание каротина зависит от способа и места хранения кормов. Он относится к нестойким каротиноидным пигментом и под воздействием кислорода воздуха, света, тепла, и других факторов может разрушаться. Неудовлетворительные условия хранения кормов в республике (под открытым небом), безусловно, отрицательно влияет на количественное уменьшение каротина в кормах, что напрямую снижает его в молоке коров.

Из таблицы 7 следует, что содержание витамина В<sub>1</sub> (тиамина) имеет особенность меньшей изменчивости по сезонам года.

Начиная с осени в пробах молока содержание витамина повышается и достигает максимальной концентрации в зимние и весенние месяцы. На микрофлору, синтезирующую рибофлавин, наиболее заметное влияние оказывает наличие протеина в кормовом рационе коров. Возможно, в наших

пробах молока снижение рибофлавинового состава молока связана с тем, что в хозяйствах, как правило, в летние месяцы повсеместно не скармливаются концентрированные корма. А зеленая масса пастбищ не в полной мере обеспечивает коров потребность в протеине и вызывает снижение концентрации рибофлавина в составе молока. При пастбищном содержании коров в условиях Якутии нельзя прекращать подкормку концентратом, создающего условие, способствующее развитию и активизации жизнедеятельности микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, которая синтезирует витамин В<sub>2</sub>.

Таким образом, указанные изменения состава молока вызваны изменением общего уровня и качества кормления коров к концу стойлового периода, в связи с этим общим истощением организма маточного поголовья. С выходом на пастбище в летнем молоке содержание питательных веществ повышается, что объясняется улучшением условий кормления и усилением обмена веществ организма животного [4].

Технологическая-техническая система мясомолочного производства подразумевает подбор оптимальных технологий и технических систем по каждой подсистеме, в рамках системы был сделан анализ мясомолочного производства в селе Партизан Намского района (рисунок).

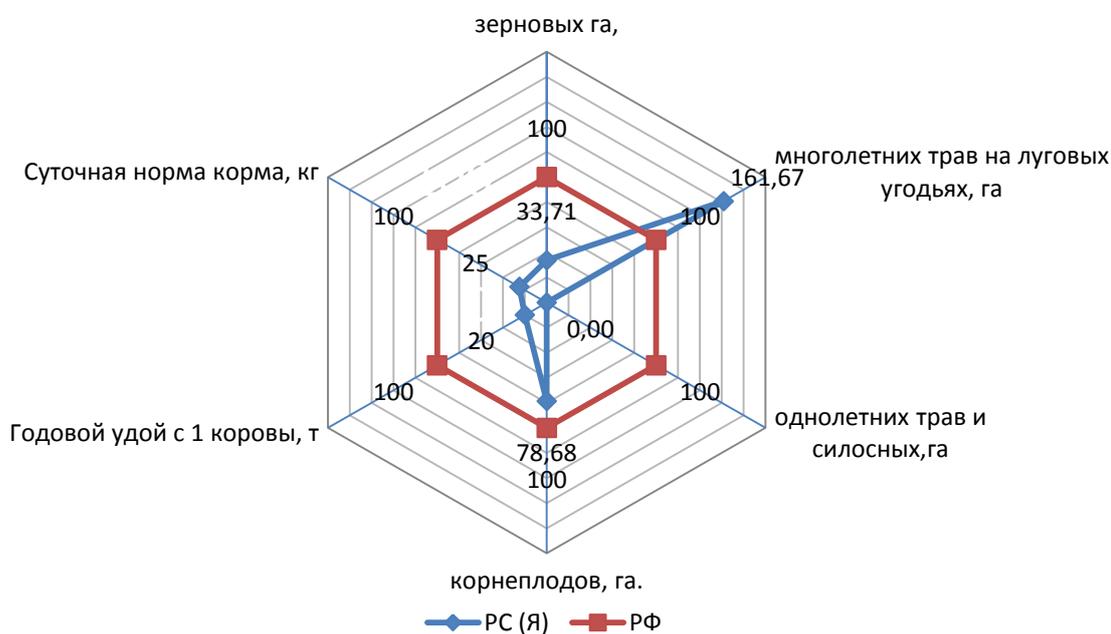


Рисунок – Системный анализ мясомолочного производства от нормативных, %

В селе Партизан площади зерновых, корнеплодов приходящиеся на одну условную голову КРС намного ниже нормативных, площади сенокосных угодий больше, но урожайность низкая. Удой с одной коровы в четыре раза ниже среднего удою по Российской Федерации. Норма корма снижена.

**Выводы.** 1. Сельскохозяйственные угодья соответствуют к разведению крупного рогатого скота.

2. Урожайность низкая, не проводятся мелиоративные работы по улучшению плодородности почвы.

3. Норма корма для дойных коров занижена, в рационе преобладает только грубые корма (рассыпное и прессованное сено).

4. Энергообеспеченность села низкая, в основном эксплуатируются мини трактора китайского производства.

5. В селе нет перерабатывающих предприятий, вся мясомолочная продукция сдается в СХПК “Эрэл” в районном центре.

6. Из-за нехватки корма качество молочной продукции ниже среднего, особенно зимой и весной.

#### Список литературы

1. Александров Н.П. Вопросы технолого-технической системы производства мясомолочной продукции // Н.П. Александров, В.П. Гуляев, И.Н. Матвеев // Матер. VIII Ларионовских чтений // Якутск: Изд. ООО “Сфера”, 2012. – 124 с.

2. Александров Н.П. Состояние инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) и перспективы развития / Н.П. Александров, И.Н. Матвеев // Сб. трудов Международ. НПК “Инженерно-техническое обеспечение регионального машиноиспользования и сельхозмашиностроения” // Благовещенск: ГНУ ДальНИИМЭСХ Россельхозакадемия, 2011. – С. 51 – 61.

3. Матвеев И.Н. Обоснование выбора технологии и состава машинно-тракторного агрегата с использованием коэффициента энергообеспеченности // И.Н. Матвеев, С.В. Щитов // Научное обозрение. – 2015. – С. 15 – 18.

4. Чугунов А. Ф. Производство и качество молочной и мясной продукции на рынке г. Якутска. / А.Ф. Чугунов, Н. К. Горохова (Гаврильева), М.Х. Малтугуева – Якутск: ООО “Издательство СФЕРА”, 2012. – 156 с.

5. Федеральная служба государственной статистики [сайт]. URL: [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakha/ru/statistics/](http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics/) (дата обращения: 19.03.2016).

#### References

1. Aleksandrov N.P. et all. *Voprosy tekhnologo-tekhnicheskoy sistemy proizvodstva myasomolochnoy produktsii* [Questions of the technological and technical system for the production of meat and dairy products]. Yakutsk, 2012, 124 p.

2. Aleksandrov N.P., Matveyev I.N. *Sostoyaniye inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Sakha (Yakutiya) i perspektivy razvitiya* [The state of engineering and technical support of the agro-industrial complex of the Republic of Sakha (Yakutia) and prospects for the development]. Blagoveshchensk, 2011, pp. 51 – 61.

3. Matveyev I.N., Shchitov S.V. *Obosnovaniye vybora tekhnologii i sostava mashinno-traktornogo agregata s ispol'zovaniyem koeffitsiyenta energoobespechennosti* [Substantiation of the choice of technology and the composition of the machine-tractor unit using the energy-supply ratio]. Nauchnoye obozreniye, 2015, pp. 15 – 18.

4. Chugunov A.F. et all. *Proizvodstvo i kachestvo molochnoy i myasnoy produktsii na rynke g. Yakutsk* [Production and quality of dairy and meat products in the market of Yakutsk]. Yakutsk, 2012, 156 p.

5. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal State Statistics Service]. URL: [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakha/ru/statistics/](http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics/) (data obrashcheniya: 19.03.2016).

**Сведения об авторах:**

**Александров Николай Петрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры, факультета. Якутская сельскохозяйственная академия (677007, Россия, г. Якутск, ул. Покровский тракт, 5 км, строение 3, тел. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Гаврильева Надежда Константиновна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Якутская сельскохозяйственная академия (677007, Россия, г. Якутск, ул. Покровский тракт, 5 км, строение 3, тел. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Климов Сергей Михайлович** – старший преподаватель Якутская сельскохозяйственная академия (677007, Россия, г. Якутск, ул. Покровский тракт, 5 км, строение 3, тел. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Матвеев Иван Николаевич** – кандидат технических наук, доцент Якутская сельскохозяйственная академия (677007, Россия, г. Якутск, ул. Покровский тракт, 5 км, строение 3, тел. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Information about authors:**

**Aleksandrov Nikolay P.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department, Faculty. Yakutsk State Agricultural Academy, (Bld. 3, 5 km, Pokrovsky tract, Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Gavrilieva Nadezhda K.** – Candidate of Agricultural Sciences, Ass. Professor, Yakutsk State Agricultural Academy, (Bld. 3, 5 km, Pokrovsky tract, Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Klimov Sergey M.** – Senior lecturer, Yakutsk State Agricultural Academy, (Bld. 3, 5 km, Pokrovsky tract, Yakutsk, Russia, 677007, tel. 9644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

**Matveev Ivan N.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor, Yakutsk State Agricultural Academy, (Bld. 3, 5 km, Pokrovsky tract, Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89644233822, 89245670630, e-mail: alenipet@mail.ru, alenipet@rambler.ru).

УДК 621.43.038.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА КОРПУСА РАСПЫЛИТЕЛЯ  
ФОРСУНКИ С ТОПЛИВОМ**

**С.В. Алтухов, С.Н. Шуханов**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г.Иркутск, Россия

Оценка работоспособности распылителей форсунок дизельных двигателей связана с их тепловым состоянием, которое может быть определено экспериментальным или расчётно-теоретическим методами. Экспериментальный метод связан со значительными затратами времени, средств. Требуется серьёзного вмешательства в конструкцию двигателя и не даёт полной картины теплового состояния распылителей, что особенно важно в наиболее опасных местах: в зоне распыливающих отверстий, в зоне запирающего конуса. Широкое распространение при решении подобных задач получил расчётно - теоретический метод исследования. В его основе часто используется анализ с помощью метода конечных элементов, позволяющий рассчитать тепловую напряжённость исследуемых деталей, величину и направление тепловых потоков [1]. Данный метод позволяет получить достоверные результаты при условии точного и обоснованного задания граничных условий теплообмена исследуемых деталей с прилегающими элементами.

*Ключевые слова:* распылители форсунок, теплонапряжённость, метод конечных элементов, теплообмен, топливо.

## INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER BODY SPRAY INJECTOR FUEL

Altukhov S.V., Shuhanov S.N.

Irkutsk State Agricultural University. A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Evaluation of performance spray nozzles of diesel engines Ass.d with their thermal state, which can be determined experimentally or settlement-theoretical methods. The experimental method is Ass.d with considerable expenditure of time, money. It requires a serious interference in the design of the engine and does not give a complete picture of the state of the thermal spray, which is particularly important in the most dangerous places: in the zone sprayer holes in the locking cone zone. Widespread in solving such problems received Settlement - theoretical method of research. It is based on commonly used analysis using finite element method, which allows to calculate the thermal tensions study pieces, the magnitude and direction of heat flow [1]. This method allows you to obtain reliable results provided accurate and informed the boundary conditions of heat exchange with the surrounding details of the test elements.

*Keywords:* sprayers nozzles teplonapryazhennost, finite element method, heat transfer, fuel.

Граничные условия описывают тепловое взаимодействие распылителя с окружающей средой. Различают граничные условия четырёх родов [1]. Граничные условия 1-го рода задают температуру на поверхности тела (распылителя). Граничные условия 2-го рода задают тепловой поток на поверхности. Граничные условия 3-го рода задают закон теплообмена поверхности с окружающей средой, то есть температуру среды и коэффициент теплоотдачи. Граничные условия 4-го рода задаются на границе раздела двух твёрдых тел, либо в виде удельного теплового потока, либо с помощью контактного термического сопротивления, величины обратной по смыслу коэффициенту теплоотдачи [1].

**Цель исследования.** Разработать методику определения граничных условий теплообмена по внутреннему контуру распылителя форсунки на примере дизельного двигателя 4Ч 11/12.5.

**Постановка задачи.** Конструкция распылителя форсунки представлена на рисунке 1. Внешний контур распылителя на поверхности *abcd* контактирует с цилиндрическими газами. Граничные условия на этом участке определялись в работе [1].

Задача исследования оценить условия теплообмена распылителя с топливом на внутреннем контуре *imoprsv*. Теплообмен распылителя с топливом во внутренних каналах происходит циклично и неравномерно. Это можно проиллюстрировать рисунком 2. Цикл процесса теплоотдачи от распылителя в топливо включает два периода: практически стационарный теплообмен при закрытом распылителе и второй период, соответствующий впрыскиванию топлива. В течение первого периода происходит конвективный теплообмен между распылителем и топливом на большей части внутреннего контура распылителя *imoprs* на рисунке 2. Одновременно наблюдается контактный теплообмен между корпусом распылителя и запирающей иглой на небольшом участке запорного конуса. В нижней части распылителя под

запорной иглой также происходит теплообмен между корпусом распылителя и оставшимся после впрыскивания топливом. Теплообмен здесь может происходить при изменении агрегатного состояния оставшегося топлива. В течение второго периода цикла происходит впрыскивание топлива с переменной скоростью и соответственно вынужденная конвекция между корпусом распылителя и движущимся топливом.

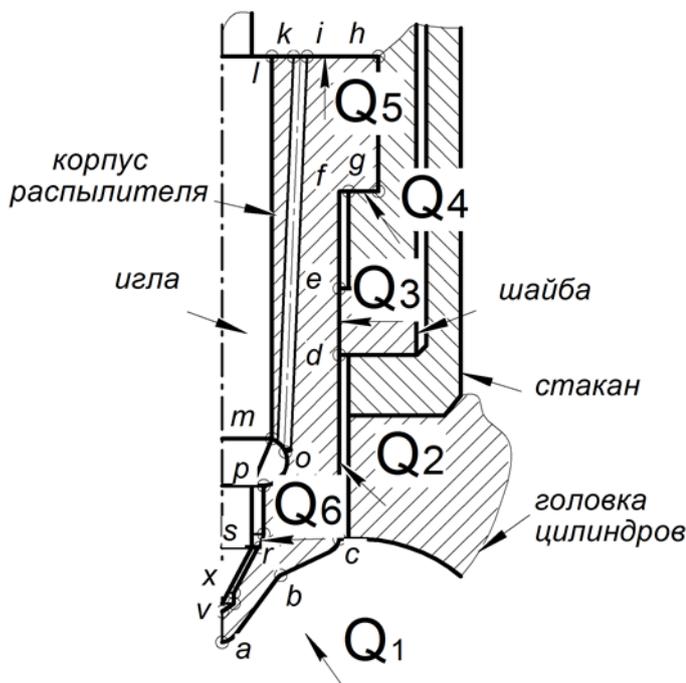


Рисунок 1 – Схема распылителя для определения граничных условий теплообмена.

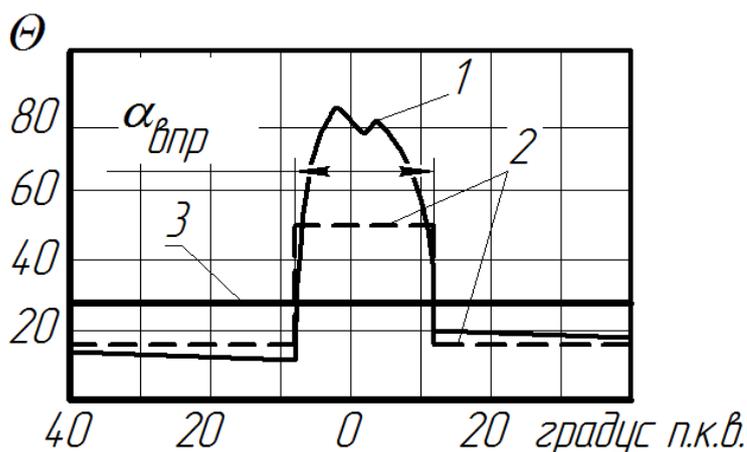


Рисунок 2 – Схема к расчёту коэффициента теплоотдачи от распылителя к топливу за цикл работы двигателя. 1 – изменение коэффициента теплоотдачи в течение цикла; 2 – средние значения коэффициента теплоотдачи при открытом и закрытом распылителе; 3 – среднецикловое значение коэффициента теплоотдачи;  $\alpha_{впр}$  – период впрыскивания.

Продолжительность периода впрыскивания топлива может составлять от 4 до 8 % времени цикла в зависимости от режима работы и других причин.

Скорость впрыскивания с учётом дифференциальной характеристики изменяется от 0 до максимальной (35000...70000 мм<sup>3</sup>/с) величины, зависящей от скоростного и нагрузочного режимов, конструкции топливного тракта и других параметров.

Учитывая, что в дизельном двигателе в секунду выполняется 15...20 циклов, а продолжительность цикла составляет 0.05...0.07 секунды. Тепловые процессы же характеризуются значительной инерционностью, поэтому процесс теплоотдачи будем считать квазистационарным.

Таким образом, задача сводится к определению среднецикловых значений коэффициента теплоотдачи и температуры топлива по всей длине проточной части распылителя.

Основные факторы, влияющие на процесс теплоотдачи от распылителя в топливо, следующие: физические свойства топлива и материала распылителя, форма и размеры проточной части, режимы работы, давление и температура топлива и т.д. Для одного режима работы функциональная зависимость коэффициента теплоотдачи от основных параметров может быть представлена в следующем виде.

$$\alpha = f\{\rho, C_p, \nu, \lambda, \beta, t_t, \Delta T, P_{ср}, P_o, P_{нвп}, n, g_u, A_{np}, d_{э}, l, R, h_u\} \quad (1)$$

Где:  $\rho, C_p, \nu, \lambda, \beta, t_t$  – группа характеристик топлива, соответственно: плотность, теплоёмкость, кинематическая вязкость, теплопроводность, коэффициент температурного расширения, температура;

$\Delta T$  – разность температуры топлива и стенок распылителя;

$P_{ср}, P_o, P_{нвп}$  – давление топлива, соответственно среднее при впрыскивании, остаточное после впрыскивания, начальное при впрыскивании;

$n$  – частота вращения коленчатого вала;

$g_u$  – цикловая подача топлива;

$A_{np}, d_{э}, l, R$  – геометрические параметры проточной части, соответственно: площадь сечения, эквивалентный диаметр, длина участка до рассчитываемой точки, радиус поворота потока;

$h_u$  – средняя высота подъёма иглы распылителя за время впрыскивания.

$$h_u = \frac{1}{\varphi_{вп}} \int_0^{\varphi_{вп}} h_{ит} d\varphi \quad (2)$$

Где  $\varphi_{вп}$  - продолжительность впрыскивания (градусы п.к.в.);

$h_{ит}$  – ход иглы распылителя текущий.

Рассчитаем среднецикловое значение коэффициента теплоотдачи в топливо по следующей зависимости:

$$\alpha = \frac{\alpha_e \cdot \varphi_{вп} + \alpha_e (360 - \varphi_{вп})}{360}, \quad (3)$$

Где  $\alpha_b$ ,  $\alpha_e$  - средние коэффициенты теплоотдачи в топливо соответственно при вынужденной конвекции (впрыскивание топлива) и естественной конвекции при закрытом распылителе (Вт/м<sup>2</sup>К);

На первом этапе определим коэффициент теплоотдачи в топливо при закрытом распылителе.

Для вычисления коэффициента теплоотдачи используем известные зависимости [2].

$$\alpha_e = \frac{Nu_e \cdot \lambda}{d_3}, \quad (4)$$

Где  $Nu_e$  – критерий Нуссельта естественной конвекции;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности топлива (Вт/м К);

$d_3$  – эквивалентный диаметр расчётного участка (м).

Критерий Нуссельта естественной конвекции определим как для узких каналов [2].

$$Nu_e = (0,52 \cdot Pr^{0,3} - 0,02 \cdot Pr^{-0,333}) Gr^{0,25} \cdot \beta_1, \quad (5)$$

где  $Pr$  – критерий Прандтля;

$Gr$  – критерий Грасгофа;

$\beta_1$  - поправочный коэффициент, учитывающий наклон поверхности теплообмена.

$$Pr = \frac{\rho \cdot c_p \cdot \nu}{\lambda}, \quad (6)$$

Где  $\rho$  – плотность топлива (кг/м<sup>3</sup>);

$c_p$  – теплоёмкость топлива (кДж/кг К);

$\nu$  – кинематическая вязкость топлива (мм<sup>2</sup>/с).

Плотность, теплоёмкость, кинематическая вязкость и теплопроводность топлива определяются с учётом увеличения температуры и давления в распылителе по эмпирическим зависимостям [4].

$$Gr = \frac{g \cdot d_3 \cdot \beta \cdot \Delta T}{\nu^2}, \quad (7)$$

$g$  – ускорение свободного падения (м/с<sup>2</sup>);

$\beta$  – коэффициент температурного расширения (К<sup>-1</sup>);

$\Delta T$  – средняя разность температур стенок и топлива (К).

Одновременно с естественной конвекцией на участке запорного конуса распылителя происходит контактный теплообмен. Коэффициент контактного теплообмена можно определить по рекомендации [3].

$$\alpha_k = \frac{\lambda_c}{\delta_3} + 8 \cdot 10^3 \cdot \lambda_m \left( \frac{P \cdot K}{3\sigma} \right)^{0,86}, \quad (8)$$

где:  $\lambda_c$  – теплопроводность топлива в контактном зазоре (Вт/м К);

$\delta_3$  – эквивалентная величина зазора (м);

$\lambda_m$  – приведённая теплопроводность материалов иглы и корпуса распылителя (Вт/м К);

$P$  – давление в зоне контакта (МПа);

$K$  – формфактор поверхности контакта ( $\text{мм}^{-1}$ );

$\sigma$  – предел прочности материала для менее прочной детали в контакте.

Количество теплоты, переданное в контакте равно:

$$Q_k = \alpha_k \cdot \Delta T_k \cdot A_k, \quad (9)$$

где:  $\Delta T_k$  – разность температуры поверхностей иглы и корпуса распылителя;

$A_k$  – площадь контакта ( $\text{м}^2$ ).

Формула позволяет рассчитать температурный скачок в контакте.

Коэффициент теплоотдачи в топливо во внутренней полости распылителя находящейся ниже запорного конуса рассчитать затруднительно, так как неизвестно количество оставшегося в носике распылителя топлива после впрыскивания и его состояние. В связи с незначительным объёмом полости под иглой (около  $0.8 \text{ мм}^3$ ) количество топлива, которое может остаться здесь после впрыскивания, не превышает  $0.5 \dots 1\%$  от цикловой подачи. Поэтому предлагаем принять коэффициент теплоотдачи на внутренней стенке носка распылителя ориентировочно, пропорционально объёму.

На втором этапе определим средние значения коэффициента теплоотдачи в топливо за время впрыскивания по формуле (4), используя вместо критерия Нуссельта естественной конвекции аналогичный критерий вынужденной конвекции. Предварительно найдём среднюю скорость топлива за время впрыскивания и критерий Рейнольдса.

$$V = \frac{Q_{cp}}{f}, \quad (10)$$

Где:  $Q_{cp}$  – средняя объёмная подача топлива ( $\text{мм}^3/\text{с}$ );

$f$  – площадь поперечного сечения проточной части распылителя ( $\text{мм}^2$ ).

$$Re = \frac{V \cdot d_3}{\nu}. \quad (11)$$

В зависимости от полученного значения критерия Рейнольдса выбираем формулу для расчёта критерия Нуссельта.

При турбулентном течении.

$$Nu_m = \frac{\xi}{8} \left( \frac{Pr \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_x \cdot \varepsilon_R \cdot Re}{1.07 + (900/Re) + 12.7 \sqrt{\xi/8} \cdot (Pr^{2/3} - 1)} \right), \quad (12)$$

где:  $\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления для рассчитываемого участка;

$\varepsilon_t$  – фактор направления теплового потока зависит от разности температуры стенки и топлива;

$\varepsilon_x$  – фактор гидродинамической стабилизации потока по длине участка;

$\varepsilon_R$  – фактор учитывающий поворот потока топлива;

В случае ламинарного движения топлива.

$$Nu_n = 4.36 \left( 1 + 0.032 \cdot \frac{d_2}{l} \cdot Re \cdot Pr^{0.833} \right)^{0.4} \cdot K_t, \quad (13)$$

По предлагаемой методике можно вычислить среднецикловые значения коэффициента теплоотдачи по всей длине проточной части распылителя с заданным шагом.

На следующем этапе нужно найти температуру топлива внутри распылителя, хотя в формулах приведённых выше температура топлива используется при определении характеристик плотности, вязкости, теплопроводности топлива. Поэтому на начальном этапе температура топлива задаётся на входе в распылитель ориентировочно по экспериментальным данным. Затем после первого варианта расчёта теплового состояния подогрев топлива на каждом участке проточной части распылителя можно уточнить по тепловому балансу.

$$\Delta t_i = \frac{Q_i \cdot \tau}{c_{p_i} \cdot g_u}, \quad (14)$$

Где:  $\Delta t_i$  – подогрев топлива на каждом участке и по всей длине проточной части (градусы);

$\tau$  – продолжительность цикла (с);

$c_{p_i}$  – средняя теплоёмкость топлива на рассчитываемом участке (Дж/кг К);

$g_u$  – цикловая подача топлива (кг/цикл).

**Результаты.** Разработанная методика определения граничных условий теплоотдачи от распылителя форсунки в топливо позволяет определять коэффициент теплоотдачи и температуру топлива по всей длине проточной части распылителя с учётом температуры и давления в распылителе.

**Вывод.** Результаты определения граничных условий теплоотдачи в топливо позволят повысить точность расчёта теплового состояния распылителей форсунок для дизельных двигателей и повысить их надёжность.

#### Список литературы

1. Алтухов С.В. Граничные условия теплообмена распылителя форсунки с цилиндрическими газами в дизельном двигателе 4Ч11/12.5 / С.В. Алтухов // Materialy XII Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Dynamika naukowych badan – 2016” Vol. 5. TECHNICZNE NAUKI.: Przemysl. Nauka i studia. С. 3 – 10.

2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление / С.С. Кутателадзе – М.: Энергоатомиздат, 1990. 367с.

3. Попов В.М. Теплообмен в зоне контакта разъёмных и неразъёмных соединений /

В.М. Попов – М.: Энергия, 1971. 216 с.

4. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник / Б.Н. Файнлейб – Л.: Машиностроение, 1990, 352 с.

#### References

1. Altuchov S.V. *Granichnye usloviya teploobmena raspylitelja forsunki s cilindrovymi gazami v dizel'nom dvigatele 4Ch11/12.5* [Boundary conditions for the heat exchange of the nozzle atomizer with cylinder gases in a diesel engine 4Ch11 / 12.5]. *Materialy XII Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji "Dynamika naukowych badan - 2016"* Vol. 5. *TECHNICZNE NAUKI.: Przemysl. Nauka i studia*, pp. 3 – 10.

2. Kutateladze S.S. *Teploperedacha i gidrodinamicheskoe soprotivlenie* [Heat transfer and hydrodynamic resistance]. Moscow, 1990, 367 p.

3. Попов В.М. *Teploobmen v zone kontakta raz#jomnyh i neraz#jomnyh soedinenij* [Heat exchange in the contact zone of detachable and non-detachable connections]. Moscow, 1971, 216 p.

4. Файнлейб В.Н. *Toplivnaja apparatura avtotraktornyh dizelej* [Fuel equipment of autotractor diesels]. Leningrad, 1990, 352 p.

#### Сведения об авторах:

**Алтухов Сергей Вячеславович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис и общинженерные дисциплины. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89500515275, e-mail: sergeialtuhov@bk.ru).

**Шуханов Станислав Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры технического обеспечения АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89086546032, e-mail: Shuhanov56@mail.ru).

#### Information about authors:

**Altukhov Sergey V.** – Candidate Technical Sciences, Ass. Professor of Technical Service and General Engineering Discipline. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500515275, e-mail: sergeialtuhov@bk.ru).

**Shuhanov Stanislav Nikolaevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Logistics APK. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086546032, e-mail: Shuhanov56@mail.ru).

УДК 631.354.2 – 192(571.53)

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА "ВЕКТОР 410" ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД

**В.А. Беломестных, П.И. Ильин, Д.М. Рожков**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье представлена оценка надежности элементов зерноуборочных комбайнов "Вектор 410", выпускаемых комбайновым заводом "Ростсельмаш", при эксплуатации в гарантийный период. Данные по отказам были получены из заказ-нарядов, составленных

специалистами ЗАО "Облагроснаб" в результате произошедших отказов, возникших у зерноуборочных комбайнов "Вектор 410" на уборке зерновых культур в хозяйствах Иркутской области. Под наблюдением находилось 19 комбайнов, по которым в период с 2011 по 2015 г. фиксировали отказы. Элементы комбайна были сгруппированы по функциональному признаку на три модуля. Рассмотрена структура возникновения отказов по элементам и модулям комбайна. Группа сложности отказов элементов определялась по трудоемкости его устранения. Выявлена динамика возникновения отказов по сгруппированным модулям с учетом уровня сложности. На основании проведенного анализа возникновения отказов предложены рекомендации по совершенствованию эксплуатации и повышению надежности элементов комбайна "Вектор 410" при уборке зерновых культур в гарантийный период.

*Ключевые слова:* надёжность, зерноуборочный комбайн, технический отказ, наработка, гарантийный период.

**ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF GRAIN CORNER ELEMENTS  
COMBINE "VECTOR 410" AT OPERATION  
IN THE GARNTIAN PERIOD**

**Belomestnykh V.A., Ilyin P.I., Rozhkov D.M.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

The article presents an assessment of the reliability of the elements of combine harvesters "Vector 410", produced by the Rostselmash combine harvester, during operation during the warranty period. The data on the failures were obtained from order-orders drawn up by the specialists of ZAO Oblagrosnab as a result of the failures that occurred at the grain harvesters Vector 410 harvesting grain crops in the farms of the Irkutsk region. Under supervision were 19 combines for which in the period from 2011 to 2015, fixed failures. The combine elements were grouped according to a functional feature into three modules. The structure of the appearance of failures in the elements and modules of the combine is considered. The group of complexity of failures of elements was determined by the laboriousness of its elimination. The dynamics of failures in the grouped modules is determined taking into account the level of complexity. On the basis of the analysis of the occurrence of failures, recommendations were proposed to improve the operation and increase the reliability of the elements of the "Vector 410" combine during harvesting of grain crops during the guarantee period.

*Key words:* reliability, grain harvester, technical failure, operating time, warranty period.

В последние годы в стране происходят серьезные изменения в АПК. Международные санкции заставили пересмотреть техническую политику в аграрной сфере. Отечественные заводы-изготовители выходят на новый уровень производства и эксплуатации зерноуборочных комбайнов. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы на территории Иркутской области предусматривает приобретение большого количества новой техники, в том числе зерноуборочных комбайнов [1]. Для этого необходима научно-обоснованная модернизация всей отрасли в использовании машинно-тракторного парка.

Поступающие в Иркутскую область зерноуборочные комбайны нуждаются в оценке параметров надежности элементов и сравнении эксплуатационной надежности комбайнов между собой. Комбайн "Вектор 410" изготавливается в ООО "Комбайновый завод "Ростсельмаш"

**Цель исследования** – оценка надежности элементов зерноуборочных комбайнов "Вектор 410" в гарантийный период эксплуатации сельскохозяйственными предприятиями Иркутской области, а также выявление у них конструктивных и технологических недостатков.

**Методика проведения анализа надежности элементов комбайна.** Рассмотрим зерноуборочный комбайн (ЗУК) как систему, которая состоит из достаточно большого количества элементов, и они находятся в тесной взаимосвязи между собой. Для оценки надежности работы элементов ЗУК сгруппируем их по заданным функциям выполнения основных операций на три модуля: технологический, энергетический и вспомогательный [2].

Технологический модуль отвечает за выполнение технологических операций по уборке зерновых культур. Этот модуль состоит из трех основных элементов, к которым относятся: жатвенная часть, молотилка, устройство для сбора незерновой части урожая (измельчитель или копнитель) [3].

Энергетический модуль объединяет элементы, которые предназначены для привода механизмов комбайна, движения по дорогам и маневрирования по полю. Состоит из моторной установки и ходовой части.

Вспомогательный модуль предназначен для управления механизмами комбайна с помощью гидросистемы и электрооборудования, в том числе площадки управления из кабины. Основные элементы этого модуля: гидросистема, площадка управления и электрооборудование.

Сложность возникших отказов классифицировали по трем группам. Группы сложности отказов определялись по фактической трудоемкости, полученной из заказ-нарядов, составленных специалистами ЗАО "Облагроснаб".

За период с 2008 по 2016 ЗАО "Облагроснаб" реализовало 93 комбайна "Вектор 410" в сельскохозяйственные предприятия Иркутской области. Комбайны эксплуатируются в районах, занимающихся выращиванием зерновых культур: Аларский, Баяндаевский, Боханский, Усольский, Куйтунский, Нукутский, Черемховский и др.

Наработка на отказ и трудоемкость восстановления работоспособности комбайна были получены из заказ-нарядов, составленных специалистами ЗАО "Облагроснаб", принятых под наблюдение 19 комбайнов "Вектор 410", за период с 2011 по 2015 годы.

**Обсуждение результатов.** В таблице 1 представлены данные по возникшим отказам у 19 комбайнов "Вектор 410" на уборке зерновых за период с 2011 по 2015 г. при эксплуатации в сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области в течение гарантийного периода. Отказы первой группы сложности не зафиксированы.

На рисунке 1 представлены результаты анализа отказов по модулям комбайна "Вектор 410" в процентном соотношении.

Анализируя значения, полученные в таблице 1 и представленные на рисунке 1, можно сделать некоторые выводы – наибольшее число отказов

приходится на технологический модуль 54.6 %, далее вспомогательный – 33.3% и на энергетический – 12.1%.

**Таблица 1 – Распределение отказов комбайна "Вектор 410" по модулям**

Модуль комбайна	Всего отказов	Число отказов по группам сложности, (%)		Общее число отказов, %
		2	3	
1 Технологический	18	7 (39)	11 (61)	54.6
2 Энергетический	4	3 (75)	1 (25)	12.1
3 Вспомогательный	11	4 (36)	7 (64)	33.3
Всего отказов – (%)	33 – (100)	14 – (42.4)	19 – (57.6)	100

Если рассматривать возникшие отказы по группам сложности, то в технологическом и вспомогательном модуле на отказы 3 группы приходится более 60%, это указывает на то, что надежность этих модулей требует серьезных конструктивных доработок.



**Рисунок 1 – Структура отказов комбайна "Вектор 410" по модулям**

В таблице 2 представлены данные по отказам элементов комбайна "Вектор 410" с учетом групп сложности и процентном соотношении в модуле.

**Таблица 2 – Распределение отказов комбайна "Вектор 410" по элементам**

Элементы комбайна по модулям	Всего отказов по модулям	Группа сложности отказов		Общее число отказов элементов, %
		2 группа	3 группа	
1 Технологический:	18	7	11	100
- жатвенная часть	-	7	4	61.1
- молотилка	-	0	3	16.7
- устройство для уборки незерновой части урожая (измельчитель)	-	0	4	22.2

Окончание таблицы 2

2 Энергетический:	4	3	1	100
- моторная установка	-	3	0	75
- ходовая часть	-	0	1	25
3 Вспомогательный:	11	4	7	100
- гидросистема	-	1	2	27
- площадка управления и электрооборудование	-	3	5	73
ВСЕГО	33	14	19	-

Анализируя результаты, представленные в табл. 2, следует отметить, что в технологическом модуле наибольшая доля отказов приходится на жатвенную часть – 61.1 %, молотильное-сепарирующее устройство (молотилка) – 16.7 % и на устройство для уборки незерновой части урожая – 22.2 %. В энергетическом модуле больше отказов приходится на моторную установку – 75 %, а на ходовую часть – 25 %. Наибольшую долю отказов во вспомогательном модуле приходится на площадку управления и электрооборудования – 73 %, на гидросистему 27 % (рис. 2).



Рисунок 2 – Структура отказов элементов комбайна по модулям

Для определения наработки наибольшего числа возникновения отказов при эксплуатации комбайна "Вектор 410" в гарантийный период проведем их анализ в динамике, представленной в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение отказов элементов комбайна "Вектор 410" по наработке

Модуль комбайна	Элементы комбайна	Наработка, мото-ч				
		0-100	101-200	201-300	301-400	401-500
Технологический	1 Жатвенная часть	5	2	2	1	1
	2 Молотилка	2	0	1	0	0
	3 Устройство для уборки незерновой части урожая (измельчитель)	3	1	0	0	0

Энергетический	4 Моторная установка	2	0	1	0	0
	5 Ходовая часть	0	0	1	0	0
Вспомогательный	6 Гидросистема	2	0	0	0	1
	7 Площадка управления и электрооборудование	5	2	1	0	0
	ВСЕГО ОТКАЗОВ	19	5	6	1	2
	2 группа сложности	6	2	3	1	2
	3 группа сложности	13	3	3	0	0

На рисунке 3 представлена динамика отказов элементов комбайна "Вектор 410" при эксплуатации в гарантийный период с учетом групп сложности.

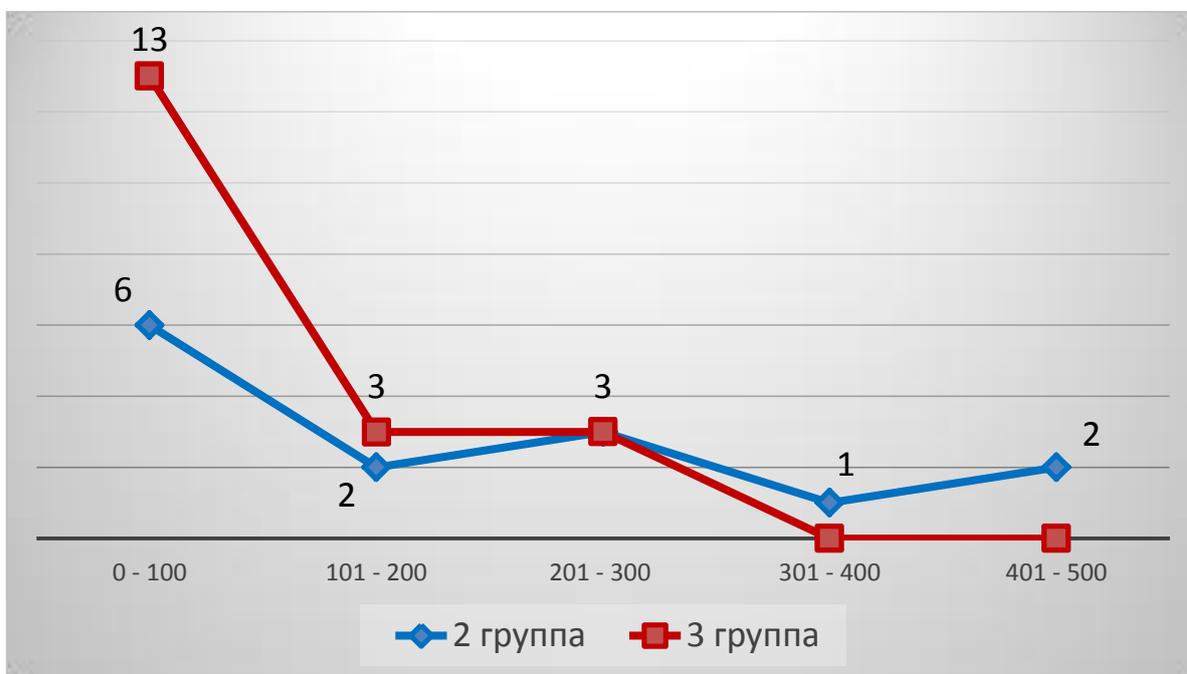


Рисунок 3 – Динамика отказов элементов комбайна "Вектор 410" по группам сложности

Судя по результатам, полученным в таблице 3 и представленных на рисунке 3, можно сделать следующие выводы.

Наибольший поток отказов наступает в начальный период эксплуатации комбайна – до 100 мото-ч. Эта ситуация может возникнуть по причинам: конструктивных недоработок, нарушении технологий производства завода-изготовителя, нарушение правил эксплуатации в период обкатки.

Наибольшее число отказов приходится на технологический модуль, а конкретно – на жатвенную часть. Необходимо конструктивно усовершенствовать данный элемент комбайна.

В энергетическом модуле в основном все отказы приходятся на начало эксплуатации. Такая ситуация может возникнуть при недостаточной

приработке элементов моторной установки.

Во вспомогательном модуле так же, как и указанных выше, наибольшая доля отказов (64 %) приходится на начальный период эксплуатации. Высокий процент отказов (73 %) элементов площадки управления и электрооборудования указывает на конструкторские недоработки. Элементы гидросистемы отказывают в период эксплуатационной обкатки комбайна "Вектор 410".

Анализируя динамику отказов с учетом групп сложности (трудоемкости) их устранения, можно сделать вывод, что наибольшая доля трудоемких отказов приходится на период ввода комбайна в эксплуатацию до 100 мото-ч.

**Выводы.** 1. Для комбайнов "Вектор 410" требуется усовершенствовать эксплуатационную обкатку всех модулей при вводе в эксплуатацию.

2. Заводу-изготовителю обратить особое внимание на конструкцию жатвенной части в связи с тем, что элементы этого модуля отказывают после приработки постоянно.

3. Площадка управления и электрооборудование комбайна "Вектор 410" имеют высокий процент отказов (24 %). Требуется доработка в плане надежности системы электрооборудования и управления элементами комбайна.

4. Необходим системный подход к организации обучения и аттестации комбайнеров и обслуживающего персонала.

#### Список литературы

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [текст]: постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. - №717. – М. – 364 с.

2. Беломестных В.А. Надежность зерноуборочных комбайнов "ACROS 580" при эксплуатации в условиях Иркутской области / В.А. Беломестных, В.М. Первалов, Л.В. Лосев // Вестник ИрГСХА. – 2017. – Вып. 79. – С. 92 – 98.

3. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-101 "Вектор". / Каталог деталей и сборочных единиц РСМ-101 КДС. – Ростов-на-Дону: Ростсельмаш, 2005. – 300 с.

#### References

1. *Gosudarstvennaja programma razvitija sel'skogo hozjajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozjajstvennoj produkcii, syr'ja i prodovol'stvija na 2013 – 2020 gody* [State program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food for 2013-2020]: posta-novlenie Pravitel'stva RF ot 14 ijulja 2012 g. - № 717, Moscow, 364 p.

2. Belomestnyh V.A. et all. *Nadezhnost' zernouborochnyh kom-bajnov "ACROS 580" pri jekspluatácii v uslovijah Irkutskoj oblasti* [Reliability of grain harvesters "ACROS 580" in operation in the Irkutsk region]. Vestnik IrGSHA, 2017, no. 79, pp. 92 – 98.

3. *Kombajn zernouborochnyj samohodnyj RSM-101 "Vektor"* [Combine grain self-propelled RSM-101 "Vector"]. Katalog detalej i sbo-rochnyh edinic RSM-101 KDS, Rostov-na-Donu, 2005, 300 p.

#### Сведения об авторах:

**Беломестных Владимир Афанасьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры Технический сервис и общепрофессиональные дисциплины инженерного факультета. Иркутский

государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89086413239, e-mail: belomestnyhv@mail.ru).

**Ильин Петр Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и производственного обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89025191511, e-mail: ipi.academy@mail.ru).

**Рожков Дмитрий Михайлович** – кандидат технических наук. Восточно-Сибирский институт МВД РФ (664038, Россия, Иркутск, ул. Баумана 291/1 - 35, тел., 83952237431 e-mail: drive-er@yandex.ru).

#### **Information about authors:**

**Belomestnykh Vladimir A.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Service and General Engineering Disciplines of the Faculty of Engineering. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086413239, e-mail: belomestnyhv@mail.ru).

**Ilyin Petr I.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department Operation of the Machine and Tractor Fleet, Life Safety and Production training of the Faculty of Engineering. Irkutsk State Agrarian University (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025191511, e-mail: ipi.academy@mail.ru).

**Rozhkov Dmitry M.** – Candidate of Technical Sciences. East-Siberian Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation (291/1 – 35, Bauman St., Irkutsk, Russia, 664038, tel. 83952237431 e-mail: drive-er@yandex.ru).

УДК 621.396

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ УРОЖАЯ**

**П.А. Болоев, А.И. Аносова, Е.В. Елтошкина, Г.Н. Поляков**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Эффективная эксплуатация зерноуборочного комбайна позволяет повысить культуру обслуживания, подготовку поля и соблюдать оптимальный режим работы всех систем. Периодичность проверки состояния систем, его техническое обслуживание и прогнозирование состояния при использовании теории марковских процессов позволит снизить производительные расходы и простои техники, повысить эффективность диагностики и технического обслуживания, а также прогнозировать состояние систем всей машины. Марковские процессы в статье используются для описания определенного класса систем при изучении проблемы проверки, ремонта и замены отказавших элементов.

*Ключевые слова:* зерноуборочный комбайн, техническое обслуживание, математический алгоритм, марковский процесс, прогнозирование.

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF SYSTEMS OF COMBINE HARVESTER TO REDUCE CROP LOSSES**

**Boloev P.A., Anosova A.I., Eltoshkina E.V., Polyakov G.N.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Effective operation of the combine harvester allows to increase the service culture, field preparation and to observe the optimal operating mode of all systems. Periodicity of checking the state of systems, its maintenance and forecasting of the state using the theory of Markov processes will reduce production costs and downtime of equipment, improve the efficiency of diagnostics and maintenance, and also predict the condition of the entire machine's systems. Markov processes are used to describe a certain class of systems when studying the problem of checking, repairing and replacing the failed elements. Modern systems for diagnosing and forecasting residual resources are supplemented taking into account the effect of field preparation, climatic and zonal operating conditions, but not only operating modes and patterns of wear of parts.

*Keywords:* combine harvester, maintenance, mathematical algorithm, Markov process, forecasting.

Зерноуборочные комбайны зависят от оптимальной работы всех систем, обеспечивающих снижение потерь урожая. Все системы комбайна, включая двигатель, ходовую систему, жатку, молотилку, соломотряс, очистку представляют собой сложные системы. Эти сложные системы могут находиться в одном из множеств возможных состояний. Каждое такое состояние системы может быть описано указанием множества работоспособных элементов.

**Целью** работы является обеспечение готовности и работоспособности зерноуборочного комбайна путем уменьшения простоев при диагностике и ТО из-за не учета необходимого элемента системы.

**Задачи:** изучить влияние математического аппарата теории марковских процессов при эксплуатации зерноуборочного комбайна, оценки потерь зернового урожая и эффективности диагностики, технического обслуживания и прогнозирования состояния систем всей машины.

**Методика исследования.** Выбор зерноуборочных комбайнов в качестве объектов исследования обосновывался тем, что: во-первых сельскохозяйственные машины в настоящее время должны быть использованы массово, поэтому по ним может быть получен значительный эффект от реализации результатов работы и повышения урожайности; во-вторых, полученные модели могут стать прототипами для исследования другой сельскохозяйственной техники. Этим требованиям отвечают трактора. В работе использованы методы математического аппарата теории марковских процессов.

**Обсуждение результатов.** При техническом обслуживании в первую очередь обращают внимание на работу двигателя комбайна. Алгоритм технического обслуживания позволяет проследить за состоянием всех элементов систем комбайна. Надежность и работоспособность всех элементов систем подчиняется нормальному закону распределения.

По результатам наших исследований [2] двигатели в условиях сельскохозяйственной эксплуатации работают по закону одностороннего нормального распределения на регуляторной и корректурной ветвях характеристики. При этом доля работы двигателя на регуляторной характеристике составляет примерно 75 %, а на корректурной – 25 %. Неравномерность колебаний частоты вращения коленчатого вала двигателя

комбайна составляет  $10 - 300 \text{ мин}^{-1}$ . Такая нестабильность вращения коленвала двигателя приводит к нестабильности работы всех систем машины [3].

К этому добавляют атмосферные условия при выполнении работы – температура, влажность и колебание давления воздуха, неровности поля – подъемы, спуски, наличие ухабов, боковой уклон поля и т. п.

Поэтому состояние перехода системы из одного вида в другое зависит лишь от её настоящего состояния. Каждый из элементов системы может быть хорошо описан марковским процессом [1].

Марковские процессы имеют конечное число состояния при дискретном и непрерывном времени. Полумарковские процессы – это объединение теории восстановления и теории марковских процессов. Эти процессы могут быть использованы для описания определенного класса систем при изучении проблемы проверки, ремонта и замены отказавших элементов.

По экспериментальным данным исследования состояния комбайна в определенные моменты времени можно смоделировать процесс безотказной работы машины с учетом внешних факторов, технического сервиса.

Дискретный вероятностный процесс  $\{X(t); t = 0, 1, \dots\}$  или непрерывный случайный процесс  $\{X(t); t \geq 0, 1\}$ , называется марковским, если для любой последовательности моментов времени  $t_1 < t_2 < \dots < t_n$  и для любых чисел  $x_1, x_2, \dots, x_n$  можно записать

$$\begin{aligned} P[X(t_n) \leq X_n | X(t_1) = x_1, \dots, X(t_{n-1}) = X_{n-1}] \\ = P[X(t_n) \leq X_n | X(t_{n-1}) = x_{n-1}]. \end{aligned} \quad (1)$$

Марковские процессы с дискретным временем задаются последовательностью дискретных случайных величин

$$\{X(t_n)\}_{n=1}^{\infty}. \quad (2)$$

Марковский процесс определяется, если заданы все переходные вероятности, т. е. условные вероятности перехода в момент величины  $n$  из состояния  $i$  в состояние  $j$  ( $i, j = 0, 1, 2, \dots, m$ ):

$$P_{ij}^{n, n+1} = P[X(n+1) = j | X(n) = i]. \quad (3)$$

Принятые величины  $p_{ij}$  представляют в виде матрицы  $P = (p_{ij})$ , называемой матрицей переходных вероятностей марковского процесса. Величины  $p_{ij}$  удовлетворяют следующим условиям:

$$P_{ij} \geq 0, \sum_{j=0}^m P_{ij} = 1, i, j = 0, 1, \dots, m. \quad (4)$$

Среднее число шагов, необходимых для первого достижения состояния  $j$ , начиная из состояния  $i$  за  $n$  шагов и т.д. могут быть представлены как функции от матрицы  $P$ . Количество шагов случайной величины обозначим через  $Y_{ij}$ . Пусть, далее  $M = (m_{ij})$ , где  $m_{ij} = E[Y_{ij}]$  – среднее время до первого попадания из состояния  $i$  в состояние  $j$ . При этом  $m_{ij}$  удовлетворяет уравнению типа восстановления:

$$m_{ij} = \sum_{k \neq j} P_{ik}(m_{kj+1}) + P_{ij}, \quad (5)$$

или в матричной записи

$$M = P(M - M_{dg}) + E, \quad (6)$$

где  $M_{dg}$  – образованна из матрицы  $M$  путем замены недиагональных элементов нулями;

$E$  – единичная матрица, все элементы которой равны единице.

Для нахождения решения для матрицы  $M$  используем известную фундаментальную матрицу для эргодических марковских процессов:

$$Z = [I - (P - \Pi)]^{-1}, \quad (7)$$

где  $I$  – единичная матрица, главные диагональные элементы равны единице, а недиагональные элементы равны нулю;

$\Pi$  – матрица начального состояния системы.

Матрица  $M$  определяется как

$$Z = [I - Z + EZ_{dg}]D, \quad (8)$$

где  $D = (d_{ij})$  и  $d_{ii} = 0, i \neq j$ ;

$Z_{dg}$  – матрица образованна из матрицы  $Z$  путем замены недиагональных элементов нулями.

Дисперсия числа шагов до первого попадания вычисляется

$$W = \{E[Y_{ij}^2]\},$$

$$W = M(2Z_{dg}D - I) + 2[ZM - E(ZM)_{dg}]. \quad (9)$$

Интенсивность отказов системы такой сложной мощности, как зерноуборочный комбайн, по данным ранее выполненных работ будет случайной функцией. Поэтому мы считаем, что использование математического аппарата теории марковских процессов правомочно.

Современные системы диагностирования и прогнозирования остаточных ресурсов должны быть дополнены с учетом влияния подготовки поля, климатических и зональных условий эксплуатации, а не только режимов работы и закономерности изнашивания деталей.

**Выводы.** Использование математического аппарата теории марковских процессов позволяет более эффективно эксплуатировать зерноуборочный комбайн, снизить потери зернового урожая и повысить эффективность диагностики, технического обслуживания и прогнозирования состояния систем всей машины.

#### Список литературы

1. Барлоу З.Р. Математическая теория надежности / З.Р. Барлоу, Ф. Прошан // М.: Советское радио, 1969. – 488 с.
2. Болоев П.А. Повышение эффективности использования трактора в составе с. - х. МТА путем стабилизации циклов подачи топлива / П.А. Болоев: Дис. на соиск. уч. степени кандидат технических наук, Челябинск, 1984. – 169 с.
3. Поляков Г.Н. Оптимизация режимов обмолота хлеба массы на стационаре / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, П.А. Болоев // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. - № 11. – С. 40 – 52.

**References**

1. Barlow Z.R. *Mathematical theory of reliability* [Mathematical Reliability Theory]. Moscow, 1969, 488 p.
2. Boloev P. A. *Improving the efficiency of use of the tractor in the composition of agricultural MTA through the stabilization cycle fuel* [Increasing the efficiency of using a tractor in the structure of. agricultural MTA by stabilization of fuel supply cycles.]. Chelyabinsk, 1984, 169 p.
3. Polyakov G.N. *Optimization of threshing bread mass at the hospital* [Optimizing the modes of threshing bread mass stationary]. Tractors and agricultural cars, 2014, no. 11, pp. 40 – 52.

**Сведения об авторах:**

**Аносова Анна Иннокентьевна** – кандидат технических наук, старший преподаватель, магистрант кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89246023783, e-mail:a.anosova@yandex.ru).

**Болоев Петр Антонович** – доктор технических наук, профессор кафедры технического обеспечения в АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89500801880, e-mail:boloev.pioter.irgch@yandex.ru).

**Елтошкина Евгения Валерьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры математики, магистрант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89526193024, e-mail: eev\_baikal2005@mail.ru).

**Поляков Геннадий Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения в АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgch@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Anosova Anna I.** – Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, Master of Science of the Department of Technical Service and General Engineering Disciplines. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89246023783, e-mail:a.anosova@yandex.ru).

**Boloev Petr A.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Support in the Agroindustrial Complex. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgch@yandex.ru).

**Eltoshkina Evgenia V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Mathematics, Master of Science of the Department of Operation of the Machine and Tractor Park, Safety of Life and Vocational Training. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89526193024, e-mail: eev\_baikal2005@mail.ru).

**Polyakov Gennady N.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Support in the Agroindustrial Complex. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgch@yandex.ru).

УДК 631.33.022

## К ВОПРОСУ ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН РАПСА РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ

**А.А. Бричагина, В.В. Пальвинский, Б.Н. Орлов**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Важная роль в получении высококачественного урожая рапса принадлежит посеву, произведенному при строгом соблюдении агротехнических требований. В статье показана возможность использования для посева семян рапса зернотукотравяных сеялок. Перспективным является применение посевных машин, оборудованных высевающей системой с дозаторами, рабочий орган которых совершает колебательные движения. С целью установления режимов работы высевающих аппаратов, при которых обеспечивается высев рапса в пределах норм, принятых в Восточной Сибири, и определения качественных показателей работы, были проведены лабораторные исследования. Установлено, что по сравнению с катушечными высевающими аппаратами дозатор с рабочим органом, совершающим колебательные движения, практически не повреждает семена, позволяет более точно установить требуемую норму, обеспечивает устойчивый высев и равномерное распределение семян между рядками.

*Ключевые слова:* рапс, высевающий аппарат, неустойчивость общего посева, неравномерность посева.

## TO THE QUESTION OF DOSING OF RAPESEED BY DIFFERENT TYPES OF SEEDING MACHINES

**Brichagina A.A., Paljvinsky V.V., Orlov B.N.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

An important role in obtaining high quality crop of rapeseed belongs to sowing, produced in strict compliance with agrotechnical requirements. The article shows the possibility of using seed drills for seeding rapeseed. Prospective is the use of sowing machines equipped with a sowing system with batchers, the working organ of which performs oscillatory movements. Laboratory studies were carried out in order to establish the operating modes of the sowing machines, in which rape seeding is ensured within the limits of the norms adopted in Eastern Siberia and the determination of qualitative performance indicators. It was determined that in comparison with the coil seeders, the dispenser with a working organ that performs oscillatory movements practically does not damage seeds, allows more precise setting of the required norm, ensures stable sowing and uniform seed distribution between rows.

*Keywords:* rape, sowing apparatus, instability of general sowing, unevenness of sowing.

В настоящее время в Восточной Сибири увеличивается количество площадей, занятых под рапсом, выращиваемого с целью получения семян и кормов. Важная роль в получении высококачественного урожая принадлежит посеву, произведенному при строгом соблюдении агротехнических требований: соблюдении заданной нормы посева, отсутствии повреждений семян, равномерности размещения семян по площади и по глубине. Особенностью при посеве рапса является малая норма посева - 2...3.5 млн. шт./га (8...12 кг/га) и небольшая глубина заделки семян - 1.5...2.5 см.

Для высева мелкосеменных культур применяются катушечные высевающие аппараты различных конструкций: с прямыми, винтовыми, разновеликими желобками (с крупными желобками для дозирования зерновых и зернобобовых культур, мелкими - для мелкосемянных культур) и т. д. [3].

Существующие конструкции катушечных высевающих аппаратов хорошо исследованы, их основными недостатками являются повреждение и неравномерность высева. Так, при дозировании семян катушкой с винтовыми желобками происходит смещение их к боковине корпуса высевающего аппарата, вследствие чего увеличивается травмирование. В высевающих аппаратах с катушками, имеющими разновеликие желобки, при попадании мелких семян в крупные желобки наблюдается неравномерность высева и увеличение расхода семян [5].

В регионе для посева масличных мелкосемянных культур используются зерновые сеялки семейства СЗ. Данные сеялки не могут обеспечить высев с необходимой нормой даже при минимальной длине рабочей части катушки и наименьшей частоте вращения вала высевающих аппаратов, вследствие чего возникает значительный перерасход семян.

**Одним из возможных путей решения проблемы** высева семян рапса, является использование имеющихся в регионе зернотукотравяных сеялок СЗТ-3.6А. В этом случае, для высева семян должен использоваться травяной бункер с катушечными высевающими аппаратами, диаметр катушки которых 30 мм.

**Объекты и методы.** С целью установления режимов работы высевающих аппаратов, при которых обеспечивается высев семян рапса в пределах норм, принятых в Восточной Сибири, и определения качественных показателей работы аппарата были проведены лабораторные исследования. Исследования проводились по стандартным методикам [4].

В результате установлено, что норма высева рапса 8...12 кг/га обеспечивается при передаточных отношениях привода вала высевающих аппаратов от опорно-приводного колеса сеялки  $i = 0.160$  и  $i = 0.268$ , предусмотренных механизмами регулирования сеялки для высева трав. Длина рабочей части катушки при малом передаточном отношении составляет 14...20 мм, а при большом – 10...12 мм. При настройке катушечных высевающих аппаратов на заданную норму необходимо, чтобы длина рабочей части катушки была максимально возможной, а частота вращения вала аппаратов минимальной, поэтому качественные показатели оценивались при  $i = 0.160$ .

В качестве оценочных показателей работы высевающих аппаратов были выбраны:

1.  $N_1$  – коэффициент неустойчивости общего высева (оценивает постоянство, то есть стабильность высева семян всеми работающими аппаратами во времени в соответствии с заданной нормой высева), %;

2.  $N_2$  – коэффициент неравномерности высева между аппаратами (характеризует способность высевающих аппаратов подавать в единицу времени одинаковое количество семян в каждый из засеваемых рядков), %.

Нормативные документы не регламентируют данные показатели при высеве масличных культур. На практике стремятся получить их наименьшее значение.

Выявлено, что при норме 8...12 кг/га величина коэффициента неустойчивости общего высева  $N_1$  не превышает 5.6 %, величина коэффициента неравномерности высева между отдельными высевающими аппаратами  $N_2$  – менее 8.0 %.

Перспективным является применение при посеве семян масличных культур посевных машин, оборудованных электронной высевающей системой с дозаторами, рабочий орган которых совершает колебательные движения. Эффективность функционирования данной дозирующей системы зависит от используемых режимов работы [2].

При этом можно изменять следующие параметры настройки:

- “Код семян”. Код семян – начальный угол открытия затвора дозатора, изменяется в пределах 0...18 ед.

- “Амплитуда”. Амплитуда – максимальная площадь открытия выходного отверстия дозатора, изменяется в пределах 03...31 ед.

- “Время”. Время – период открытого состояния затвора дозатора, изменяется в пределах 0...40 ед.

- “Делитель”. Делитель предназначен для кратного уменьшения количества импульсов датчика движения, изменяется в пределах 1...8.

Дозаторы оснащены шибером, который перекрывает отверстие прохода семян из бункера и имеет четыре положения.

**Экспериментальная часть.** Проведенные поисковые эксперименты позволили определить режимы работы аппарата при высеве семян рапса, при которых обеспечивается норма высева, принятая в регионе: положение шибера – III, “Код семян” – 06, “Амплитуда” – 2...6, “Время” – 4...6, “Делитель” – 1.

В результате теоретических и экспериментальных исследований выявлено, что данный аппарат практически не повреждает семена, позволяет установить требуемую норму, обеспечивает равномерное распределение высеваемого материала между семяпроводами. При дозировании семян рапса отклонение фактической нормы высева от заданной составило 1.7 % [1].

Исходя из этого, в качестве параметра для лабораторных экспериментов был выбран коэффициент неустойчивости общего высева  $Y_1 = N_1$ . В качестве факторов рассматривались:

1.  $X_1 = H$  – высота материала в бункере, м.
2.  $X_2 = A$  – амплитуда колебаний затвора, ед.
3.  $X_3 = B$  – время открытого состояния затвора, ед.

**Результаты и их обсуждение.** В результате обработки экспериментальных данных получено регрессионное уравнение оценочного

показателя при высеве семян рапса:

$$Y_2 = -0.213X_2 - 0.576X_3 . \quad (1)$$

В данной модели наиболее значимым оказалось время открытого состояния затвора, коэффициент при названном факторе составляет 0.576. Также значима амплитуда колебаний затвора, коэффициент при этом факторе – 0.213. Коэффициенты при всех членах имеют отрицательный знак, это говорит о том, что с увеличением значений факторов, величина коэффициента неустойчивости посева снижается. Высота материала в бункере влияния на величину коэффициента неустойчивости общего посева не оказала.

Адекватность полученных моделей проверяли с использованием критерия Фишера. По результатам проверки модель признана адекватной. Значимость каждого коэффициента оценивали по t-критерию Стьюдента. Уровень значимости всех критериев – 0.05.

При раскодировании уравнения получили математическую модель оценочного показателя посевающего аппарата с переменными, представленными в натуральной форме. Модель позволяет определить значение коэффициента неустойчивости общего посева при любых значениях факторов в исследуемой области определения.

$$N_1 = 57.256 - 4613.126A - 3.278B . \quad (2)$$

В результате анализа данных и регрессионных моделей были установлены оптимальные режимы работы аппарата при высеве семян рапса с показателем, характеризующим неустойчивость общего посева, имеющим наименьшее значение (табл. 1).

Таблица 1 – Оптимальные режимы работы аппарата при высеве семян рапса

Норма посева, кг/га	Режимы работы			Коэффициент неустойчивости общего посева $N_1$ , %
	H, м	A, ед.	B, ед.	
8	0.4	2	5	3.4
10	0.4	3	4	2.1
12	0.4	4	5	2.0

**Выводы.** 1. В результате проведенных исследований установлено, что одним из возможных путей решения проблемы посева семян рапса является использование имеющихся в регионе сеялок СЗТ-3.6А.

2. Перспективным является использование для посева рапса и других мелкосемянных культур посевных машин, оборудованных электронной посевающей системой с дозаторами, рабочий орган которых совершает колебательные движения.

3. Выявлено, что, по сравнению с катушечными посевающими аппаратами, данный дозатор практически не повреждает семян, позволяет более точно установить требуемую норму, обеспечивает устойчивый посев и равномерное распределение семян между рядками.

**Список литературы**

1. *Бричагина А.А.* Повышение эффективности работы высевающего аппарата зерновой сеялки / *А.А. Бричагина*: Автореф. дис. на соиск. уч. степени кандидат технических наук – Красноярск, 2008. – 21 с.
2. *Бричагина А.А.* Высевающий аппарат с микропроцессорным управлением (Рекомендации по настройке на норму высева) / *А.А. Бричагина, В.К. Евтеев, Б.Н. Орлов* – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2008. – 18 с.
3. *Бычков И.В.* Анализ конструкций высевающих аппаратов катушечного типа для высева мелкосеменных культур / *И.В. Бычков* // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. Том II. // Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – С. 91 – 94.
4. ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний // М.: Стандартинформ, 2008. – 125 с.
5. *Кувайцев В.Н.* Влияние типа высевающего аппарата на равномерность высева мелкосемянных масличных культур / *В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин, С.П. Лысый* // Матер. конф. – "Образование, наука, практика: инновационный аспект". Том II // Пенза: ПГСХА, 2015. – С. 12 – 14.

**References**

1. Brichagina A.A. *Povyishenie effektivnosti raboty vyisevayuschego apparata zernovoy seyalki* [Increasing the efficiency of the seeder]. Cand. Dis. Thesis, Krasnoyarsk, 2008, 21 p.
2. Brichagina A.A. *Vyisevayuschiy apparat s mikroprotsessornyim upravleniem (Rekomendatsii po nastroyke na normu vyiseva)* [Sowing machine with microprocessor control (Recommendations for tuning to the seed rate)]. Irkutsk, 2008, 18 p.
3. Byichkov I.V. *Analiz konstruktsiy vyisevayuschih apparatov katushechnogo ti-pa dlya vyiseva melkosemennyykh kultur* [Analysis of the designs of sowing units for seeding small seeds]. Penza, 2011, pp. 91 - 94.
4. GOST 31345-2007. *Seyalki traktornyye. Metodyi ispyitaniy* [Seeders tractor. Test methods]. Moscow, 2008, 125 p.
5. Kuvaytsev V.N. *Vliyanie tipa vyisevayuschego apparata na ravnomernost vyiseva melkosemyannykh maslichnykh kultur* [Influence of the type of sowing device on the uniformity of seeding of small-seed oil-bearing crops]. Penza, 2015, pp. 12-14.

**Сведения об авторах:**

**Бричагина Анастасия Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89500624935, e-mail: abrichagina@yandex.ru).

**Пальвинский Виктор Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89025449794, e-mail: abrichagina@yandex.ru).

**Орлов Борис Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89500624935, e-mail: abrichagina@yandex.ru).

А где Пальвинский?

**Information about authors:**

**Brichagina Anastasia A.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Support of the AIC of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named

after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500624935, e-mail: abrichagina@yandex.ru).

**Pal'vinskiy Victor V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Support of the AIC of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500624935, e-mail: abrichagina@yandex.ru).

**Orlov Boris N.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Support of Agroindustrial Complex. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500624935, e-mail: abrichagina@yandex.ru).

УДК 621.313.333.004.58

## АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ ЗАО “БАЙКАЛЭНЕРГО”

**М.Н. Герасимова, В.В. Потапов, А.Ю. Логинов**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Центробежные водяные циркуляционные насосы являются основным вспомогательным оборудованием котельных. Надежная и бесперебойная работа теплоисточников невозможна без эффективной работы сетевых центробежных насосных агрегатов. Перебои в теплоснабжении ведут к большим убыткам и чрезвычайным ситуациям. В данной статье выявлены и проанализированы причины возникновения неисправностей центробежных насосов. Полученные данные можно использовать для прогнозирования работы насосов на предстоящий период, а также для планирования технического обслуживания и ремонта.

*Ключевые слова:* теплоисточник, центробежный насос, асинхронный двигатель, водяной циркуляционный насос, неисправность, перегрузка, подшипник двигателя, электрические повреждения.

## ANALYSIS OF DEFECTS OF CENTRIFUGAL PUMPS OF HEAT-SOURCES OF CJSC "BAIKALENERGO"

**Gerasimova M.N., Potapov V.V.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Centrifugal water circulating pumps are the main auxiliary equipment of boiler houses. Reliable and uninterrupted operation of heat sources is impossible without efficient operation of the network centrifugal pumping units. Interruptions in heat supply lead to large losses and emergency situations. This article identifies and analyzes the causes of faults in centrifugal pumps. The data obtained can be used to predict the operation of pumps for the forthcoming period, as well as for planning maintenance and repairs.

*Keywords:* heat source, centrifugal pump, induction motor, water circulating pump, defect, overload, motor bearing, electrical damage.

Котельные и ТЭЦ являются важными системами жизнеобеспечения. От надежной работы этих комплексов зависит и нормальное развитие промышленного производства. Перебои в теплоснабжении ведут к большим убыткам и чрезвычайным ситуациям. Надежная и безотказная работа

котельных невозможна без эффективной работы насосных агрегатов. Поэтому задача проанализировать причины возникновения неисправностей центробежных насосов является актуальной.

Насосное оборудование котельных является основным вспомогательным оборудованием. Оно представляет собой моноблочную конструкцию со встроенным асинхронным короткозамкнутым электродвигателем.

В зависимости от размера насосы подсоединяются к трубопроводу с помощью ниппельных или фланцевых соединений. Они предназначены для циркуляции воды в тепловых сетях, устанавливаются либо непосредственно на котельной, либо на насосных станциях. Агрегаты должны надежно работать при значительных изменениях температуры перекачиваемой воды и при различной подаче. В практике эксплуатации основные неисправности центробежных насосов классифицируются следующим образом:

**Таблица 1 – Наиболее вероятные неисправности центробежных насосов и причины их появления**

Неисправность	Причина появления
1. Отсутствие подачи жидкости после пуска насоса	Недостаточное заполнение трубопровода и насоса жидкостью
	Неплотности или неисправность приемного клапана
	Всасывающий трубопровод или сальник насоса пропускают воздух
	Неправильное направление вращения вала насоса
	Засорение приемного клапана
3. Пониженная подача жидкости насосом	Засорение трубопровода, рабочего колеса, направляющего аппарата или фильтрующей сетки
	Образование воздушных мешков во всасывающем трубопроводе
	Износ лопаток рабочего колеса или направляющего аппарата
	Смещение рабочих колес относительно направляющего аппарата
	Неисправности в системе регулирования насоса
	Просачивание воздуха через неплотности линии всасывания и сальники
	Увеличение сопротивления в линии нагнетания
4. Уменьшение напора в процессе работы	Повреждение напорного трубопровода, попадание воздуха в перекачиваемую жидкость
2. Перегрузка двигателя при пуске	Пуск насоса при открытой задвижке трубопровода
	Задевание боковыми поверхностями рабочих колёс направляющего аппарата
	Перекосящий разгрузочный диск
6. Вибрация насоса	Ослабление крепления насоса и электродвигателя
	Ослабление крепления трубопроводов
	Повреждение подшипника

5. Нагрев подшипников	Недостаточная подача масла
	Повышение температуры подаваемого масла
	Несоответствие применяемого смазочного материала инструкции
	Износ подшипников

Нами были проанализированы основные неисправности сетевых центробежных насосов на котельных ЗАО “Байкалэнерго” в подразделении “Управление теплоисточниками” за 2013 – 2015 гг [2,3]. Основные аварийные остановки сетевых центробежных насосов и причины их появления представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Показатели аварийных остановов сетевых центробежных насосов ЗАО “Байкалэнерго” за 2013-2015 гг.**

Насос/двигатель	Количество агрегатов данного типа	Неисправность сальниковых уплотнителей	Неисправность рабочего колеса насоса	Неисправность муфтового соединения	Неисправность подшипника двигателя	Неисправность подшипника насоса	Электрическая неисправность двигателя	Неисправность вала насоса	ИТОГО
К-100-65-200 АИР180И2ЖУ2 30кВт	10	6	2	5	4	5	3	1	21
КМ-100-80-160 АИР132М2 11 кВт	5	7	1	-	3	4	2	-	17
Д-320/50 АНР250S2 75 кВт	10	4	3	4	4	2	4	1	19
ЦНСГ-38-180 АИР200М2 37кВт	5	9	2	2	3	1	3	1	20

Анализируя данные из таблицы, следует отметить большое количество аварийных остановов сетевых центробежных насосов. Это говорит о их низкой надежности. Для сокращения большого количества внезапных отказов в период работы насосного оборудования необходимо разработать систему контроля технического состояния в начале периода эксплуатации путем внедрения оценки технического состояния по примеру, рассмотренному в работах [1, 4, 5, 6]. Необходимо также повысить общую культуру эксплуатации и получения информации о показателях надежности насосного оборудования котельных.

По полученным данным выявлены основные неисправности отдельных узлов в процентном соотношении. На рисунке изображена круговая диаграмма неисправностей центробежных насосных агрегатов

теплоисточников ЗАО “Байкалэнерго” за 2013 – 2015 гг. по данным журналов дежурных диспетчеров [2, 3].



Рисунок – Диаграмма неисправностей центробежных насосных агрегатов

В ходе исследований был собран обширный статистический материал по сетевым и питательным насосам, работающим на различных параметрах. Наблюдения проводились на протяжении 2 лет, общее количество находящихся под наблюдением составило 30 шт. Полученные данные можно использовать для прогнозирования работы насосов на предстоящий период, а также для планирования технического обслуживания и ремонта.

#### Список литературы

1. Боннет В.В. Определение оптимального уровня технического состояния асинхронного двигателя / В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов // Вестник КрасГАУ. – 2012. - № 8. – С. 163-166.
2. Журнал дежурных диспетчеров / ЗАО “Байкалэнерго”- Иркутск, 2014.- 105 с.
3. Журнал дежурных диспетчеров / ЗАО “Байкалэнерго”- Иркутск, 2015.- 123 с.
4. Прудников А.Ю. Анализ методов определения работоспособности асинхронных электродвигателей в процессе эксплуатации / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. // Саратов: Изд-во ООО ПКФ "Буква", 2013. – С. 273 – 276.
5. Прудников А.Ю. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. // Саратов: Изд-во ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2016. – С. 180 – 182.

6. Прудников А.Ю. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов // Вестник КрасГАУ. – 2015. - № 5 (104). – С. 68 – 72.

#### References

1. Bonnet V.V. et all. *Opređenje optimal'nogo urovnya tehničeskogo sostoyaniya asinhronnogo dvigatelya* [Determination of the optimum level of technical condition of the induction motor]. Vestnik KrasGAU, 2012, no. 8, pp. 163 – 166.
2. *ZHurnal dezhurnyh dispetcherov* [Journal of duty dispatchers]. ZAO “Bajkalehnergo”, Irkutsk, 2014, 105 p.
3. *ZHurnal dezhurnyh dispetcherov* [Journal of duty dispatchers]. ZAO “Bajkalehnergo”, Irkutsk, 2015, 123 p.
4. Prudnikov A.YU. et all. *Analiz metodov opredeleniya rabotosposobnosti asinhronnyh ehlektrodvigatelye v processe ehkspluatacii* [Analysis of methods for determining the operability of induction motors during operation]. Saratov, 2013, pp. 273 - 276.
5. Prudnikov A.YU. et all. *Ocenka rabotosposobnosti tehničeskikh sistem po kompleksnym pokazatelyam* [Method for determining the eccentricity of the rotor of an induction motor]. Saratov, 2016, pp. 180 - 182.
6. Prudnikov A.YU. et all. *Metod opredeleniya ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya* [The method for determining the eccentricity of the rotor of an induction motor] Vestnik KrasGAU, 2015, no. 5 (104), pp. 68 – 72.

#### Сведения об авторах:

**Герасимова Мария Николаевна** – аспирант энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89500588258, e-mail: gerasimova-masha@mail.ru).

**Логинов Александр Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89041224153, e-mail: gerasimova-masha@mail.ru).

**Потапов Владимир Васильевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89500588258, e-mail: gerasimova-masha@mail.ru).

#### Information about authors:

**Gerasimova Maria N.** – PhD student, Department of Electrical Equipment and Physics of the Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500588258, e-mail: gerasimova-masha@mail.ru).

**Loginov Alexandr Yu.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of Electrical and Physics of the Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041224153, e-mail: gerasimova-masha@mail.ru).

**Potapov Vladimir V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Electrical Equipment and Physics of the Energy faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500588258, e-mail: gerasimova-masha@mail.ru).

УДК 631.3.004.5

**О МЕТОДИКЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТУДЕНЧЕСКОГО МОБИЛЬНОГО  
ОТРЯДА ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОБЛЕМ НАДЕЖНОСТИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**В.П. Гуляев, М.С. Иванов, Ж.А. Иванова, Е.А. Филиппова**

Якутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Якутск, Республика Саха,  
Россия

В данной статье рассматриваются проблемы организации производственных технологических практик бакалавров, обучающихся по профилю “Технический сервис в АПК” направления “Агроинженерия”, в связи заменой форм собственности и уменьшением объемов производства. Авторы предлагают в создавшейся неудовлетворительной ситуации с техническим сервисом сельскохозяйственной техники организовать эти производственные практики в виде выездных студенческих отрядов по техническому сервису и мониторингу отказов техники на взаимовыгодных условиях с эксплуатационниками.

*Ключевые слова:* технический сервис в АПК, производственные технологические практики бакалавров, мониторинг отказов техники, студенческий мобильный отряд.

**ON THE METHODOLOGY OF ORGANIZATION OF THE STUDENTSHOOING A  
TEAM TO STUDY PROBLEMS OF RELIABILITY  
AGRICULTURAL MACHINERY**

**Gulyaev V.P., Ivanov M.S., Ivanova Zh.A., Filippova E.A.**

Yakut State Agricultural Academy, Yakutsk, Republic of Sakha, Russia

This article examines the problems of organization of industrial technological and bachelor practices, trained on the profile of "Technical service in the agro-industrial complex" of the direction "Agroengineering", in connection with the replacement of ownership forms and reduction in production volumes. The authors suggest in the current unsatisfactory situation with the technical service of agricultural machinery to organize these production practices in the form of visiting student teams for technical service and monitoring equipment failures on mutually beneficial terms with the operators.

*Keywords:* technical service in agroindustrial complex, industrial technological practices of bachelors, monitoring of equipment failures, student mobile unit.

Сегодня в Якутии сельскохозяйственные предприятия, в основном, относятся к мелким, и организованы по принципу семейного подряда. Объемы производства, по сравнению с совхозным периодом, упали почти в четыре раза по всем показателям. Техническое оснащение этих хозяйств - мини тракторное и конно-ручное. По данным [1], в 2012 году в Якутии в кормозаготовительной кампании работали 11184 единицы различной сельхозтехники, 8403 звеньев, в т.ч. 859 механизированных, 3681 полумеханизированных, 442 конно-ручных и 3 421 ручных звеньев.

Вместе с тем, в учебных планах подготовки бакалавров по профилю “Технический сервис в АПК” направления “Агроинженерия” предусмотрены летние производственные технологические практики, которые не могут быть

проведены в полном объеме в соответствии с программой практики. В лучшем случае студенты проходят эти практики в качестве слесарей, но большинство разнорабочими. Такой труд без приложения творческих усилий не способствует проявлению интереса студентов к технологическому процессу производства. Поэтому проблема организации летней практики требует новых подходов к ее решению в связи заменой форм собственности и уменьшением объемов производства.

Сегодня у сельскохозяйственного производителя эксплуатируется техника, поступившая по трем каналам:

- при разделе имущества совхозов, колхозов и т.п. Поддержание её работоспособности обеспечивается не системно, эпизодически. Требуется научно-творческий подход с выяснением причин отказов;
- техника высокой стоимости, приобретенная по лизингу. Малейший отказ вызывает у владельца панику, у него возникает желание выяснить истинную причину отказа;
- техника, находящаяся в собственности акционерного общества. К данной технике отношение работников тоже как к чужому добру, как и во времена совхозного периода. Поэтому руководство тоже может быть заинтересовано в выяснении причин отказов техники.

Из данного анализа видно, что владельцы техники просто так «покрутить гайки» на машине студенту не позволят. Но, если бы студент имел намерение установить причины отказа, рационализировать проблемный узел с целью повышения надежности и эффективности применения техники, то, возможно, владельцы могли бы сотрудничать с нашими практикантами.

Но, помимо этого, может быть и такая ситуация. Крестьянское хозяйство приобретает картофелеуборочную машину. Но, она по конструктивным и технологическим параметрам не соответствует условиям эксплуатации на полях данного крестьянского хозяйства. В таком случае крестьянин так же может обратиться за помощью к студентам - практикантам.

Выходом из создавшейся неудовлетворительной ситуации с техническим сервисом сельскохозяйственной техники и производственными практиками студентов может стать организация практики в формате студенческого мобильного отряда (СМО) по мониторингу отказов и техническому сервису сельскохозяйственной и автотракторной техники (табл. 1, 2) [2]. Такая форма практики будет способствовать повышению интереса сегодняшних студентов к будущей профессиональной деятельности.

*Мобильный отряд студентов* выезжает на машине на место отказа техники (поломки) и участвует в ее ремонте, при этом осуществляет мониторинг отказов. На взаимовыгодных условиях выполняются следующие виды услуг:

1. Проведение дефектовочных работ с установлением годности деталей для дальнейшей их эксплуатации;
2. Услуги агротехнического сервиса сельскохозяйственной и автотракторной техники;

3. Мониторинг отказов сельскохозяйственной и автотракторной техники для прогнозирования наименований и объема фонда запасных частей;

4. Разработка технологий восстановления и рационализации проблемных узлов;

5. Установление причин отказов техники;

6. Помощь в решении технических задач при рационализации восстановления проблемных узлов сельскохозяйственных машин.

**Таблица 1 – Состав и обязанности членов студенческого мобильного отряда**

№ пп	Специальности	Обязанности
1	Командир отряда	Общее руководство отрядом. Проведение мониторинга отказов техники. Составление электронной картотеки отказов техники. Проведение прочностных расчетов по программе SolidWorks
2	Водитель – слесарь	Управление и уход автомобилем. Выполнение разборочно-сборочных работ
3	Токарь – универсал	Механическая обработка деталей на металлорежущих станках.
4	Слесарь топливной аппаратуры	Ремонт и регулировка топливной аппаратуры дизельных двигателей
5	Сварщик - слесарь	Проведение сварочно-наплавочных работ. Выполнение разборочно-сборочных работ
6	Кузнец - медник	Ковка нестандартных заготовок деталей (рычагов, дисков, колец). Ремонт радиаторов и трубок системы охлаждения
7	Дефектовщик	Измерение размеров сопрягаемых поверхностей деталей. Выявление величин износа. Измерение зазоров сопряжений. Расчет посадок.
8	Слесарь	Выполнение разборочно-сборочных работ. Проведение технического обслуживания сельхозтехники, смазочных и регулировочных работ

**Таблица 2 – Деятельность студенческого мобильного отряда**

Виды с.-х. работ	Сервис техники	Научная деятельность
Подготовка к весеннему посеву	Разборка и сборка, восстановление и замена деталей, регулировка норм высева и посадок, смазка и регулировка узлов	Изучение параметров износа и поломок деталей, составление электронной картотеки отказов
Обработка почвы	Замена изношенных рабочих органов почвообрабатывающих машин. Восстановление параметров лемехов кузнечной оттяжкой и заточкой. Изготовление изношенных болтов. Термическая обработка деталей.	Изучение параметров износа и поломок деталей, составление электронной картотеки отказов. Проведение мониторинга отказов техники. Наблюдения за культурой эксплуатации и обслуживания техники

Проведение посева и посадки	Регулировка норм высева и посадок. Смазка и регулировка узлов. Разборка и сборка, замена изношенных и отказавших деталей. Проведение сварочных и наплавочных работ. Выполнение токарных работ	Проведение мониторинга отказов техники. Наблюдения за культурой эксплуатации и обслуживания техники. Изучение параметров износа и поломок деталей, составление электронной картотеки отказов
Заготовка кормов. Уборка урожая	Разборка и сборка, замена изношенных и отказавших деталей. Проведение сварочных и наплавочных работ. Выполнение токарных работ	Проведение мониторинга отказов техники. Наблюдения за культурой эксплуатации и обслуживания техники. Изучение параметров износа и поломок деталей, составление электронной картотеки отказов

Полученные в ходе практики умения и навыки будут способствовать формированию профессиональных компетенций в области выбора надежной и эффективной техники, а также успешной подготовке выпускной квалификационной работы.

Для систематизации углубления и закрепления теоретических знаний студентов по технологии ремонта машин, приобретению производственного опыта поддержания и восстановления работоспособности сельскохозяйственных машин и оборудования предлагается в течение практики вести рабочую тетрадь. В рабочей тетради практики записи рекомендуется вести по следующим крупным разделам и подразделам:

1. Обслуживание и ремонт сельскохозяйственных машин и агрегатов;
2. Регулировка рабочих органов;
3. Неисправности рабочих органов и способы их устранения;
4. Технические требования к ремонту и обслуживанию машин и агрегатов;
5. Измерение изношенных и ремонтируемых деталей. Выполнение эскизов и чертежей деталей и узлов;
6. Описание технологии ремонта деталей в полевых условиях;
7. Описание методов и технологии восстановления работоспособности машин и агрегатов в полевых условиях;
8. Приближенные расчеты затрат на техническое обслуживание и ремонт машин.

**Выводы.** 1. Формирование профессиональных компетенций и повышение мотивации студентов для эффективного прохождения технологических практик путем организации студенческих мобильных отрядов по мониторингу отказов и техническому сервису сельскохозяйственной и автотракторной техники требует дальнейшей разработки методических рекомендаций и инструкций.

**Список литературы**

1. Бураев М.К. Проблемы регионального агротехнического сервиса / М.К. Бураев, Б.Д. Лыгденов, В.Е. Рогов, М.С. Иванов // Вестник ВСГТУ. – 2012. - № 4. – С. 34 – 37.
2. В Якутии план по заготовке сена и сенажа выполнен на 44 % // Режим доступа: <http://agrobk.ru/v-yakutii-plan-po-zagotovke-sena-i-senazha-vyipolnen-na-44>.

**References**

1. Buraev M.K. et all. *Problemy regional'nogo agrotehnicheskogo servisa* [Problems of regional agrotechnical service ]. Vestnik OSSTU, 2012,no. 4,pp. 34 – 37.
2. *V Yakutii plan po zagotovke sena i senazha vypolnen na 44 %* [In Yakutia, a plan for harvesting hay and haylage is made on 44 %].Access mode: <http://agrobk.ru/v-yakutii-plan-po-zagotovke-sena-i-senazha-vyipolnen-na-44>.

**Сведения об авторах:**

**Гуляев Владимир Петрович** – доктор технических наук, профессор кафедры прикладная механика инженерного факультета. Якутская государственная сельскохозяйственная академия (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, дом 3, телефон 8-(4112) 35-81-62, e-mail: prof@sakha.ru).

**Иванов Михаил Семенович** – кандидат педагогических наук, профессор кафедры прикладная механика инженерного факультета. Якутская государственная сельскохозяйственная академия (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, дом 3, телефон 8-(4112)-35-81-62, e-mail:nilsen1960@mail.ru).

**Иванова Жанна Аркадьевна** – ассистент кафедры прикладная механика инженерного факультета. Якутская государственная сельскохозяйственная академия (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, дом 3, телефон 8-(4112)-35-81-62, e-mail: prof@sakha.ru).

**Филиппова Елена Александровна** – ассистент кафедры прикладная механика инженерного факультета. Якутская государственная сельскохозяйственная академия (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, дом 3, телефон 8-(4112)-35-81-62, e-mail: prof@sakha.ru).

**Information about authors:**

**Gulyaev Vladimir P.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Applied Mechanics of the Faculty of Engineering. Yakut State Agricultural Academy (house 3, 3 km, Sergelyakhskoye highway, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 677007, tel. 8 (4112) 35-81-62, e-mail: prof@sakha.ru ).

**Ivanov Mikhail S.** – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Applied Mechanics of the Faculty of Engineering. Yakut State Agricultural Academy (house 3, 3 km, Sergelyakhskoye highway, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 677007, tel. 8 (4112) 35-81-62, e-mail: nilsen1960@mail.ru ).

**Ivanova Zhanna A.** – Ass. of the Department of Applied Mechanics of the Faculty of Engineering. Yakut State Agricultural Academy (house 3, 3 km, Sergelyakhskoye highway, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 677007, tel. 8 (4112) 35-81-62, e-mail: prof@sakha.ru ).

**Filippova Elena A.** – Ass. of the Department of Applied Mechanics of the Faculty of Engineering. Yakut State Agricultural Academy (house 3, 3 km, Sergelyakhskoye highway, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 677007, tel. 8 (4112) 35-81-62, e-mail: prof@sakha.ru).

УДК 628 543:63

## ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ПОДКОРМКИ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

С.Н. Ильин, Ю.А. Фальчевская, М.П. Таханов

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье рассматривается возможность применения углекислого газа, полученного из биогаза в качестве подкормки в защищенном грунте. Биогаз - это смесь газов. В состав биогаза в большом количестве входит углекислый газ. Существует два вида подкормки овощей – листовая и корневая. В статье обосновано применение комбинированной подкормки. При растворении биогаза в воде углекислый газ абсорбируется. Полученный раствор можно применять в качестве подкормки овощей. Углеродное питание влияет на рост и развитие овощей, повышается урожайность. Разработана технологическая схема очистки и применения биогаза.

*Ключевые слова:* подкормка, биогаз, углеродное питание, фотосинтез, урожайность.

## APPLICATION OF CARBON DIOXIDE AS FERTILIZING IN PROTECTED GROUND Pjin S.N., Falchevskaya Yu.A., Takhanov M.P.

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The article considers the possibility of using carbon dioxide obtained from biogas as a fertilizer in protected ground. Biogas is a mixture of gases. The composition of biogas includes carbon dioxide in large quantities. There are two types of fertilizing for vegetables - leaf and root. The article substantiates the use of combined fertilizing. When biogas is dissolved in water, carbon dioxide is absorbed. The resulting solution can be used as a fertilizer for vegetables. Carbon nutrition affects the growth and development of vegetables, increases yield. A technological scheme for cleaning and using biogas was developed.

*Keywords:* fertilizer, biogas, carbon nutrition, photosynthesis, yield.

В работах ряда ученых установлено, что зеленые растения, поглощая из воздуха углекислый газ  $CO_2$  при участии воды, на свету образуют органическое вещество. Это положение было развито и экспериментально подтверждено в работах русского ученого К.А. Тимирязева. Потребность растений в углероде намного превышает потребность в других элементах питания. Обычное содержание углекислого газа в воздухе (0.03 % – по объему) не является оптимальным для углеродного питания растений. Интенсивность фотосинтеза возрастает при повышении содержания углекислого газа в атмосфере до 10 – 20 раз и резко падает, когда количество углекислого газа в воздухе снижается до 0.01 % (рис. 1). При дополнительном удобрении углекислым газом улучшаются рост и развитие растений, увеличивается число листьев, следовательно, увеличивается их площадь, ускоряется плодоношение, повышается урожай. Растения приобретают устойчивость к болезням и вредителям.

Растения получают питательные вещества двумя способами-при помощи листового и корневого питания. Подкормки  $CO_2$  играют очень важную роль в управлении вегетативным и генеративным балансом растения. Одним из

наиболее рациональных способов применения растворенного в воде углекислого газа, полученного в процессе отделения его из биогаза, является полив овощных культур. Подкормка более эффективна при внесении питательных веществ в растворенном виде – вещества усваиваются быстрее. Однако при поливе овощей водой, насыщенной углекислым газом, в почве в небольшом количестве образуется угольная кислота. Образовавшаяся в верхнем слое угольная кислота, как относительно более тяжелая, опускается в нижние слои. Там процессам нитрификации она ущерба не приносит, но оказывает положительное влияние на минеральную часть почвы, растворяя фосфориты и полевые шпаты. Тем самым она снабжает растения самыми главными после азота элементами питания – фосфором и калием [4].

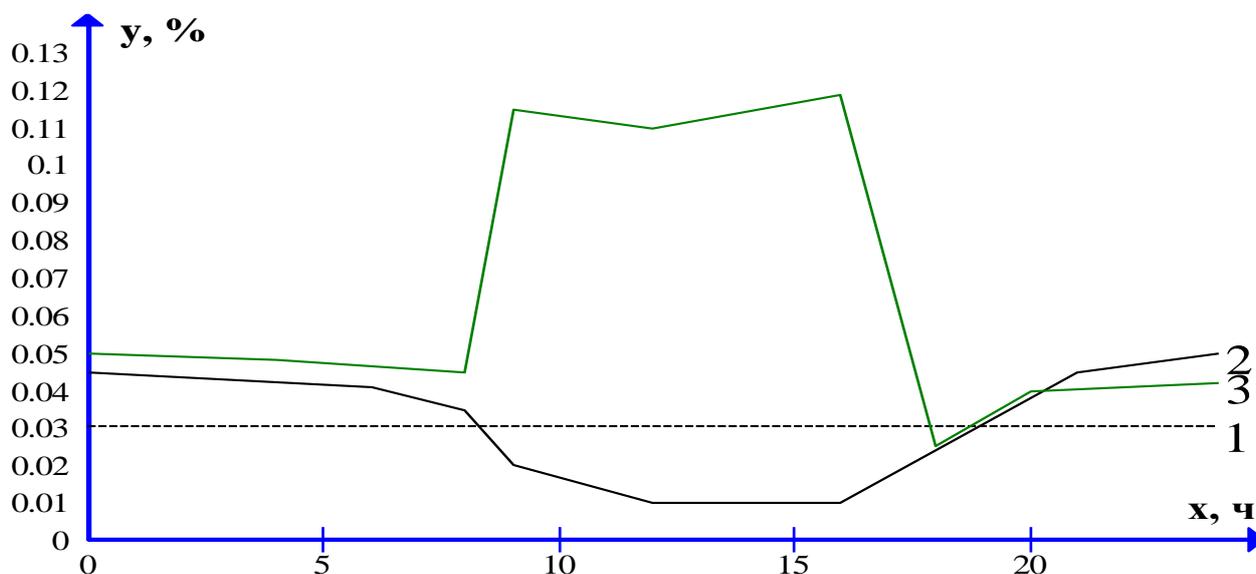


Рисунок 1 – Суточная динамика содержания углекислого газа в теплице [2]:  
 1 – нормальное содержание углекислого газа в атмосфере;  
 2 – без подкормки углекислым газом; 3 – с подкормкой углекислым газом

Листовое питание – это доставка питательных веществ через листовую и стеблевую систему путем распыления. Питательные вещества попадают на растения в виде мелкодисперсных капель воды. Углерод в виде углекислоты воздуха составляет основу воздушного питания растений. Незначительное содержание CO<sub>2</sub> в атмосферном воздухе является одной из причин развития растениями огромной листовой поверхности для его улавливания. Нижним пределом содержания CO<sub>2</sub> в воздухе для растений является концентрация 0.008 % (~ 0.01 %). Высокие концентрации CO<sub>2</sub> положительно влияют на фотосинтез только при достаточно хорошем освещении и обеспеченности растений другими факторами. Повышение концентрации двуокси углерода в приземном слое воздуха благоприятно для многих культур и способствует усилению процесса фотосинтеза. Этому способствует внесение в почву органических удобрений, растительных остатков, которые при разложении выделяют углекислоту. В условиях защищенного грунта, в теплицах, во многих случаях искусственно поддерживают повышенную концентрацию CO<sub>2</sub>

(порядка 1 – 2 %), что способствует увеличению урожайности возделываемых культур.

Одним из главных источников углекислого газа является почва, где он образуется в результате жизнедеятельности микроорганизмов, разлагающих органические вещества. В.И. Вернадский подчеркивал, что “почва, взятая без газов, не есть почва. Роль почвы в истории земной коры отнюдь не соответствует тонкому слою, какой она образует на ее поверхности. Но она вполне отвечает той огромной активной энергии, которая собрана в ее живом веществе и которая способна к переносу благодаря проникающим в почву газам. Говоря о значении биохимических процессов в почвах и о значении почвы в области биосферы, мы, другими словами, скрыто указываем на первенствующую роль газов в почвенных процессах и на значение этих газов в газовом обмене земной коры (1960) [1]. Корневое питание позволяет доставить необходимые элементы питания непосредственно к корням растений.

ПДК углекислого газа в рабочей зоне составляет 1.475 % (максимальное разовое) [5]. Максимально допустимая концентрация диоксида углерода в воздухе теплицы составляет 0.33 % [3].

Разработана технологическая схема, которая включает в себя использование  $\text{CO}_2$ , полученного в процессе очистки биогаза, для питания овощей в теплице за счет обогащения углекислым газом воздуха и поливной воды (рис. 1).

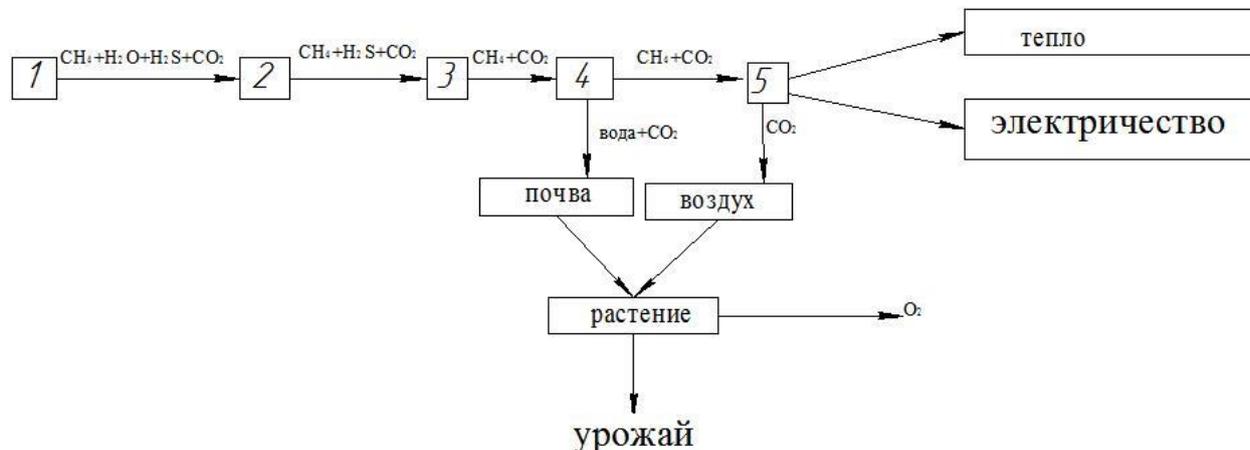


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки и применения биогаза.

- 1 – биоэнергетическая установка; 2 – установка по очистке биогаза от влаги;  
 3 – установка по очистке биогаза от сероводорода;  
 4 – установка по насыщению воды  $\text{CO}_2$ , из биогаза; 5 – когенерационная установка.

**Выводы.** 1. Комбинированное питание наиболее эффективно.

2. Применение углекислого газа, полученного из биогаза, позволит существенно повысить урожайность овощей.

#### Список литературы

1. Вернадский В.И. Об анализе почв с геохимической точки зрения / В.И. Вернадский // Почвоведение. – 1936. - № 1. – С. 8 – 16.

2. Меенсалу Л.Г., Подкормки углекислым газом в теплицах / Л.Г. Меенсалу // Картофель и овощи. 1974. - № 12. – С. 23 – 24.
3. Нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады РД-АПК 1.10.09.01-14 // М.: Мин-во СХ, 2014.
4. Овсинский И.Е. Новая система земледелия / И.Е. Овсинский – Киев: Изд. дом “Зерно”, 2010. – С. 78 – 79.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дополнение № 2 к ГН 2.2.5.1313-03. Гигиенические нормативы. ГН 2.2.5.2100-06 – М.: Мин-во СХ, 2006.

#### References

1. Vernadskiy V.I. *Ob analize pochv s geohimicheskoy tochki zreniya* [On the analysis of soils from the geochemical point of view]. *Pochvovedenie*, 1936, no. 1, pp. 8-16.
2. Meensalu L.G., *Podkormki uglekislyim gazom v teplitsah* [Carbon dioxide fertilizing in greenhouses]. *Kartofel i ovoschi*, 1974, no. 12, pp. 23-24.
3. *Normyi tehnologicheskogo proektirovaniya teplits i teplichnyih kombinatov dlya vyiras chivaniya ovoschey i rassadyi RD-APK 1.10.09.01-14* [Norms of technological design of greenhouses and greenhouse complexes for growing vegetables and sprouts RD-APK 1.10.09.01-14]. Moscow, 2014.
4. Ovsinskiy I.E. *Novaya sistema zemledeliya* [New farming system]. Kiev, 2010. Pp. 78-79
5. *Predelno dopustimyie kontsentratsii (PDK) vrednyih veschestv v vozduhe rabochey zonyi. Dopolnenie 2 k GN 2.2.5.1313-03* [Maximum permissible concentration (MPC) of harmful substances in the air of the working area. Supplement No. 2 to the GN 2.2.5.1313-03]. Moscow, 2006.

#### Сведения об авторах:

**Ильин Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89148805270, e-mail: mech@igsha.ru).

**Таханов Михаил Пурбаевич** – аспирант кафедры технического обеспечения АПК, инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, 89025690379, takhanov93@mail.ru).

**Фальчевская Юлия Александровна** – аспирант кафедры технического обеспечения АПК, инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, Храмцовская 2а, 89501069794, Julia-Katia\_2010@mail.ru).

#### Information about authors:

**Pjin Sergey N.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Maintenance of Agrarian and Industrial Complex of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148805270, e-mail: mech@igsha.ru).

**Takhanov Mikhail P.** – PhD student of the Department of Technical Maintenance of Agrarian and Industrial Complex of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025690379, takhanov93@mail.ru).

**Falchevskaya Yulia A.** – PhD student of the Department of Technical Maintenance of Agrarian and Industrial Complex of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (2a, Khramtsovskaya Str., Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89501069794, Julia-Katia\_2010@mail.ru).

УДК 621.314: 681

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕЙ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак, Халымийн Рахмет

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье рассмотрены вопросы влияния нелинейной нагрузки распределительных сетей, изменение режимов работы потребителей, способы снижения несинусоидальности напряжения, определение ухудшения качества ЭЭ с коммунально-бытовой нагрузкой, уровень потребления ЭЭ и уровень искажения синусоидальности кривых тока и напряжения. Проведены измерения токов и напряжений в действующих электрических сетях 0.38 кВ на сельхозпредприятиях. Анализ измерений на шинах КТП позволил определить коэффициент искажения синусоидальности фазных напряжений.

*Ключевые слова* электрические нагрузка, нелинейный характер потребления, коэффициент искажения синусоидальности, внешние и внутренние источники.

### STUDY OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL NONLINEAR EXPOSURE LOADS ON OPERATION MODES

Kudryashev G.S., Tretyakov A.N., Shpak O.N., Khalimine Rakhmet

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The article discusses the influence of nonlinear load on distribution of networks, changes in the modes of operation of consumers, ways to reduce voltage nonsinusoidality, determination of the deterioration in the quality of EE with the utility load, the level of consumption of EE and the level of distortion of the sinusoidal curves of current and voltage. Measurements of currents and voltages in operating electrical networks of 0.38 kV on agricultural enterprises were carried out. The analysis of measurements on the CTS tires made it possible to determine the coefficient of sinusoidal distortion of phase voltages.

*Keywords:* electric load, nonlinear consumption, sinusoidal distortion coefficient, external and internal sources.

В последние годы рост электрических нагрузок в низковольтных электрических сетях обусловлен увеличением количества используемых бытовых приборов и их единичной мощностью. За 2005 – 2015 годы нагрузки потребителей значительно возросли. Потребление электроэнергии в России в 2015 году составило 1036.4 млрд. кВт\*ч., что на 0.4 % меньше, чем в 2014 году. При этом выработка электроэнергии составила 1049.9 млрд. кВт\*ч., что на 0.2 % больше, чем в 2014 году [3].

**Цель исследования** – способы снижения нелинейной нагрузки на режимы работы сельскохозяйственных предприятий.

**Методика исследований.** В сельских электрических сетях нелинейный характер потребления имеют: газоразрядные лампы, установки электродуговой и контактной сварки, приборы, имеющие в своем составе преобразователи переменного тока в постоянный (выпрямители), системы бесперебойного питания, преобразователи частоты, двигатели с регулируемой скоростью вращения и т.д. Кроме того, в населенном пункте

реконструировались дома, строились новые и протяженность воздушной линии электропередачи увеличивалась. Это привело к постепенному существенному и устойчивому отклонению напряжения от параметров, нормируемых ГОСТом [1]. Экспериментальные исследования проводились с целью определения соответствия КЭ ГОСТу 32144 – 13 и создания базы данных ПКЭ и основных параметров электроэнергии для статистической обработки полученного материала и нахождения законов распределения случайно изменяющихся ПКЭ.

Изменение нагрузки потребителей в сети может быть различным по характеру. При малых изменениях нагрузки в системе требуется небольшой резерв мощности. В этих случаях автоматическое регулирование частоты системы может производиться на одной так называемой частотно-регулирующей станции. При больших изменениях нагрузки увеличение мощности должно быть предусмотрено на значительном числе станций. В связи с этим в соответствии с предполагаемыми изменениями нагрузок потребителей заранее составляются графики соответствующего изменения нагрузки электростанций. При этом предусматривается экономическое распределение нагрузок между станциями. Источниками несинусоидальности в энергосистемах могут быть также генераторы или трансформаторы при работе их на нелинейной части кривой намагничивания. Как правило, генераторы и трансформаторы работают при относительно невысоком насыщении стали, т. е. на линейной части кривой намагничивания, и создаваемые ими высшие гармоники настолько малы, что их можно не учитывать. Снижение несинусоидальности напряжений и токов необходимо в тех случаях, когда значения токов или напряжений высших гармоник больше допустимых. Целесообразность мер по понижению несинусоидальности может быть также обусловлена и улучшением технико-экономических показателей работы элементов электрических сетей и ЭП. Снижение несинусоидальности можно осуществить одним из следующих способов:

- 1) снижением уровня высших гармоник, генерируемых вентильными преобразователями;
- 2) рациональным построением схемы электрической сети;
- 3) использованием фильтров высших гармоник.

При работе электрооборудования несинусоидальность напряжения возрастает скачкообразно в момент изменения режимов работы предприятий при подключении дополнительных нелинейных нагрузок. В течение суток коэффициент искажения несинусоидальности напряжения изменяется, что показывает наличие на предприятии технологических линий, которые содержат нагрузку нелинейного характера.

В соответствии с этим в программу экспериментальных исследований входило: выбор электрических сетей 0.38 кВ и подбор трансформаторных подстанций напряжением 10/0.4 кВ, которые питали коммунально - бытовые электро-потребители, определение при контроле качества электроэнергии ПКЭ, не соответствующих допустимым значениям ГОСТа [1].

Для оценки реального уровня потерь электроэнергии в электрических сетях необходимо знать состав электрических сетей, уровень потребления ЭЭ и уровень искажения синусоидальности кривых тока и напряжения. На приведенных графиках прослеживается зависимость искажения кривых тока и напряжения от потребляемой мощности. Повышение и снижение коэффициентов искажения кривых напряжения и тока в течение суток совпадают по времени со всплесками и спадами потребляемой мощности на характерном графике объекта. В свою очередь коэффициент искажения формы кривой напряжения изменяется с изменением коэффициента искажения формы кривой тока.

На рисунке 1 представлен график коэффициентов искажения синусоидальности фазных напряжений на шинах КТП, питающей сельскохозяйственное предприятие.

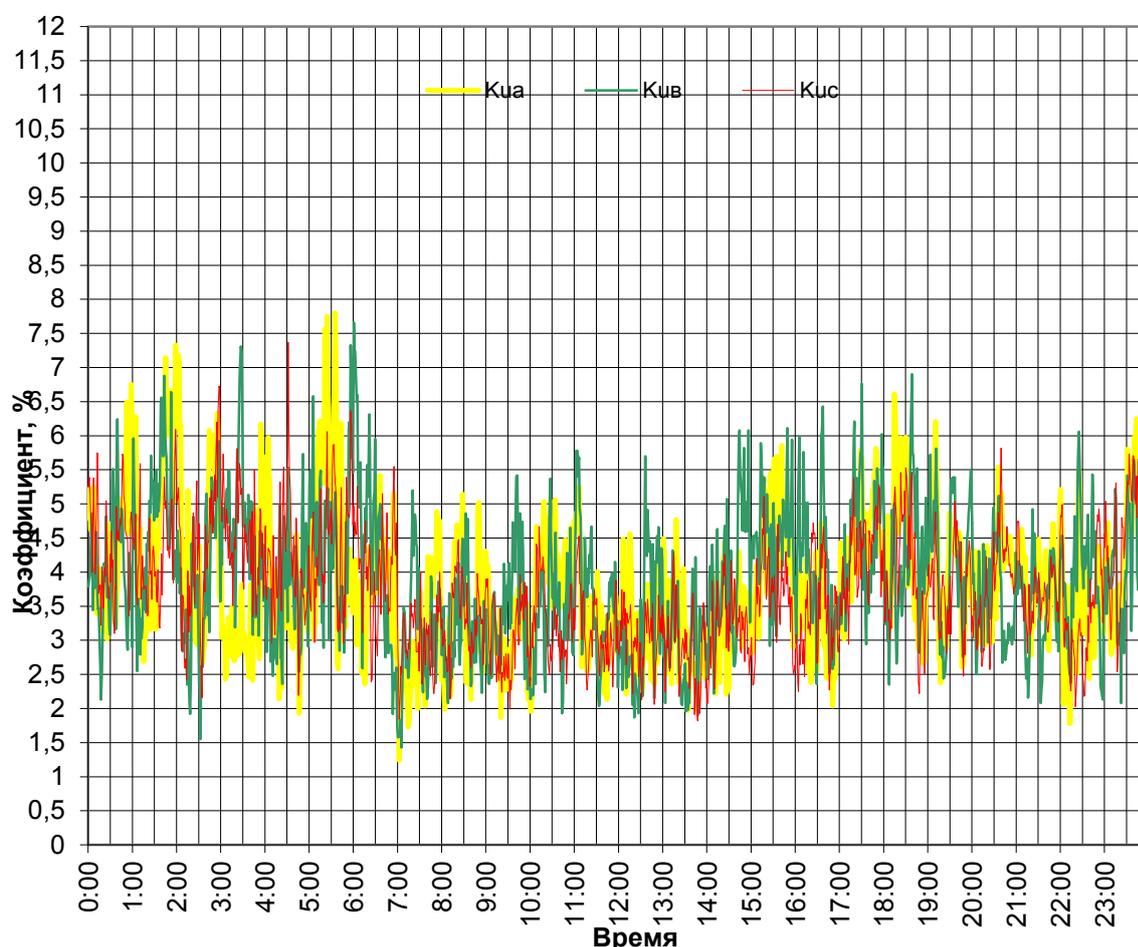


Рисунок 1 – Коэффициент искажения синусоидальности напряжения на ПС Тальники КТП-620ПА, шины 0.4 кВ

Данная зависимость подтверждает утверждение о причинах ухудшения качества ЭЭ по этим ПКЭ в электрических сетях 0.38 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой, а именно эмиссия высокочастотных составляющих тока, вызванная бытовыми электроприёмниками.

В различных ситуациях на предприятиях требуется снизить уровень

искажения формы кривой питающего напряжения до допустимых значений. Для этих целей применяются различные установки компенсации высших гармоник. Выбор типа устройства, его параметров и способа управления им является сложной инженерной задачей. Причем важным фактором является их расположение в электрической сети, что существенно влияет на эффективность компенсации высших гармоник.

Таблица 1 – Показатели качества на сельскохозяйственных предприятиях

Сельхозпредприятия	Отклонение напряжения, %	Коэффициент несинусоидальности, %
СХПК “Усольский свинокомплекс”	4.2÷8.6	2.4÷4.9
ОАО “Белореченское”	3.2÷6.9	2.1÷7.2
ООО “Саянский бройлер”	4.2÷9.8	3.2-6.8

Проведенные выборочные измерения коэффициента искажения синусоидальности и спектрального состава высших гармоник и их анализ позволили сделать следующие выводы. Коэффициент искажения синусоидальности в абсолютном большинстве не превышает максимальных значений, допустимых ГОСТом.

Вклад внешних и внутренних источников в искажение коэффициента несинусоидальности кривой напряжения в распределительных сетях 0.38 кВ в процентном соотношении показан на рисунке 2.

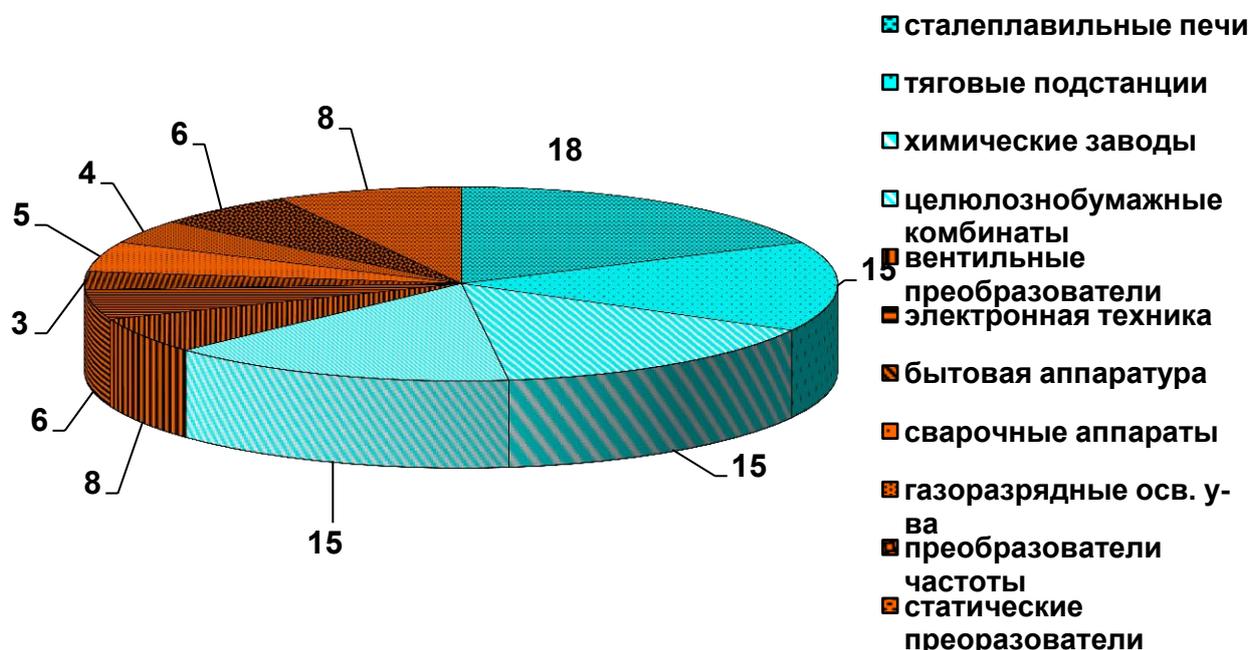


Рисунок 2 – Источники искажения коэффициента несинусоидальности кривой напряжения

**Выводы.** 1. Экспериментальные данные и анализ качества на сельскохозяйственных предприятиях показывает существенное влияние внешних источников искажения синусоидальности кривой напряжения, такой

вклад в итоговое значение может составлять до 30 %.

2. Ежегодно электрические нагрузки возрастают, а вместе с тем нелинейная составляющая в процентном соотношении увеличивается на 3 – 5 %, что сказывается на работе распределительных сетей.

3. На основании проведённых измерений коэффициент искажения несинусоидальности сельскохозяйственных предприятий составляет 3 – 10 %.

#### Список литературы

1. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / ГОСТ 32144-2013, Национальный стандарт Российской Федерации // М.: Стандартинформ 2013. - 30 С.

2. Данные ОАО “СО ЭЭС”, Росстата, ОАО “АТС”: [www.ra-naftonal.ru](http://www.ra-naftonal.ru).

3. Васильева Т.Н. Анализ симметрии напряжения в распределительных электрических сетях напряжением 0.38 КВ / Т.Н. Васильева, Ю.В. Костин // Молодой ученый. - 2016. - № 11.- С. 291 – 297.

4. Кудряшев Г.С. Комплексный подход при ресурсоэнергосбережении на предприятиях АПК Иркутской области / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак// Вестник ИрГТУ. – 2016. - № 73- С. 135 – 140.

5. Кудряшев Г.С. Инновации при снижении энергоёмкости на предприятиях АПК на примере СХ ОАО “Белореченское” / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, Рахмет Халымийн. MONGOLAN JOURNAL OF AGRICURAL SCIENCES, 2015. Vol. 2 – С. 35 – 39.

#### References

1. *Norms of quality of electrical energy in general-purpose power supply systems* [Norms of quality of electric energy in general-purpose power supply systems]. Moscow, 2013, 30 p.

2. Data of JSC SO UES, Rosstat, OJSC ATS [The data of JSC "SO UES", Rosstat, JSC "ATS"]. [www.ra-naftonal.ru](http://www.ra-naftonal.ru)

3. Vasilyeva T.N., Kostin Yu.V. *Analysis of voltage symmetry in distribution electrical networks with a voltage of 0.38 kV* [Analysis of the symmetry of voltage in distribution electrical networks with a voltage of 0.38 kV]. Young scientist, 2016, no. 11, pp. 291 – 297.

4. Kudryashev G.S. *A comprehensive approach to resource-saving and energy saving in the agro-industrial complex of the Irkutsk region* [Comprehensive approach to resource-saving at the enterprises of the agro-industrial complex of Irkutsk region]. Bulletin of IrSTU, 2016, no. 73, pp. 135 – 140.

5. Kudryashev G.S. *Innovations in the reduction of energy intensity in the enterprises of the agroindustrial complex on the example of the CJSC Belorechenskoye* [Innovations in the reduction of energy intensity at the enterprises of the agroindustrial complex on the example of the CJSC "Belorechenskoye"]. MONGOLAN JOURNAL OF AGRICURAL SCIENCES, 2015, no. 2, pp. 35 – 39.

#### Сведения об авторах

**Кудряшев Геннадий Сергеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения и теплотехники Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодежный, тел. 89148880030, [Kudryashev@list.ru](mailto:Kudryashev@list.ru)).

**Третьяков Александр Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодежный, тел. 89148988520, e-mail: [tretyakov\\_aleks@mail.ru](mailto:tretyakov_aleks@mail.ru)).

**Халымийн Рахмет** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники Монгольский ГАУ (Монголия, г. Улан-Батор, тел 87029784841, e-mail:

tretyakov\_aleks@mail.ru).

**Шпак Оксана Николаевна** – старший преподаватель кафедры кафедры энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодежный, тел. 89027625641, e-mail: ok.shpak2015@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Kudryashev Gennady S.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy Supply and Heat Engineering. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148880030, Kudryashev@list.ru).

**Tretyakov Alexander N.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Energy Supply and Heat Engineering. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148988520, e-mail: tretyakov\_aleks@mail.ru).

**Khalimine Rakhmet** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering. Mongolian State Agrarian University (Ulan-Bator, Mongolia, tel. 87029784841, e-mail: tretyakov\_aleks@mail.ru).

**Shpak Oksana N.** – senior lecturer of the Department of Energy Supply and Heat Engineering. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89027625641, e-mail: ok.shpak2015@yandex.ru).

УДК 330.131.7:338.45.621.3

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГНОЗНОЙ  
ИНФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКИХ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**И.В. Наумов, А.В. Ланин**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. *Иркутск, Россия*

Проведён анализ существующего подхода технического обслуживания системы электроснабжения Иркутской электросетевой компании. Предложена методика комплектования запасного оборудования сельских электрических распределительных сетей напряжением 10 кВ на основе прогнозирования числа отказов электроснабжения. Превентивная информация о количестве запасного оборудования позволяет снизить риск его недостатка или переизбытка. Сравнение экономических показателей двух вариантов сервиса электрических сетей показало целесообразность использования прогнозной информации для более эффективного обслуживания электрических сетей.

Ключевые слова: прогнозная информация, электрические сети, экономическое обоснование, запасное оборудование.

**ECONOMIC SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF FORECAST  
INFORMATION IN THE PROCESS OF MAINTENANCE OF RURAL DISTRIBUTION  
ELECTRIC NETWORKS**

**Naumov I.V., Lanin A.V.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

The analysis of the existing approach to maintenance of the power supply system of the Irkutsk electric grid company is carried out. The method of acquisition of spare equipment for

rural electric distribution networks with a voltage of 10 kV is proposed based on the prediction of the number of power supply failures. Preventive information about the number of spare equipment can reduce the risk of its lack or overabundance. Comparison of economic indicators of two variants of service of electric networks has shown expediency of use of the forecast information for more effective service of electric networks.

*Keywords:* forecast information, electric networks, business substantiation, spare equipment.

Сельские распределительные электрические сети, как правило, имеют большую протяжённость и располагаются на различных по рельефу территориях (лес, горы, степь и т. д.). Это усложняет процесс нахождения места повреждения в труднодоступных местах и последующего ремонта восстанавливаемых элементов электрических сетей. Кроме того, происходит и естественное и моральное старение электрооборудования, а также его физический износ. Все это требует создания обоснованного объема запасных частей по отдельным номенклатурам электротехнического оборудования.

Не секрет, что, в основном, планирование и комплектование запаса электрооборудования производится “на глаз”, на основе данных по отказам предыдущего года, без учета реальных прогнозных моделей функционирования системы электроснабжения. И комплекты запасного оборудования часто расходуются на погашение аварийных отказов в связи с высоким уровнем изношенности элементов электрических сетей. При этом не всегда учитываются климатические особенности территорий, на которых располагаются электрические сети, а используемые нормы планирования запаса не учитывают отдаленность линий электропередачи от населённых пунктов, что увеличивает затраты на нахождение места повреждения и ремонт.

**Цель исследования** – экономическое обоснование применения прогнозной информации в процессе обслуживания сельских электрических распределительных сетей для корректного формирования запасного электрооборудования.

**Материалы и методика исследования.** Нами предлагается методика формирования запаса отдельных видов электрооборудования на основе прогноза возможного количества их отказов. Это позволяет осуществить комплекс организационно-технических мероприятий не только повышающий уровень надёжности электроснабжения за счет сокращения рисков от недоотпуска электрической энергии, но и значительно сократить затраты на создание планируемого запаса электрооборудования.

На кафедре электроснабжения и электротехники Иркутского ГАУ разработан метод и программа прогнозирования уровня надёжности электроснабжения [2], и произведены исследования по динамике развития показателей надёжности по отдельным элементам электрических сетей [4].

Используя значения количества оборудования, приходящегося на один отказ, и значения прогноза отказов, можно получить прогнозное количество электрооборудования, необходимое для ликвидации аварий [3]:

$$N_{зч} = П \cdot Н, \quad (1)$$

где П – прогнозируемое число отказов электрооборудования; Н – норма оборудования, приходящаяся на один отказ.

Стоимость обслуживания и ремонта элементов электрических сетей зависит от типа рассматриваемого оборудования, а стоимость запасных частей рассчитывается путём умножения количества запаса  $N_{зч}$  на стоимость единицы электрооборудования  $C_{ед.ЭО}$  [3]:

$$ЗЧ = N_{зч} \cdot C_{ед.ЭО}. \quad (2)$$

Методика технико-экономического расчёта включает в себя три этапа [6]:

1. Расчёт эксплуатационных затрат, затрат на ликвидацию аварий и размера упущенной выгоды из-за простоев рассматриваемого типа электрооборудования.

2. Сопоставление планируемых денежных потоков, возникающих при эксплуатации сравниваемых объёмов электрооборудования.

3. Расчёт основных показателей сравнительной эффективности приобретения запасных частей электрооборудования.

На первом этапе рассчитываются затраты на ремонт и упущенная выгода. Изменение стоимости материалов и запасных частей для ремонта в период эксплуатации оборудования рассчитывается по формуле [3]:

$$ЗЧ_t = ЗЧ \cdot \left(1 + \frac{i_{зч}}{100}\right)^{(t-1)}, \quad (3)$$

где  $ЗЧ_t$  – скорректированная стоимость запасных частей для ремонта и обслуживания в  $t$  – м году, р.;  $ЗЧ$  – текущая стоимость запасных частей для ремонта, р.;  $i_{зч}$  – опережающий инфляцию темп прироста стоимости запасных частей, % (в нашем случае  $i_{зч} = 10$  %);  $t$  – порядковый номер года, для которого производится расчёт.

Рассмотрим, как меняется технико-экономическая оценка формирования запасных частей без учета прогнозирования отказов (что соответствует реальному положению вещей), и с учетом динамики возникновения событий отказов оборудования. Во втором случае к существующим нормам на формирование запаса оборудования для распределительных сетей добавляется использование прогнозной информации. В качестве примера рассмотрим данные о средних значениях количества запасного оборудования, приходящегося на один отказ в Иркутской электросетевой компании (ИЭСК) за период с 2010 по 2015 гг. (табл. 1), а также данные о стоимости единиц планируемого запаса оборудования (табл. 2) [5].

Таблица 1 – Норма предприятия, приходящаяся на один отказ электрооборудования

Тип электрооборудования	Единица измерения	Норма на один отказ
Предохранитель ПК 10	шт.	2
Предохранитель ПН 10	шт.	3
Силовой выключатель ВМГ-10	шт.	1
Изолятор штыревой	шт.	2
Опора	шт.	3

Провод АС	м	40
Разрядник	шт.	2
Трансформатор ТМ 250/10(6)-0.4 кВ	шт.	2
Опорный изолятор трансформатора ИП-10	шт.	2
Средняя из стоимости шин	м	10

**Результаты исследования.** По результатам расчёта для оборудования, представленного в таблице 2, получены следующие значения: без учета прогноза  $ZЧ_{\text{фактич.}} = 17852737$  р.; с учетом прогнозирования  $ZЧ_{\text{прогноз.}} = 18075818.5$  р.

Таблица 2 – Стоимость оборудования в 2015 году

Тип электрооборудования	Единица измерения	Стоимость, руб.
Предохранитель ПК 10	шт.	1000
Предохранитель ПН 10	шт.	430
Силовой выключатель ВМГ-10	шт.	45000
Изолятор штыревой	шт.	200
Опора	шт.	8300
Провод АС	м	50.35
Разрядник	шт.	1100
Трансформатор ТМ 250/10(6)-0.4 кВ	шт.	87000
Опорный изолятор трансформатора ИП-10	шт.	1480
Средняя из стоимости шин	м	180

В понятие упущенной выгоды, введённое в методике, включена недополученная прибыль, возникающая вследствие простоя оборудования распределительных сетей из-за отсутствия требуемого количества запасных частей при аварийном ремонте. Упущенная выгода из-за простоев по причине аварий и ремонта рассчитывается по формуле [1]:

$$UB_a \frac{ДА \cdot ЧА \cdot М \cdot p}{(1 + НДС/100)} \cdot \frac{n}{(100 + n)}, \quad (4)$$

где  $UB_a$  – упущенная выгода из-за отключения потребителей вследствие аварий и повреждений рассматриваемого оборудования электрических сетей, р.;

$ДА$  – средняя длительность аварийного ремонта, час, (фактическая на 2015 год – 3 часа; прогноз на 2015 год – 3.5 часа);

$ЧА$  – средняя (в год) частота отключений потребителей вследствие аварий и повреждений рассматриваемого электрооборудования;

$М$  – мощность подключенного оборудования, кВт, (21381785 кВт);

$p$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии для сельских потребителей в 2015 году, р.;

$n$  – наценка к полным затратам для 1 кВт·ч электроэнергии, р., (0.5 р.);

НДС – действующая ставка НДС, %.

Средняя (в год) частота отключений потребителей вследствие аварий в электрических сетях определяется с помощью формулы [1]:

$$ЧА = \frac{1}{(P(t) \cdot \omega(t))}, \quad (5)$$

где  $\omega(t)$  - параметр потока отказов (фактический – 0.06; прогнозный – 0.065);  $P(t)$  - вероятность безотказной работы электрооборудования (фактическая – 0.7; прогнозная – 0.95).

На основании выражения 5, получили следующие значения:  $ЧА_{факт} = 23.8$ ;  $ЧА_{прогноз} = 16.2$ .

Значения по упущенной выгоде для текущей (фактической) методики и методики расчета с использованием прогнозирования аварийных ситуаций в ОАО “ИЭСК” составили соответственно:

$$УВ_{факт} = 2535547 \text{ р.}; УВ_{прогноз} = 2013523 \text{ р.}$$

На втором этапе происходит сравнение денежных потоков, возникающих в процессе эксплуатации анализируемого оборудования. То есть рассчитывается разность между затратами на приобретение запасных частей для рассматриваемых типов оборудования по каждой описанной статье расходов, что даёт представление об абсолютных значениях экономии на затратах и предотвращении упущенной выгоды при эксплуатации электрооборудования. Сравнивая затраты на приобретение запасных частей рассматриваемых распределительных сетей по двум вариантам, заключаем, что при планировании с учётом прогнозной информации фонд запасных частей за счёт перераспределения средств по месяцам года увеличится на:

$$ЗЧ_{прогноз} - ЗЧ_{фактич.} = 18075818.5 - 17852737 = 223081.5 \text{ р.}$$

На третьем этапе происходит оценка сравнительной эффективности. Чтобы сравнить эффективность приобретения запасных частей электрооборудования распределительных сетей, сопоставляются следующие показатели:

- изменение прибыли вследствие изменения затрат на приобретение запасных частей;
- изменение прибыли вследствие изменения упущенной выгоды.

Расчёт изменения прибыли в результате изменения затрат на приобретения запасных частей (сальдо расходов по рассматриваемым видам оборудования корректируется с учётом налога на прибыль) [3]:

$$\Delta ПР_{зч} = (ЗЧ_{фактич.} - ЗЧ_{прогноз}) \cdot \left(1 - \frac{Н_{пр}}{100}\right), \quad (6)$$

где  $\Delta ПР_{зч}$  - изменение прибыли вследствие изменения затрат на приобретение запасных частей в 2015 году, р.;  $Н_{пр}$  – ставка налога на прибыль, %.

$$\Delta ПР_{зч} = (17852737 - 18075818.5) \cdot \left(1 - 13/100\right) = - 194080.9 \text{ р.}$$

Расчёт роста прибыли, который ожидается благодаря предотвращению упущенной выгоды из-за простоя оборудования (сальдо упущенной выгоды по рассматриваемым видам оборудования корректируется с учётом налога на прибыль):

$$\Delta \text{ПР}_{\text{ув}} = (\text{УВ}_{\text{факт}} - \text{УВ}_{\text{прогноз}}) \cdot \left(1 - \frac{H_{\text{пр}}}{100}\right), \quad (7)$$

где  $\Delta \text{ПР}_{\text{ув}}$  – увеличение прибыли вследствие сокращения упущенной выгоды, р.

$$\Delta \text{ПР}_{\text{ув}} = (2535547 - 2013523) \cdot (1 - 13/100) = 454160.88 \text{ р.}$$

Расчёт дополнительной выгоды при использовании расчётного количества запасных частей электрооборудования:

$$\text{ДПР}_t = \text{ДПР}_{\text{зч}} + \Delta \text{ПР}_{\text{ув}} = -194080.9 + 454160.88 = 260079.98 \text{ р.}$$

Современные методы оценки эффективности вложений предполагают учёт изменения стоимости денег во времени. Для расчёта будущих денежных потоков используется дисконтирование. В частности, дисконтированный поток дополнительной прибыли рассчитывается следующим образом [7]:

$$\text{ДПР}_{dt} = \text{ДПР}_t / \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t, \quad (8)$$

где  $\text{ДПР}_{dt}$  – дисконтированная дополнительная прибыль от использования запаса электрооборудования, определённого на основании прогнозной информации в  $t$  – ом году, р.;  $\text{ДПР}_t$  – дополнительная прибыль в рассматриваемом году, р.;  $d$  – ставка дисконта, %, (для электроэнергетики колеблется в пределах 20 – 28 %);  $t$  – порядковый номер года эксплуатации оборудования рассматриваемых электрических сетей.

Используя формулу 8, определяем дисконтированный поток дополнительной прибыли для 2015 года:

$$\text{ДПР}_{dt} = 260079.98 / (1 + 25/100) = 208063.98 \text{ р.}$$

Далее определим показатель чистой текущей стоимости, так называемый проект NPV (Net Present Value), суть которого заключается в нахождении соотношения между инвестиционными затратами и будущими доходами, выраженного в скорректированной во времени (к началу проекта) денежной величине.

В описываемой методике инвестиционные затраты – это превышение стоимости количества запасных частей, рассчитанного по методике с учётом прогнозной информации, к стоимости количества запасных частей, планируемых в электросетевой компании, т.е. это дополнительные инвестиции, связанные с использованием предлагаемой методики формирования запаса электрооборудования. Под будущими доходами здесь подразумевается дополнительная прибыль ( $\text{ДПР}_t$ ), связанная с использованием разработанной методики с учётом прогнозной информации. Для приведения потока дополнительной прибыли к началу реализации проекта производится дисконтирование [7]:

$$\text{NPV}_t = (\text{ЗЧ}_{\text{предпр.}} - \text{ЗЧ}_{\text{прогноз}}) + \sum_{i=1}^t \frac{\text{ДПР}_t}{\left(1 + \frac{d}{100}\right)^t} = (\text{ЗЧ}_{\text{предпр.}} - \text{ЗЧ}_{\text{прогноз}}) + \sum_{i=1}^t \text{ДПР}_{dt}, \quad (9)$$

где  $\text{NPV}_t$  – чистая текущая стоимость проекта в  $t$ -ом году, р.

Таким образом, чистая текущая стоимость проекта в 2015 году составляет:

$$\text{NPV}_t = (17852737 - 18075818.5) + 208063.984 = -15017.516 \text{ р.}$$

Когда показатель  $\text{NPV}_t$  приобретает положительное значение, достигается дисконтированная окупаемость проекта.

Внутренняя норма возврата IRR (Internal Rate of Return), % – широко используемый показатель эффективности инвестиций с учётом изменения стоимости денег во времени. Под внутренней нормой возврата понимают процентную ставку, при которой чистая текущая стоимость инвестиционного проекта равна нулю [3]:

$$NPV_t = (ЗЧ_{предпр.} - ЗЧ_{прогноз}) + \sum_{i=1}^t \frac{ДПП_t}{(1 + \frac{IRR}{100})^t} = 0, \quad (10)$$

$$IRR = -\frac{ДПП_t \cdot 100}{(ЗЧ_{предпр.} - ЗЧ_{прогноз})} - 100$$

$$= -\frac{260079.98 \cdot 100}{(17852737 - 180758185)} - 100 = 16.6. \quad (11)$$

Чем выше величина IRR, тем больше эффективность инвестиций.

При этом необходимо отметить, что использование прогнозной информации предлагается в качестве дополнительного ресурса к существующей методике комплектования запасных элементов электросетевой компании.

**Выводы.** 1. Прогнозная информация позволяет более точно спланировать мероприятия по обслуживанию распределительных электрических сетей и созданию запасов оборудования.

2. Дисконтированная дополнительная прибыль от использования методики расчёта запаса электрооборудования с использованием прогнозной информации по отношению к принятой на предприятии составляет 208063.98 рублей.

#### Список литературы

1. Анищенко В. А. Надёжность систем электроснабжения: Учеб. пособие / В.А. Анищенко – Мн.: УП “Технопринт”, 2001. – 160 с.
2. Ланин А.В. Прогноз - 2 + / А.В. Ланин, И.В. Наумов // Государственная регистрация компьютерной программы №2011618014 от 12 октября 2011.
3. Микрюков Д.Н. Прогнозирование состава запасных элементов сельских распределительных сетей напряжением 0,38-10 кВ / Д.Н. Микрюков: Дис. на соиск. уч. степени кандидат технических наук – М., 2008. – 256 с.
4. Наумов И.В. Прогнозирование отказов сельских распределительных сетей напряжением 10 кВ (на примере филиала Восточных электрических сетей ОАО “ИЭСК” / И.В. Наумов, А.В. Ланин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. – Вып.1. – С. 86 – 91.
5. Отчет по расходу запасного оборудования РЭС в составе Восточных электрических сетей ОАО ИЭСК, 2015.
6. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управления запасами / Ю.И. Рыжиков – С-Пб.: Питер, 2004. – 384 с.
7. Самойлович В.Г. Организация производства и менеджмента: Учебник / В.Г. Самойлович – М.: Академия, 2008. – 335 с.

#### References

1. Anishhenko V.A. *Nadjozhnost' sistem jelektrosnabzhenija* [Reliability of power supply systems]. Minsk, 2001, 160 p.
2. Lanin A.V., Naumov I.V. *Prognoz -2 + Gosudarstvennaja registracija komp'yuternoj*

programmy № 2011618014 от 12 октября 2011 [State registration of the computer program № 2011618014 dated October 12, 2011].

3. Mikrjukov D.N. *Prognozirovanie sostava zapasnyh jelementov sel'skih raspredelitel'nyh setej naprjazheniem 0.38-10 kV* [Forecasting the composition of spare parts of rural distribution networks with a voltage of 0.38-10 kV]. Dis. Cand., Moscow, 2008, 256 p.

4. Naumov, I.V. *Prognozirovanie otkazov sel'skih raspredelitel'nyh setej naprjazheniem 10 kV (na primere filiala Vostochnyh jelektricheskikh setej OAO "IJeSK")* [Forecasting of failures of rural distribution networks with a voltage of 10 kV (on the example of the branch of Eastern electric networks of OJSC "IESK")]. Vestnik AltSAU, 2011, no. 1, pp. 86 – 91.

5. *Otchet po rashodu zapasnogo oborudovanija RJeS v sostave Vostochnyh jelektricheskikh setej OAO IESK* [Report on the expenditure of spare equipment for REN in the Eastern Electric Networks of OJSC IESK], 2015.

6. Ryzhikov J.I. *Teorija ocheredej i upravlenija zapasami* [Queuing and inventory management theory]. Sainkt-Petersburg, 2004, 384 p.

7. Samojlovich V.G. *Organizacija proizvodstva i menedzhmenta* [Organization of production and management]. Moscow, 2008, 335 p.

#### Сведения об авторах:

**Ланин Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89832433634, e-mail: lanin\_irk@mail.ru).

**Наумов Игорь Владимирович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89246088990; e-mail: Professor naumov@list.ru).

#### Information about authors:

**Lanin Alexander V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering of the Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89832433634, e-mail: lanin\_irk@mail.ru).

**Naumov Igor V.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering of the Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89246088990; e-mail: Professor naumov@list.ru).

УДК 631.173(571.1)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**А.Е. Немцев, В.В. Коротких, И.В. Деменок**

Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий РАН,  
г. Новосибирск, Россия

Эффективное использование МТП обеспечивает его постоянную техническую готовность к выполнению механизированных сельскохозяйственных работ. Особенно это

требование относится к сложным энергонасыщенным тракторам и широкозахватным современным уборочным комбайнам и машинам. В статье обоснована рациональная производственная мощность технического сервисного предприятия для обслуживания сельскохозяйственной техники. Производственная мощность определяется с учётом плотности расположения обслуживаемых объектов, зависит от количества машин в зоне обслуживания и среднего радиуса зоны обслуживания.

*Ключевые слова:* технический сервис, технический центр, машинно-тракторный парк (МТП), сервисное предприятие, производственная мощность.

## **DETERMINATION OF PRODUCTION CAPACITY OF THE TECHNICAL SERVICE ENTERPRISE**

**Nemtsev A.E., Korotkikh V.V., Demenok I.V.**

Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, *Novosibirsk, Russia*

Effective use of the MTF ensures its constant technical readiness for the performance of mechanized agricultural works. Especially this requirement applies to complex energy-saturated tractors and wide-spread modern harvester combines and machines. The article substantiates the rational production capacity of a technical service enterprise for servicing agricultural machinery. Production capacity is determined taking into account the density of the location of the serviced objects; it depends on the number of machines in the service area and the average radius of the service area.

*Keywords:* technical service, technical center, machine and tractor park (MTP), service enterprise, production capacity.

С целью эффективного использования МТП следует обеспечить его постоянную техническую готовность к выполнению механизированных сельскохозяйственных работ [3, 9]. Особенно это требование относится к сложным энергонасыщенным тракторам и широкозахватным современным уборочным комбайнам и машинам.

В современных условиях система технического обслуживания и ремонта машин обеспечивает повышенный уровень механизированного производства сельскохозяйственной продукции в стране. По существу эта система компенсирует сократившееся в разы поступление новой техники, значительно увеличивая срок службы эксплуатируемых машин при умеренных затратах на обеспечение их работоспособности [2, 8].

Хозяйства могут организовать техническое обслуживание (ТО) МТП собственными силами и средствами при наличии материально-технической базы, квалифицированного обслуживающего персонала, необходимой нормативно-технической документации. Но, как правило, сложные ТО проводятся сельскохозяйственными сервисными предприятиями – техническими центрами [5, 7].

Для качественного проведения ТО МТП техническим сервисным предприятием, разработки обоснованного его бизнес-плана, построения эффективной маркетинговой стратегии и финансового прогноза возникает необходимость определения рациональной производственной мощности (программы) [1] с целесообразной зоной обслуживания.

При организации ТО МТП учитываются следующие особенности: наличие техники, распределение объектов обслуживания по территории, разномарочность парка машин, сезонность работы машин, выполнение различных объёмов работ отдельными машинами, неравномерность износа машин. Первая особенность не позволяет создавать очень крупные сервисные предприятия, так как увеличение его производственной мощности приводит к повышению транспортных затрат. Остальные особенности вызывают затруднения в обеспечении равномерной загрузки сервисных предприятий.

Специфика, свойственная сельскому хозяйству страны:

- широкая распространённость производства (посевная площадь составляет около 79 млн га, то есть 790 тыс. кв. км);
- многочисленность регионов, участвующих в производстве продукции (практически все субъекты Российской Федерации восьми федеральных округов);
- большая протяжённость дорог общего пользования, которая составляет около 600 тыс. км (миллионы километров перемещения мобильных технических средств, объём транспортного потока только в технологиях уборки зерновых культур достигает 1 трлн. то-километров) [4];
- многооперационность, сезонность и неравномерность распределения годового объёма работ при производстве сельскохозяйственной продукции.

Например, объёмы перевозок поквартально составляют соответственно: I – 14 %, II – 16 %, III – 45 %, IV – 25 % годового объёма.

С целью нахождения оптимального варианта централизации обслуживания и наиболее рациональной производственной мощности сервисного (СП) необходимо определить количество объектов, нуждающихся в обслуживании, площадь территории, на которой они расположены, и среднее расстояние ездки от СП до неисправной машины. Для этого необходимо определить площадь территории в том случае, когда среднее расстояние ездки мобильных ремонтных средств до ремонтных объектов равно одному километру. Под средним расстоянием ездки понимаем частное от деления всего объёма работ, выполненных мобильными средствами СП, на общую массу всех машин, находящихся в зоне обслуживания, которое можно записать в виде [9]:

$$R_c = q \int y dF / (qF) = \int y dF / F, \quad (1)$$

где  $R_c$  – среднее расстояние от обслуживаемой сельскохозяйственной техники до СП;

$dF$  – элементарная площадка с объектами обслуживания СП;

$q$  – масса объектов обслуживания, приходящихся на элементарную площадку  $dF$ ;

$y$  – расстояние от элементарной площадки до СП;

$F$  – общая площадь зоны обслуживания СП.

Рассмотрим вариант определения зоны обслуживания СП сельскохозяйственной техники для площади, имеющей форму круга (рис. 1):

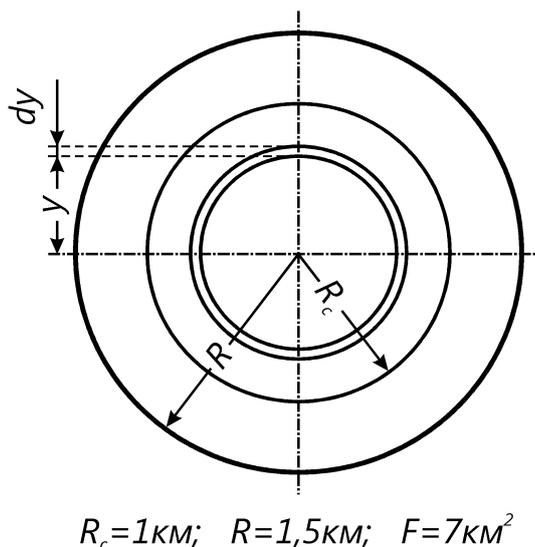


Рисунок 1 – Схема определения площади территории при среднем расстоянии до обслуживаемой сельскохозяйственной техники, равном 1 км

При равномерном распределении объектов, нуждающихся в обслуживании, масса объектов обслуживания пропорциональна площади территории, то есть:

$$Q = q \pi R^2, \quad (2)$$

где  $Q$  – общая масса объектов обслуживания;

$R$  – радиус круга общей площади  $F$ ;

$q$  – масса объектов обслуживания, приходящаяся на единицу площади территории, описываемой радиусом  $R$ .

Работа специалистов сервиса по обслуживанию объектов на территории, описываемой радиусом  $R$ :

$$A = \int q y dF ; dF = 2\pi y dy ; A = \int_0^R q 2\pi y^2 dy = 2\pi q \int_0^R y^2 dy = 2\pi q (y^3/3) \Big|_0^R = 2\pi q R^3/3 ;$$

тогда 
$$A/Q = 2\pi q R^3 / (3\pi q R^2) = \left(\frac{2}{3}\right) R = R_c ,$$

(3)

а площадь территории, обслуживаемой СП при  $R_c = 1$  км, составляет 7 км<sup>2</sup>, так как:

$$F = \pi R^2 = \pi 1,5^2, \text{ а } R = 3/2 R_c . \quad (4)$$

С увеличением среднего расстояния площадь  $F$  возрастает пропорционально  $R_c^2$ . Разделив всю площадь  $F$  данной зоны обслуживания сельскохозяйственной техники сервисным предприятием на площадь со средним расстоянием  $R_c = 1$  км, то есть на 7 км<sup>2</sup>, найдем  $n$ , то есть сколько раз площадь со средним расстоянием  $R_c = 1$  км укладывается на площади данной зоны обслуживания:

$$n = F/7. \quad (5)$$

Разделив количество объектов, подлежащих обслуживанию на

территории в данной зоне обслуживания, на  $n$ , узнаем, сколько объектов  $N_K$ , подлежащих обслуживанию, приходится на площадь со средним расстоянием  $R_c = 1$  км, т.е.

$$N_K = N_M/n \text{ или } N_K = 7N_M/F, \quad (6)$$

где  $N_M$  – количество объектов, подлежащих обслуживанию в течение года;

$N_K$  – плотность расположения объектов, подлежащих обслуживанию на площади со средним расстоянием  $R_c = 1$  км.

Количество обслуживаемых машин будет изменяться пропорционально квадратам средних расстояний:

$$R_c^2/R^2 = N_K/N_M ; \quad (7)$$

$$R^2 = R_c^2 N_M/N_K \quad (8)$$

и, так как  $R_c = 1$  км, то 
$$R = \sqrt{N_M/N_K} . \quad (9)$$

Таблица – Изменение годовой производственной мощности СП ( $W$ ) в зависимости от среднего радиуса зоны обслуживания  $R_c$  при различной плотности расположения объектов обслуживания

Среднее расстояние транспортирования $R_c$ (км) при различных $N_K$					Годовая производственная мощность СП, шт., $W$
$N_K = 0.5$	$N_K = 1$	$N_K = 2$	$N_K = 3$	$N_K = 4$	
14.14	10.00	7.07	5.74	5.00	100
22.36	15.81	11.18	9.11	7.91	250
31.60	22.36	15.81	12.88	11.18	500
38.81	27.38	19.36	15.81	13.69	750
44.75	31.60	22.36	18.25	15.81	1000
63.30	44.75	31.60	25.80	22.36	2000
89.49	63.30	44.75	36.48	31.62	4000
109.62	77.44	54.76	44.75	38.73	6000
126.49	89.49	63.30	51.65	44.72	8000
141.42	100.00	70.72	57.76	50.00	10000
154.91	109.62	77.44	63.20	54.77	12000

При различной плотности расположения объектов обслуживания, находящихся на площади со средним расстоянием от СП  $R_c = 1$  км, средние расстояния зоны обслуживания сельскохозяйственной техники и годовая производственная мощность СП будут характеризоваться данными, приведёнными в таблице.

Изменение годовой производственной мощности СП (ось ординат –  $W$ ) в зависимости от средних расстояний зоны обслуживания (ось абсцисс –  $R_c$ ) при различной плотности расположения машин, подлежащих обслуживанию ( $N_K$ ), показано на рисунке 2.

Годовую производственную мощность сервисного предприятия ( $W$ ) можно определить по формуле:

$$W = N_K R^2 . \quad (10)$$

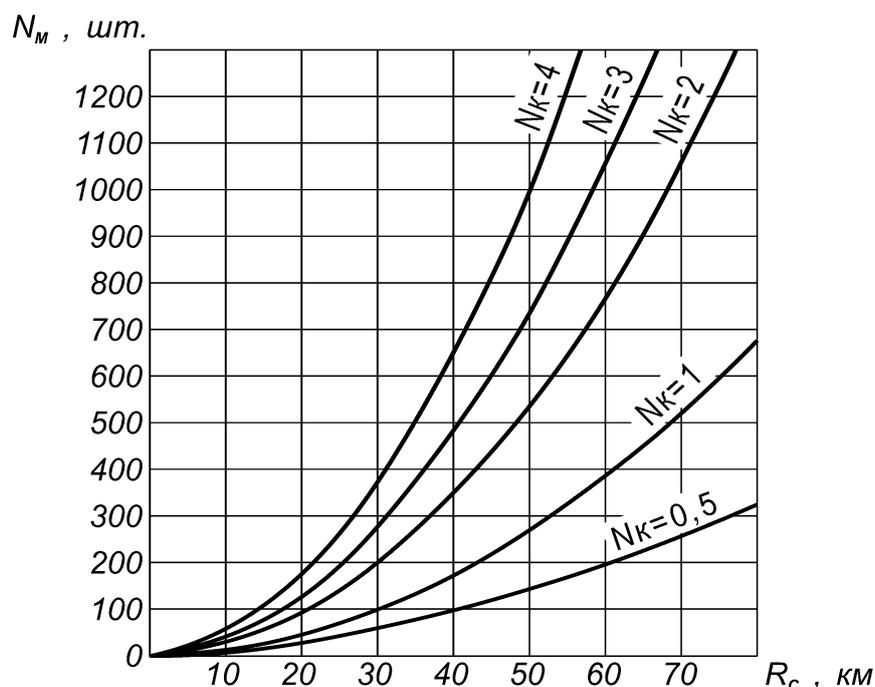


Рисунок 2 – Изменение количества обслуживаемых объектов ( $N_M$ ) в зависимости от средних расстояний зоны обслуживания СП ( $R_c$ ) при различной плотности расположения объектов ( $N_K$ )

**Выводы.** 1. Производственная мощность технического сервисного предприятия для обслуживания МТП определяется с учётом плотности расположения обслуживаемых объектов, зависящей от количества машин в зоне обслуживания и среднего радиуса зоны обслуживания;

2. Обоснованная производственная мощность технического сервисного предприятия для обслуживания МТП может использоваться для разработки бизнес-плана, эффективной маркетинговой стратегии и финансового прогноза развития СП на перспективу.

#### Список литературы

1. Бизнес-планы. Полное справочное руководство. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 240 с.
2. Деменок И.В. Пути улучшения ремонтно-эксплуатационной базы АПК / И.В. Деменок, А.Е. Немцев // Вестник ИрГСХА. – 2011. – Вып. 47. – С. 92-98.
3. Иванов Н.М. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в условиях Сибири: учебно-методическое пособие / Н.М. Иванов, А.Е. Немцев, В.В. Коротких и др. – Новосибирск: НГАУ, 2012. – 108 с.
4. Концепция развития системы оперативного управления автотранспортными и другими мобильными техническими средствами, применяемыми в сельском хозяйстве с использованием ГЛОНАСС / GPS: ГНУ Всеросс. науч.-исслед. инст-т механизации сельского хозяйства (ВИМ Россельхозакадемии) // М.: ГНУ ВИМ, 2014. – 64 с.
5. Криков А.М. Информационные модели системы технической диагностики и обслуживания тракторов / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2011. – № 5. – С. 102 – 108.
6. Левитский И.С. Организация ремонта и проектирование сельскохозяйственных ремонтных предприятий / И.С. Левитский – М.: Колос, 1977. – 240 с.

7. Лившиц В.М. Система для диагностики состояния топливной аппаратуры автотракторного дизельного двигателя в условиях эксплуатации / В.М. Лившиц, С.В. Крашенинников, С.П. Пятин // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: Матер. междунар. науч.-практ. конф. // Новосибирск: НГАУ, 2009. – Ч. 1. – С. 360 – 364.

8. Немцев А.Е. К обоснованию количества мобильных средств при организации технического сервиса сельскохозяйственного предприятия / А.Е. Немцев, И.В. Деменок // Актуальные проблемы научного обеспечения АПК Сибири: Матер. между. науч.-практ. конф. // Омск: ОмскГУ, 2013. – С. 77 – 80.

9. Технический сервис в АПК Новосибирской области: Рекомендации / Под ред. А.Е. Немцева – Новосибирск: НГАУ, 2003. – 171с.

### References

1. *Biznes-planu. Polnoe spravochnoe rukovodstvo* [Business plans. Full reference guide]. Moscow, 2001, 240 p.

2. Demenok I.V. *Ways of improving repair and maintenance base APK* [Ways to improve the repair and maintenance base of the agro-industrial complex]. Vestnik IrGSHA, 2011, no.47, pp. 92 – 98.

3. Ivanov N.M. *Improving the efficiency of maintenance and repair of agricultural machinery in the conditions of Siberia* [The increase of efficiency of technical maintenance and repair of agricultural machinery in the conditions of Siberia]. Novosibirsk, 2012, 108 p.

4. *The concept of development of system of operational management of vehicles and other mobile technical equipment used in agriculture with the use of GLONASS/GPS: GNU all-Russian scientific research Institute of agriculture mechanization (VIM RAAS)* [The concept of development of the operational management system for motor transport and other mobile technical means used in agriculture using GLONASS / GPS: All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization (VIM of the Russian Academy of Agricultural Sciences)]. Moscow, 2014, 64 p.

5. Krikov A.M. *Information model of system of technical diagnostics and maintenance of tractors* [Information models of the system of technical diagnostics and maintenance of tractors]. Sib. vestnik. agricultural science, 2011, no. 5, pp. 102 – 108.

6. Levitsky, I.S. *Organization of repair and design of agricultural maintenance companies* [Organization of repair and design of agricultural repair enterprises]. Moscow, 1977, 240 p.

7. Livshic V.M. *System for the diagnostics of fuel injection equipment automotive diesel engine operating conditions* [The system for diagnosing of the condition of the fuel equipment of an autotractor diesel engine under operating conditions]. Novosibirsk, 2009, Part 1, pp. 360 – 364.

8. Nemcev A.E., Demenok I.V. *K obosnovaniyu kolichestva mobil'nyh sredstv pri organizacii tehničeskogo servisa sel'skhozajstvennogo predpriyatija* [To the substantiation of the number of mobile means in organizing the technical service of an agricultural enterprise].Omsk, 2013, pp. 77 – 80.

9. *Tehničeskij servis v APK Novosibirskoj oblasti* [Technical service in the agro-industrial complex of Novosibirsk region: recommendations]. Novosibirsk, 2003. 171p.

### Сведения об авторах:

**Деменок Ирина Владимировна** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН (630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, п. Краснообск, СибНИИЭСХ СФНЦА РАН, а/я 463, тел. 83833485582, e-mail: korotkich@ngs.ru).

**Коротких Владимир Владимирович** – кандидат технических наук лаборатории Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН (630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, п.

Краснообск, СибНИИЭСХ СФНЦА РАН, а/я 463, тел. 83833485582, e-mail: korotkich@ngs.ru).

**Немцев Анатолий Егорович** – доктор технических наук, главный научный сотрудник Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН (630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, п. Краснообск, СибНИИЭСХ СФНЦА РАН, а/я 463, тел. 89139110611, e-mail: nemcev.nsk@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Demenok Irina V.** – Candidate of Technical Sciences, senior researcher Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the SFNTS of the Russian Academy of Sciences (Box 463, SybNIIESKh SFNZ RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, tel. 83833485582, e-mail: korotkich@ngs.ru).

**Korotkih Vladimir V.** – Candidate of Technical Sciences Laboratory of the Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the SFNZ RAS (Box 463, SybNIIESKh SFNZ RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, tel. 83833485582, e-mail: korotkich@ngs.ru).

**Nemcev Anatoly E.** – Doctor of Technical Sciences, Ph.D. Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the SB RAS of the Russian Academy of Sciences (Box 463, SybNIIESKh SFNZ RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, tel. 89139110611, e-mail: nemcev.nsk@yandex.ru).

УДК 007.51+631.3-192:63/635

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
С ТРАНСПОРТНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ  
ЗА СЧЕТ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Н.И. Овчинникова, А.В. Косарева**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье предложены варианты резервирования эргатической (человеко-машинной) системы с транспортным обеспечением в растениеводстве, позволяющие избежать вынужденные прекращения технологического процесса из-за возникновения “отказов” некоторых ее элементов. По аналогии резервирования технических систем с целью повышения надежности эргатической системы авторами рекомендовано применять ненагруженное, смешанное резервирование замещением подсистем “человек”, “машина” и “транспорт”. Полученные формулы вероятности безотказной работы могут быть использованы для расчета количественных показателей надежности рассматриваемой системы при различных видах резервирования, а также для разработки мероприятий по совершенствованию условий эксплуатации используемой сельскохозяйственной техники и повышению качества выполнения различных полевых работ в растениеводстве.

*Ключевые слова:* эргатическая система, технологический процесс в растениеводстве с транспортным обеспечением, ненагруженное резервирование, резервирование замещением, надежность системы, вероятность безотказной работы системы.

**IMPROVING THE RELIABILITY OF THE ERGATIC SYSTEM WITH  
TRANSPORT SECURITY IN CROP PRODUCTION DUE TO RESERVATION OF ITS  
ELEMENTS**

**Ovchinnikova N.I., Kosareva A.V.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

The article proposes variants of reserving an ergatic (man-machine) system with transport support in plant growing; they allow to avoid forced termination of the technological process due to "failures" of some of its elements. By analogy of redundancy of technical systems for the purpose of increasing the reliability of the ergatic system, the authors recommend using unloaded, mixed reservation by replacing subsystems "man", "machine" and "transport". The obtained formulas for the probability of failure-free operation can be used to calculate the quantitative indicators of the reliability of the system under consideration with various types of redundancy, as well as to develop measures to improve the operating conditions of the agricultural machinery used and to improve the quality of various field works in crop production.

*Keywords:* ergatic system, technological process in plant growing with transport support, unloaded reservation, replacement by reservation, system reliability, probability of system failure-free operation.

В практике эксплуатации сельскохозяйственной техники иногда используют резервирование. В соответствии с ГОСТ Р 53480-2009 резервированием называется применение дополнительных средств и (или) возможностей с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов [2]. При выходе из строя одного из элементов включается дублер, выполняющий его функции, и система продолжает функционировать. Расчет количественных характеристик надежности систем с резервированием отдельных элементов или групп элементов во многом определяется видом резервирования. Различают нагруженный, ненагруженный и облегченный резерв [3]. Разновидностью этих видов резервов является резерв с восстановлением. При отказе системного элемента его замещает резервный, а основной элемент начинает восстанавливаться (ремонтируется, если это возможно), после чего становится в резерв.

По аналогии резервирования технических систем предлагается рассмотреть возможность резервирования эргатической (человеко-машинной) системы, выполняющей технологические операции в растениеводстве с транспортным обеспечением, таких как заготовка грубых кормов, уборка урожая различных сельскохозяйственных культур.

**Цель исследования** – повышение надежности эргатической системы с транспортным обеспечением в растениеводстве за счет резервирования ее элементов “человек”, “машина” и “транспорт”.

**Объект исследования** – технологический процесс в растениеводстве с транспортным обеспечением, используемые **методы** – вероятностные.

Под надежностью рассматриваемой эргатической системы будем понимать свойство системы сохранять устойчивость процесса функционирования, обеспечивающее безотказность и восстанавливаемость технических средств, их периодическую профилактику, безошибочность

действий оператора, его медико-биологическую надежность, удовлетворение потребности в отдыхе, возможность восстановления работоспособности, готовность технических средств и операторов к работе. Повышение надежности достигается устранением причин, вызывающих в ней “отказы”, т.е. сведение к минимуму технологических, эксплуатационных и управленческих ошибок. В качестве общего показателя надежности эргатической системы может использоваться вероятность ее безотказной работы, определяемая из структурных схем при последовательном, параллельном и последовательно-параллельном соединении ее элементов.

Представим технологический сельскохозяйственный процесс в растениеводстве с транспортным обеспечением как функционирование системы “человек – машина – среда – транспорт” (Ч-М-С-Т) [4]. Для безотказной работы в течение некоторой наработки  $t$  необходимо и достаточно, чтобы каждый из ее элементов работал безотказно в течение этой наработки. Структурная схема эргатической системы с последовательным соединением ее элементов представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема системы “человек – машина – среда – транспорт”

Вероятность безотказной работы системы ( $P$ ) при условии, что отказы элементов независимы, определится как произведение вероятностей безотказной работы [1] “человека”, “машины”, “среды”, “транспорта” соответственно:

$$P = P_{\text{ч}} \cdot P_{\text{м}} \cdot P_{\text{Тр}} \cdot P_{\text{с}} = [1 - F_{\text{ч}}(t)] \cdot [1 - F_{\text{м}}(t)] \cdot [1 - F_{\text{Тр}}(t)] \cdot [1 - F_{\text{с}}(t)], \quad (1)$$

где  $P_{\text{ч}}$ ,  $P_{\text{м}}$ ,  $P_{\text{Тр}}$ ,  $P_{\text{с}}$  – вероятности безотказной работы элементов системы: “человека”, “машины”, “транспорта”, “среды”;

$F_{\text{ч}}(t)$ ,  $F_{\text{м}}(t)$ ,  $F_{\text{Тр}}(t)$ ,  $F_{\text{с}}(t)$  – функции распределения времени до отказа какого-либо элемента системы, для нахождения которых используются известные распределения Вейбулла, Пуассона и экспоненциальное.

При последовательном соединении элементов надежность эргатической системы будет тем ниже, чем вероятность безотказной работы у самого надежного ее элемента. Одним из методов повышения надежности рассматриваемой системы является резервирование. В нашем случае можно резервировать “человека”, “машину”, “транспорт”. Элемент системы “среда” принимается как нерезервируемый элемент системы ( $P_{\text{с}} = 0.8 - 1$ ).

Рассмотрим варианты резервирования одного, двух или трех элементов системы, используя ненагруженное резервирование замещением [3]. Так, в случае “отказа” механизатора вследствие утомления, временной утраты работоспособности необходимо заменить его напарником (сменщиком, дублером), который примет управление сельскохозяйственной машиной и завершит заданный объем работы. При возникновении отказа машинно-

тракторного агрегата (МТА) из-за технической неисправности или нарушения технологического процесса следует использовать резервный агрегат. Если же в состоянии “отказа” оказался транспорт, необходимо его заменить резервным. Структурная схема с одним резервным элементом представлена на рисунке 2. Вероятность безотказной работы эргатической системы в случае резервирования одного ее элемента, при условии совпадения вероятностей безотказной работы резервных элементов, определится по формулам:

$$а) P = [1 - (1 - P_ч)^2] \cdot P_м \cdot P_{Тр} \cdot P_c, \quad (2)$$

$$б) P = P_ч \cdot [1 - (1 - P_м)^2] \cdot P_{Тр} \cdot P_c, \quad (3)$$

$$в) P = P_ч \cdot P_м \cdot [1 - (1 - P_{Тр})^2] \cdot P_c, \quad (4)$$

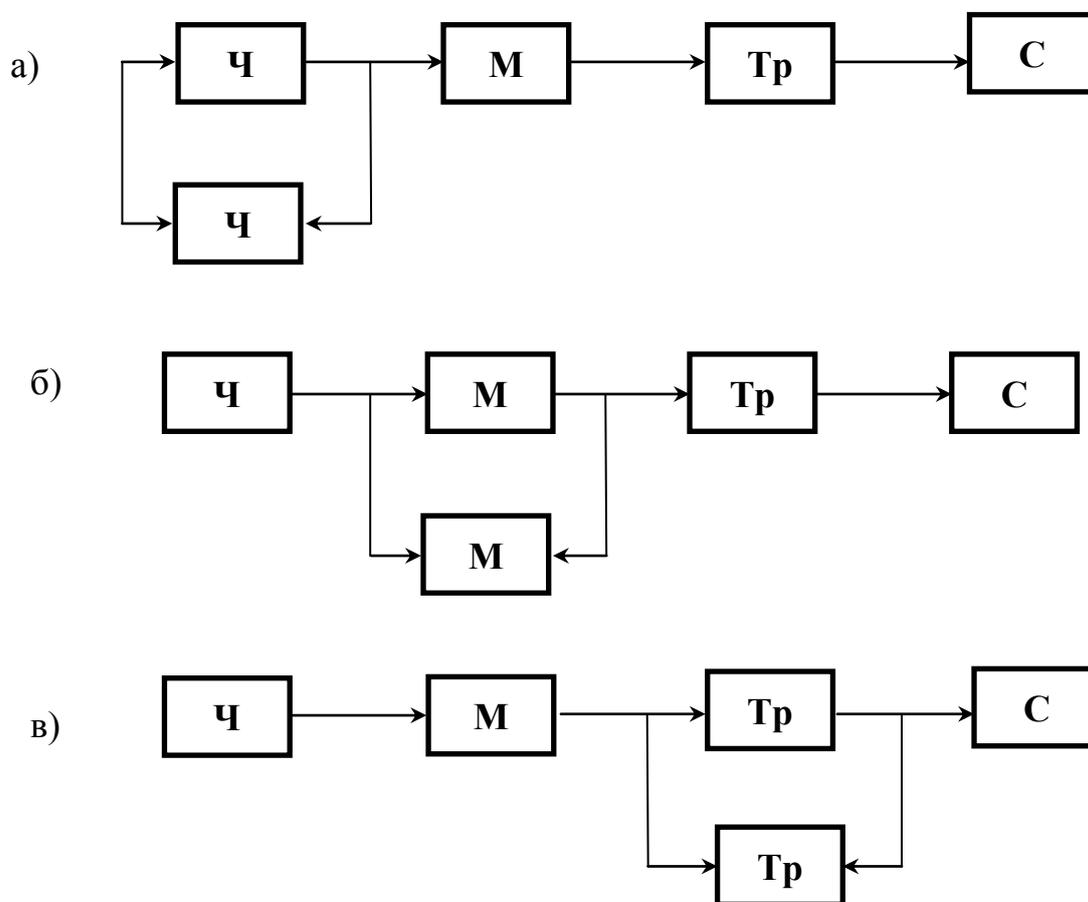


Рисунок 2 – Структурная схема эргатической системы с одним резервным элементом: а) “человека”, б) “машины”, в) “транспорта”

При параллельном соединении вероятность отказа системы меньше вероятности отказа любого входящего в нее элемента, а, следовательно, надежность эргатической системы – выше. Это утверждение легко проиллюстрировать на числовых данных. Пусть  $P_ч = 0.8$ ,  $P_м = 0.7$ ,  $P_{Тр} = 0.6$ ,  $P_c = 1$ . Для определения вероятности безотказной работы системы в целом, применив формулы 1 – 4, получим: без резервирования  $P = 0.3360$ ; при резервировании “человека”  $P = 0.4032$ ; при резервировании “машины”  $P =$

0.4368; при резервировании “транспорта”  $P = 0.4704$ . Увеличивается число параллельных соединений элементов, повышается и надежность всей системы.

Схемы смешанных видов резервирования эргатической системы представлены на рисунках 3 и 4.

Вероятности безотказной работы системы при равнонадежных резервных элементах для этих схем:

$$P = [1 - (1 - P_q)^2] \cdot [1 - (1 - P_m)^2] \cdot P_{Tp} \cdot P_c, \quad (5)$$

$$P = [1 - (1 - P_q)^2] \cdot [1 - (1 - P_{Tp})^2] \cdot P_m \cdot P_c, \quad (6)$$

$$P = P_q \cdot [1 - (1 - P_m)^2] \cdot [1 - (1 - P_{Tp})^2] \cdot P_c, \quad (7)$$

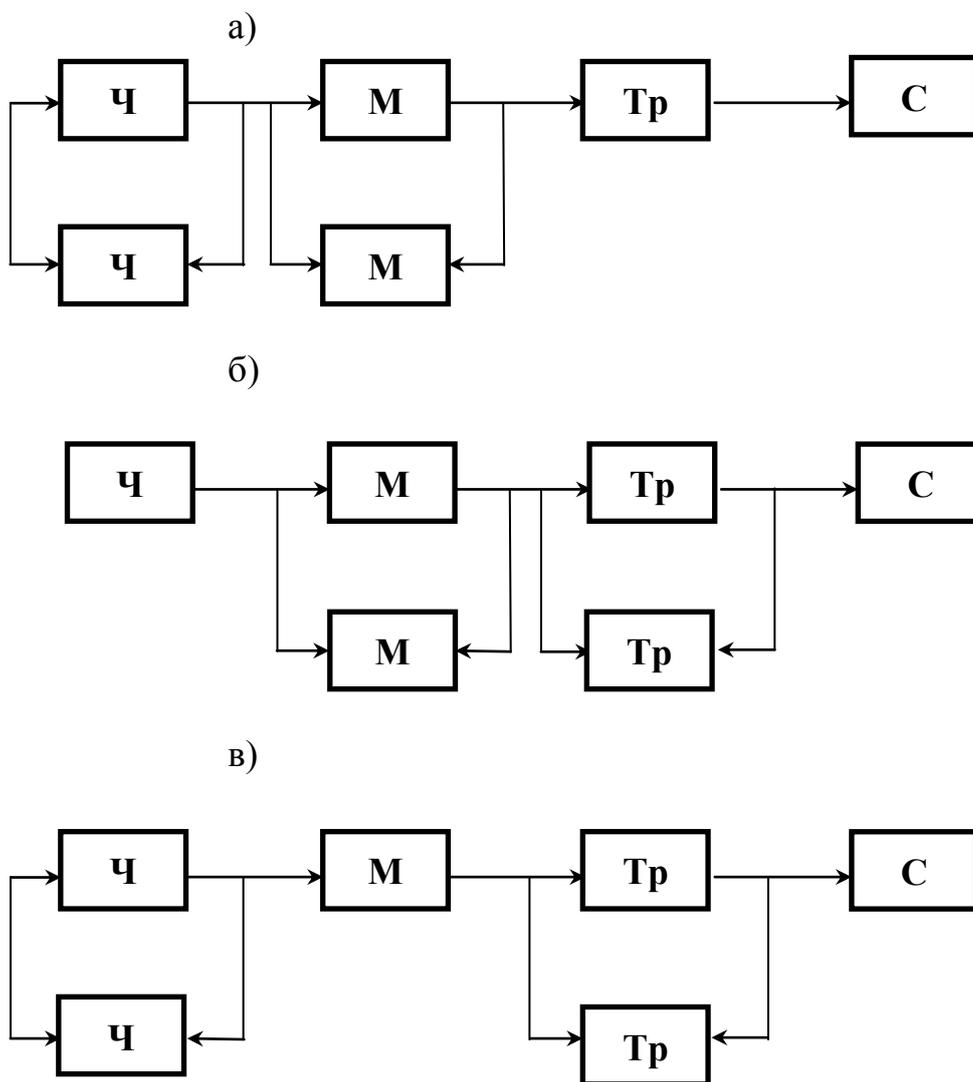


Рисунок 3 – Структурная схема эргатической системы с двумя резервными элементами: а) “человека” и “машины”, б) “человека” и “транспорта”, в) “машины” и “транспорта”.

В случае резервирования трех элементов, включая “транспорт”, структурная схема надежности системы представится:

Вероятность безотказной работы системы в этом случае будет определяться из следующего уравнения:

$$P = [1 - (1 - P_{\text{ч}})^2] \cdot [1 - (1 - P_{\text{м}})^2] \cdot [1 - (1 - P_{\text{тр}})^2] \cdot P_c. \quad (8)$$

Используя ранее приведенные значения вероятностей безотказной работы элементов системы, вычислим по формулам (5) – (8) надежность эргатической системы при разных структурных схемах резервирования:

- при резервировании “человека” и “машины”  $P = 0.524$ ;
- при резервировании “человека” и “транспорта”  $P = 0.564$ ;
- при резервировании “машины” и “транспорта”  $P = 0.611$ ;
- при резервировании “человека”, “машины” и “транспорта”  $P = 0.733$ .

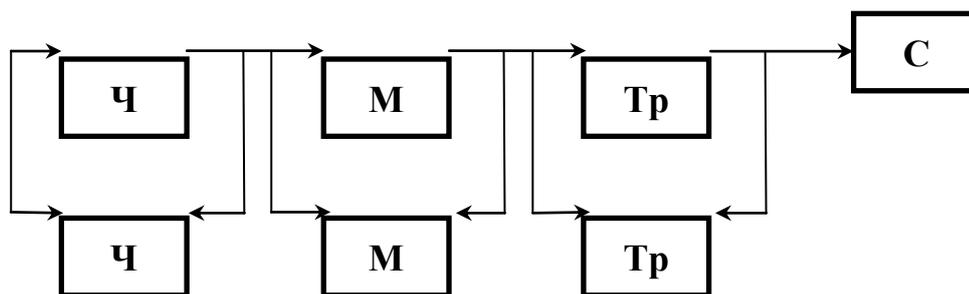


Рисунок 4 – Структурная схема эргатической системы с тремя резервными элементами “человека”, “машины” и “транспорта”

**Результаты и их обсуждение.** Как видно из расчетов по приведенным формулам, резервирование элементов эргатической системы существенно повышает надежность ее функционирования, вероятность выполнения заданного объема работ. Наибольший эффект достигается при резервировании менее надежных элементов (в нашем примере “машина” и “транспорт”). Чем хуже техническое состояние машин, тем больше необходимость в резервировании. Однако практическая реализация резервирования сопряжена со значительными трудностями и в конечном итоге решающим являются: либо критерий приведенных затрат и стоимость резервирования, либо фактор времени (сжатые агросроки проведения с.-х. работ).

При расчетах надежности эргатических систем необходимо учитывать и качественные характеристики надежности, которые обусловлены:

- 1) эргономическим соответствием используемой сельскохозяйственной техники возможностям и потребностям человека;
- 2) обученностью человека, соответствием его профессионального уровня сложности и требованиям выполняемой работы;
- 3) индивидуальными особенностями человека (здоровье, состояние нервной системы и др.) и их согласованностью с требованиями профессии.

В связи с этим обеспечение необходимого уровня надежности системы требует решения специального комплекса задач на этапах формирования и эксплуатации эргатической системы с транспортным обеспечением в растениеводстве: подготовка полей, комплектование сельскохозяйственной

техники, подбор квалифицированного персонала, организация выполнения и управления технологическим процессом, степень использования методов и средств технической диагностики и др.

**Выводы.** 1. Полная надежность эргатической системы с транспортным обеспечением в растениеводстве неосуществима.

2. Уровень надежности рассматриваемой системы зависит от надежности и других свойств входящих в нее элементов “человека”, “машины”, “транспорта” и “среды”.

3. Повышение надежности человеко-машинной системы в растениеводстве с транспортным обеспечением возможно за счет ненагруженного резервирования замещением ее элементов.

4. Анализ вариантов резервирования одного, двух или трех элементов системы показал, что надежность эргатической системы повышается с увеличением числа замещенных элементов. Необходимость в резервировании системы чаще всего возникает при замене технических составляющих “машина” и “транспорт”.

5. Несмотря на повышение роли систем управления и комплексной автоматизации технологических процессов в растениеводстве, все же человек останется единственным (а иногда единоличным) звеном, от которого зависят надежность и эффективность человеко-машинной системы в целом. Требования к таким его личным качествам, как производительность, точность, надежность и эффективность будут расти и постоянно повышаться.

#### Список литературы

1. Ганичева А.В. Теория вероятностей: Учеб. для вузов / А.В. Ганичева – СПб. - Лань, 2017. – 140 с.
2. ГОСТ Р 53480-2009 Надежность в технике. Термины и определения // М.: Стандартиформ, 2011. – 28 с.
3. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
4. Терских И.П. Надежность процесса уборки зерновых прямым комбайнированием: Учебное пособие с грифом УМО по агроинженерному образованию / И.П. Терских, Н.И. Овчинникова, В.М. Вильчинский – Иркутск: ИрГСХА, 2002. – 360 с.

#### References

1. Ganicheva A.V. *Teorija verojtnostey ucheb. dlja vuzov* [Theory of Probability] Sankt-Petersburg, 2017, 140 p.
2. GOST R53480-2009 *Nadezhnost' v tehnikе. Terminy i opredelenija* [Reliability in technology. Terms and Definitions]. Moscow, 2011, 28 p.
3. Ostrejkovsky V.A. *Teorija nadezhnosti* [Theory of reliability]: Moscow, 2003, 463 p.
4. Terskih I.P. et all. *Nadezhnost' protsessа uborki zernovyh prjатыm kombaynirovaniem.* [Reliability of the process of harvesting grain by direct combining]. Irkutsk, 2002, 360 p.

#### Сведения об авторах:

**Косарева Анна Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и инженерных дисциплин инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89149444228, e-mail: ankosar@mail.ru).

**Овчинникова Наталья Ивановна** – доктор технических наук, профессор кафедры математики инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89148805625, e-mail: nata54@bk.ru).

**Information about authors:**

**Kosareva Anna V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Service and General Engineering Disciplines of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89149444228, e-mail: ankosar@mail.ru).

**Ovchinnikova Natalia I.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mathematics of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148805625, e-mail: nata54@bk.ru).

УДК 628.941.8

## ОБОСНОВАНИЕ ПРЕРЫВИСТОГО ДОСВЕЧИВАНИЯ ТЕПЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ СД-ОБЛУЧАТЕЛЯМИ

**С.А. Попова**

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

В статье рассмотрены проблемы досвечивания тепличных культур, которые связаны с отсутствием точных сведений об этом процессе. Доказана необходимость знания устройств наиболее эффективных для применения в теплицах, сведений о фотопериоде и температуре воздуха с целью минимизации технических затрат электроэнергии и увеличения прибыли от реализации урожая светокультуры. В процессе постановки эксперимента была выявлена закономерность, связанная с неуклонным уменьшением интенсивности фотосинтеза облучаемых растений, и чем дольше длился процесс досвечивания, тем сильнее уменьшалась фотосинтетическая активность. Выдвинута гипотеза о полезности перехода на прерывистый способ досвечивания растений в сооружениях закрытого грунта.

*Ключевые слова:* СД-облучатели, импульсное досвечивание, тепличные культуры, фотопериод, фотосинтез, оптимальные параметры, фитокамера, математическая модель.

## SUBSTANTIATION OF INTERMITTENT SUPPLEMENTARY LIGHTING OF GREENHOUSE PLANTS WITH LED-IRRADIATORS

**Popova S.A.**

Southern Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

The article discusses the problems of lightening greenhouse crops, which are Ass.d with the lack of accurate information about this process. The need to know the most effective devices for use in greenhouses, information about the photoperiod and air temperature is proved in order to minimize the technical costs of electricity and increase profits from the sale of the crop of light culture. In the process of setting up the experiment, there was revealed a regularity that was Ass.d with a steady decrease in the intensity of photosynthesis of irradiated plants, and the longer the process of illumination lasted, the more photosynthetic activity decreased. A hypothesis on the usefulness of the transition to the intermittent method of plant illumination in structures of enclosed soil has been put forward.

*Keywords:* LED-irradiators, pulsed illumination, greenhouse cultures, photoperiod, photosynthesis, optimal parameters, phytocamera, mathematical model.

В настоящее время к современным источникам облучения тепличных растений можно отнести натриевые лампы и светодиодные (СД) элементы. Причем последние необходимо собрать в единую конструкцию по принципу – несколько групп элементов должны иметь различный спектр излучения [4, 5]. Собранными облучательными устройствами необходимо управлять, по нашему мнению, желательно по математической модели роста растения, так как досвечивание будет эффективным только при оптимальной температуре [9, 10].

**Цель исследования** – проанализировать графические зависимости интенсивности фотосинтеза и дать рекомендации по оптимальной длительности досвечивания светокультуры в зимний период.

**Материал и методики.** В институте биологии Карельской академии наук был проведен многофакторный эксперимент, получена шестифакторная математическая модель интенсивности дневного фотосинтеза, построены и проанализированы многочисленные зависимости, позволяющие сделать вывод о том, что высокая температура воздуха в сочетании с высокой облученностью позволяет добиться быстрого взросления растений и увеличения урожая. Был составлен технический журнал наблюдений за поведением растений во время эксперимента, куда записывались данные, снятые с измерительной аппаратуры, отслеживающей режимы микроклимата, автоматически устанавливаемой специальной системой. Выдержки из этого технического журнала приведены в таблице.

Таблица – Экспериментальные данные, снимаемые для моделирования

№ п/п	Освещенность $E$ , клк	Температура дня и ночи, °С		Фотопериод $\Phi П$	Возраст, сутки	Время суток, ч	Интенсивность фотосинтеза $\Phi/(S \cdot \Phi_{\max})$ , отн. ед.	Площадь листьев $S_{л}$ , дм <sup>2</sup>
		$T_{д}$	$T_{н}$					
1	28.2	35	22	18	10	12	0.05	0.856
2	28.2	36	22	18	10	15	1	
3	28.2	36	22	18	10	18	0.39	
4	27	36	22	18	10	21	0.16	
5	25.9	36	22	18	10	24	0.13	
6	25.9	36	22	18	10	3	0.12	
1	28.2	19	25.4	18	11	12	0.9	1.11
2	27	17	25.4	18	11	15	0.63	
3	28.2	16	25.4	18	11	18	0.52	
4	28.2	16	25.4	18	11	21	0.49	
5	30.5	16	25.4	18	11	24	0.36	
6	29.3	16	25.4	18	11	3	0.25	
1	17.9	25	25.3	18	18	12	0.73	4.366
2	17.9	25	25.3	18	18	15	0.69	
3	16.9	26	25.3	18	18	18	0.64	
4	17.9	26	25.3	18	18	21	0.56	
5	19.2	26	25.3	18	18	24	0.47	
6	19.2	26	25.3	18	18	3	0.41	

При построении графических зависимостей по относительным значениям фотосинтеза, приведенным в таблице, можно увидеть динамику изменения интенсивности фотосинтеза за световой период, которая с течением времени меняется. Особенно это заметно, если фотопериод превышает 12 часов, что означает, эффективность затраченной энергии на досвечивание уменьшается с каждым последующим часом.

На рисунке 1 приведена графическая интерпретация фотосинтеза, который резко падает уже через шесть часов досвечивания, потому что светотемпературные условия были неблагоприятными и угнетающими: сверх высокая температура и высокая освещенность. Растение быстро достигло пика своей фотосинтетической деятельности, после чего произошло насыщение и далее началось ослабление фотосинтеза. Суммарный, или интегральный фотосинтез, конечно, увеличивался и далее, но абсолютная величина его с течением времени неуклонно снижалась. Отсюда следует вывод, досвечивающая аппаратура была эффективна только на отрезке 4 – 5 часов, а далее были большие затраты электроэнергии.

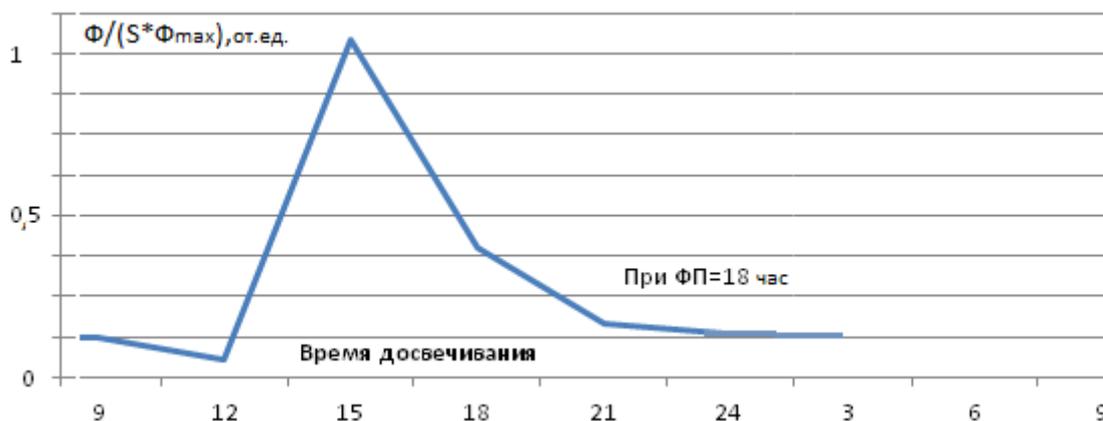


Рисунок 1 – Динамика изменения интенсивности фотосинтеза при  $E = 28$  клк,  $T_d = 35^\circ\text{C}$

На рисунке 2 приведен график для условий, когда не так жарко и достаточно света (центральная часть таблицы). Температура не достаточно высока для такой освещенности, поэтому и фотосинтез невелик и для насыщения его за световой период необходимо более длительное время. Здесь заметна тенденция к неуклонному снижению фотосинтетической деятельности растений. Можно констатировать, что невысокие температуры ведут к прямым убыткам. Чтобы получить достаточную интегральную составляющую фотосинтеза, необходимо продолжительное освещение, однако при этом скорость нарастания массы растения все равно будет недостаточной, и срок вегетации до плодоношения будет удлиняться, что приводит к прямым потерям и тепловой и электрической энергии.

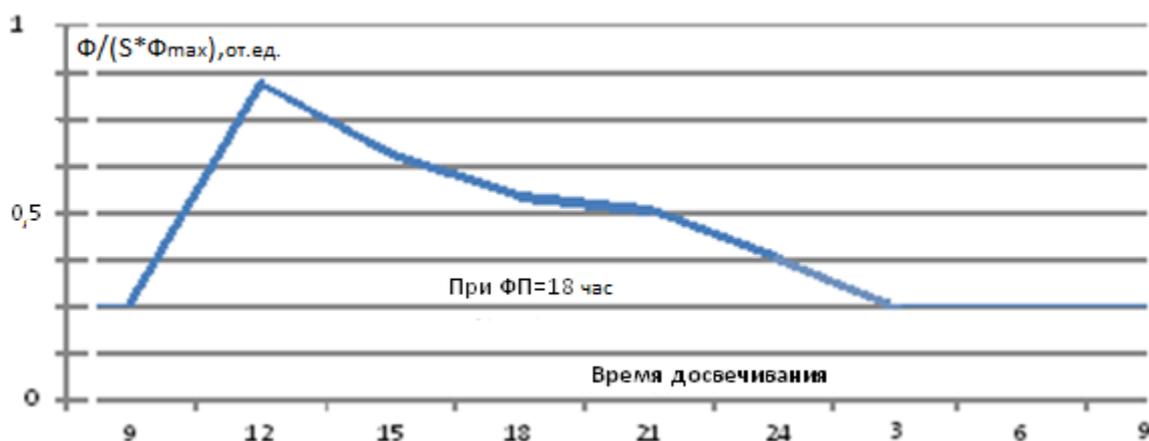


Рисунок 2 – Динамика изменения интенсивности фотосинтеза при  $E = 28$  клк,  $T_d = 19^\circ\text{C}$

На рисунке 3 приведен график фотосинтеза растения, которое имеет почти комфортную температуру содержания, но и здесь нет оптимальных условий среды обитания. Начальные значения фотосинтеза достаточно большие, но не максимальные, поэтому для достижения необходимого насыщения растениям в предлагаемых свето-температурных условиях потребуется большое количество времени. В отличие от рисунка 2, не происходит быстрого снижения фотосинтеза, так как условия для растения приемлемые. Фотосинтез и в этом случае неизбежно уменьшается до минимального (через 9 часов), дальше работа осветительного оборудования не эффективна и бесполезна.

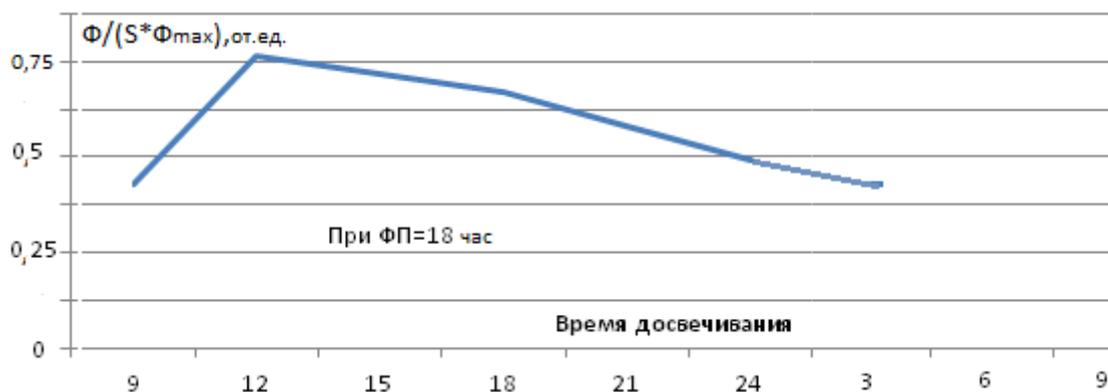


Рисунок 3 – Динамика изменения интенсивности фотосинтеза при  $E = 18$  клк,  $T_d = 25^\circ\text{C}$

В связи с вышеизложенным, можно выдвинуть гипотезу, что если весь период досвечивания в сутках разделить на отрезки световой и темновой фаз, а в течение темновой фазы облучательная аппаратура будет отключена, то интенсивность фотосинтеза будет, как бы подстегнута темновой паузой по сравнению с теми значениями из эксперимента, которые приведены в таблице и на рисунках. Растения получают отдых за время темновой паузы, и начнут

новый период фотосинтеза с высокого начального значения. Для интерпретации сказанного, искусственно создадим диаграмму фотосинтеза из отрезков реальной диаграммы. Для этого выделим часть графика, например, на рисунке 1 с оптимумом на отрезке длительностью в три часа и объединим эти оптимумы интенсивности фотосинтеза в одну диаграмму, получив, таким образом, изображение пиков максимальных значений интенсивности фотосинтеза (см. рис. 4). Следует повторить, что, прерывая режим досвечивания на определенное время, обеспечивается отдых растений для усваивания ими полученной энергии света, после чего, они имеют возможность вернуться к максимальному значению своего фотосинтеза и продержаться на этом пике допустимое время, после чего следует опять погрузить растения в темноту. Такие возвращения к пику своей жизнедеятельности растения могут получать в течение всей ночи несколько раз.

На рисунке 4 изображена составная диаграмма с отрезками времени световой фазы  $\Delta t_{\text{св}}$  и отрезками времени темновой фазы  $\Delta t_{\text{тп}}$ . Определить какова по величине должна быть световая фаза, а какова темновая для оптимизации процесса фотосинтеза можно только после подстановки многофакторного эксперимента и обработки его результатов.

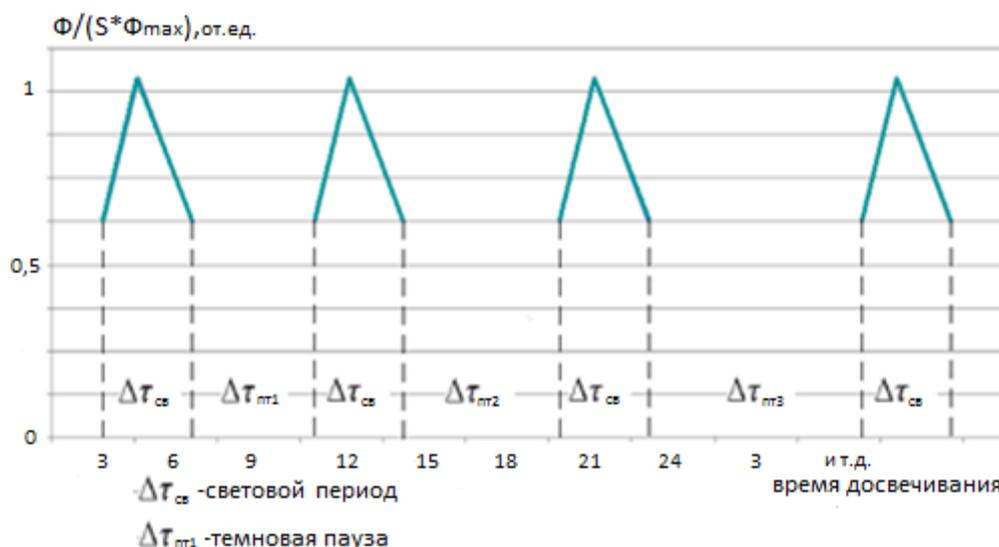


Рисунок 4 – Интерпретация прерывистого режима работы СД-оборудования

Исследования, проведенные в институте биологии в Карелии [10], показали, что при максимальной освещенности растений в 30 клк пик фотосинтеза достигается уже через 2 часа, а через 6 часов снижается почти в два, а иногда и в три раза. Основываясь на этих данных можно утверждать, что весь период фотосинтеза следует разбить на свето-темновые интервалы, длительность которых целесообразно определять с помощью вычислителей по измеряемым показателям фотосинтеза растения в различные фазы (до плодоношения и во время плодоношения) и при различных условиях жизни, т.е. провести многофакторный эксперимент. Эксперимент следует проводить

для различного уровня освещенности, например, в пределах от 10 до 35 клк. На сегодняшний день только светодиодные лампы (СД-лампы) способны неоднократно включаться и отключаться без катастрофических последствий для себя и электрических питающих цепей [8, 11]. В [12] указано, что снижения удельных затрат электроэнергии на досвечивание растений можно добиться, применив светоизлучающие диоды со спектрами излучения, соответствующими максимумам поглощения хлорофиллов, в импульсном режиме работы. В этом случае большее количество световой энергии будет поглощаться, а количество отражённой энергии будет минимальным. Периодически включая и отключая СД-облучатели при различных уровнях освещенности, можно фиксировать, при какой длительности темновой паузы и какой длительности светового интервала (экспликации) будет максимальным параметр, выбранный за “отклик” эксперимента.

Температурный режим при этом следует выдерживать оптимальным, т.е. температура дня и ночи должны быть оптимальными для жизнедеятельности растений. Проведенные с использованием современных методик планирования эксперимента исследования, позволят получить такие же успешные результаты, какие были получены и использованы в математической модели огурца сорта “Московский тепличный”, в Карельском институте биологии [10]. Данные о проведенных исследованиях должны обрабатываться, а результаты помещаться в вычислительный блок, который и будет формировать впоследствии задания для работы СД-облучателей [3, 6, 7].

Проблемой изменяющегося фотопериода занимаются продолжительное время, но только с целью выведения скороспелых сортов для районирования их в условиях рискованного земледелия открытого грунта. В настоящее время ситуация в этом направлении с появлением современных технологий выращивания тепличных культур изменилась. Известно, что растения открытого грунта делятся на три группы: короткого дня, нейтральные и длинного дня [1]. Растения тропические относятся к растениям короткого дня и если нарушить их фотопериодизм, то можно добиться противоположного результата вместо ожидаемого. Тепличные культуры уже давно вышли за пределы этой классификации, так как их досвечивают довольно длительное время, получая при этом высокие урожаи. Это говорит, о том что существует необходимость опытного изучения данных растений на варьирование их фотопериодизма, что будет являться продолжением исследований автора.

**Выводы.** 1. СД-облучатели легко переносят режимы быстрой смены включенного и выключенного состояния, и только необходимо провести ряд экспериментов для того, что бы определить какова должна быть длительность темновой паузы и световой инсталляции для оптимизации режимов работы облучательного оборудования и ускорения протекания всех жизненных циклов тепличных растений. 2. Оптимизируя работу досвечивающей аппаратуры, можно получить экономию не только электрической энергии, но и тепловой, за счет сокращения срока взросления растений.

Список литературы

1. Арасланова Н.М. Фототермические условия выращивания как фоны оценки и отбора скороспелых форм подсолнечника / Н.М. Арасланова: Автореф. дисс. на соиск. уч. степени к.с.-х.н. – Краснодар, 1995. – 24 с.
2. Изаков Ф.Я. Планирование эксперимента и обработка опытных данных / Ф.Я. Изаков – Челябинск: книж. изд-во, 2003. – 102 с.
3. Каримов И.И. Разработка и исследование энергосберегающей автоматизированной системы освещения теплицы на основе светодиодных технологий: отчет о НИР / И.И. Каримов, Р.Р. Галиуллин, С.М. Яковлев и [др.]. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. – 97 с.
4. Патент №153690 РФ. Светодиодная осветительная установка-трансформер / С.А. Попова, Н.М. Рычкова, М.А. Супрун; опубл. 27.07.2015. – Бюл. № 21.
5. Патент №2454066 РФ. Светодиодный фитооблучатель / С.А. Попова, М.А. Супрун; опубл. 27.09.2011. – Бюл. № 27.
6. Патент №2586923 РФ. Способ автоматического управления свето-температурным режимом в теплице / С.А. Попова, Н.М. Рычкова, М.А. Супрун; опубл. 10.06.2016. – Бюл. № 16.
7. Патент №2592101 РФ. Способ автоматического управления свето-температурным режимом в теплице и система для его реализации / С.А. Попова, Н.М. Рычкова, М.А. Супрун; опубл. 20.07.2016. – Бюл. №2 0.
8. Плазменные светильники – перспективные устройства освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://economenergo.ucoz.ru/publ/plazmennye\\_svetilniki\\_perspektivnyye\\_ustrojstva\\_osveshhenija/1-1-0-11/](http://economenergo.ucoz.ru/publ/plazmennye_svetilniki_perspektivnyye_ustrojstva_osveshhenija/1-1-0-11/).
9. Попова С.А. Математическое моделирование продуктивности растений как средство повышения эффективности энергосбережения / С.А. Попова // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 7. – С. 141 – 145.
10. Попова С.А. Энергосберегающая система автоматического управления температурным режимом в теплице / С.А. Попова // Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. – Челябинск, 1995. – 115 с.
11. Применение светодиодных фитоламп для растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forumofworld.com/threads/primenenie-svetodiodyx-led-fitolamp-dlja-rastenij.87/>.
12. Фокин А.А. Экспериментальные исследования влияния параметров светодиодных светильников на урожайность зеленого лука при электродосвечивании / А.А. Фокин, А.С. Гордеев // Вестник МичГАУ. – 2013. – №5. – С. 59 – 63.

References

1. Araslanova N.M. *Fototermicheskie usloviya vyrachchivaniya kak fony ocenki i otbora skorospelyh form podsolnechnika* [Photothermal growing conditions as backgrounds for evaluation and selection of early-ripening forms of sunflower]. Cand. Dis. Thesis., Krasnodar, 1995, 24 p.
2. Izakov F.Ya. *Planirovanie eksperimenta i obrabotka opytnyh dannyh* [Experiment planning and processing of experimental data]. Chelyabinsk, 2003, 102 p.
3. Karimov I.I., Galiullin R.R., Yakovlev S.M. et all. *Razrabotka i issledovanie energosberegayushchey avtomatizirovannoy sistemy osveshcheniya teplitsy na osnove svetodiodyh tehnologiy* [Development and research of energy-saving automated lighting system for greenhouses based on LED technology]. Ufa, 2014, 97 p.
4. Pat. №153690 RF. *Svetodiodyaya osvetitel'naya ustanovka-transformer* [LED lighting system-transformer].
5. Pat. №2454066 RF. *Svetodiodynyy fitoobluchatel'* [LED phyto-irradiator].
6. Pat. №2586923 RF. *Sposob avtomaticheskogo upravleniya sveto-temperaturnym rezhimom v teplitse* [A method for automatically controlling the light-temperature regime in a greenhouse].

7. Pat. №2592101 RF. *Sposob avtomaticheskogo upravleniya sveto-temperaturnym rezhimom v teplitse i sistema dlya ego realizatsii* [Way of automatic control of a sveto-temperature schedule in the greenhouse and system for its realization].

8. *Plazmennye svetilniki perspektivnye ustrojstva osveshheniya* [Plasma lamps - perspective lighting devices]. [http://economenergo.ucoz.ru/publ/plazmennye\\_svetilniki\\_perspektivnye\\_ustrojstva\\_osveshheniya/1-1-0-11/](http://economenergo.ucoz.ru/publ/plazmennye_svetilniki_perspektivnye_ustrojstva_osveshheniya/1-1-0-11/).

9. Popova S.A. *Matematicheskoe modelirovanie produktivnosti rasteniy kak sredstvo povysheniya effektivnosti energosberezheniya* [Mathematical modeling of plant productivity as a means of increasing the efficiency of energy saving]. Vestnik KrasGAU [Messenger of KrasGAU]. 2010, no. 7, pp. 141 – 145.

10. Popova S.A. *Energosberegayushchaya sistema avtomaticheskogo upravleniya temperaturnym rezhimom v teplitse* [Application of LED phytolamp for plants]. Cand. Dis., Chelyabinsk, 1995, 115 p.

11. *Primenenie svetodiodnyh led fitolamp dlja rastenij* [Application of led phytolamps for plants]. <http://forumofworld.com/threads/primenenie-svetodiodnyx-led-fitolamp-dlja-rastenij.87/>.

12. Fokin A.A., Gordeev A.S. *Eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya parametrov svetodiodnyh svetil'nikov na urozhaynost' zelenogo luka pri elektrodosvechenii* [Experimental studies of the influence of the parameters of LED lamps on the yield of green onions with electrodisplacing]. Vestnik MichGAU [Messenger of MichGAU], 2013, no. 5, pp. 59 – 63.

#### Сведения об авторе:

**Попова Светлана Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов института агроинженерии. Южно-Уральский государственный аграрный университет (454080, Россия, Челябинск, пр. Ленина, 75, тел. 89617879991, e-mail: nrychkova@yandex.ru).

#### Information about authors:

**Popova Svetlana A.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes of the Institute of Agroengineering. South Ural State Agrarian University (75, Lenin avenue, Chelyabinsk, 454080, tel. 89617879991, e-mail: nrychkova@yandex.ru).

УДК 621.313

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

**А.Ю. Прудников, В.В. Боннет**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

При возникновении эксцентриситета ротора асинхронного двигателя изменяются такие параметры частоты его вращения, как амплитуда колебаний частоты вращения ротора и время затухания этих колебаний в процессе запуска. В данной статье приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных, полученных для асинхронного двигателя мощностью 2,2 кВт при различных значениях эксцентриситета, а так же полученные результирующие зависимости, позволяющие с достаточной степенью достоверности диагностировать эксцентриситет ротора при запуске двигателя в режиме холостого хода, а так же с дополнительным моментом на валу.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, эксцентриситет, амплитуда колебаний, время затухания, статистическая оценка, диагностика.

STATISTICAL ESTIMATION OF PARAMETERS OF CHANGE OF FREQUENCY OF ROTATION OF THE ROTOR ASYNCHRONOUS ENGINE

Prudnikov A.Y., Bonnet V.V.

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

In the event of eccentricity of the rotor induction motor change such parameters of the frequency of its rotation as the amplitude of the oscillations of the rotor speed and the decay time of these oscillations during the startup process. In this article the results of statistical processing of experimental data obtained for an induction motor with power of 2.2 kW for different values of the eccentricity, and derived the resulting formulas with a sufficient degree of accuracy to diagnose the eccentricity of the rotor when the engine is running at idle and more torque on a shaft.

*Keywords:* induction motor, eccentricity, amplitude, decay time, statistical evaluation, diagnosis.

В электроприводе технологических процессов современного аграрного производства в подавляющем большинстве случаев используется асинхронный двигатель. Это можно объяснить его сравнительно низкой стоимостью и приемлемыми рабочими характеристиками. Наиболее часто встречающимся механическим повреждением асинхронного двигателя является эксцентриситет его ротора – несимметричное расположение ротора в расточке статора.

Проведен ряд экспериментальных исследований [2, 3, 4], в ходе которых установлено, что диагностическими признаками эксцентриситета ротора могут являться такие параметры частоты вращения его ротора в режиме пуска, как разность амплитуд колебания частоты вращения ротора [1], а также время затухания этих колебаний. Стоит отметить, что параметры определялись для двух режимов работы двигателя: режима холостого хода и запуска с дополнительным моментом на валу. Эксперимент проводился на двигателе марки АИР90L4У2 мощностью 2.2 кВт.

В результате обработки экспериментальных данных получены статистические зависимости вышеуказанных параметров от величины эксцентриситета ротора асинхронного двигателя. В качестве примера на рисунке 1 приведены частотные гистограммы и функции плотности вероятности распределения разности амплитуд изменения частоты вращения ротора при величине эксцентриситета 43 %, а на рисунке 2 приведены аналогичные гистограммы для времени затухания колебаний частоты вращения ротора.

Анализируя рисунки, можно сделать выводы, что диагностика эксцентриситета ротора по разности амплитуд изменения частоты вращения ротора обладает практически одинаковой точностью как на холостом ходу, так и под нагрузкой. Однако стоит заметить, что диагностику под нагрузкой проводить несколько проще, так как численные значения разности амплитуд больше, следовательно, на практике их проще определить. Проводить диагностику по времени затухания колебаний частоты вращения ротора судя по графикам будет проще и точнее на холостом ходу, это объясняется тем, что в режиме нагрузки данные колебания подавляются реакцией рабочей машины.

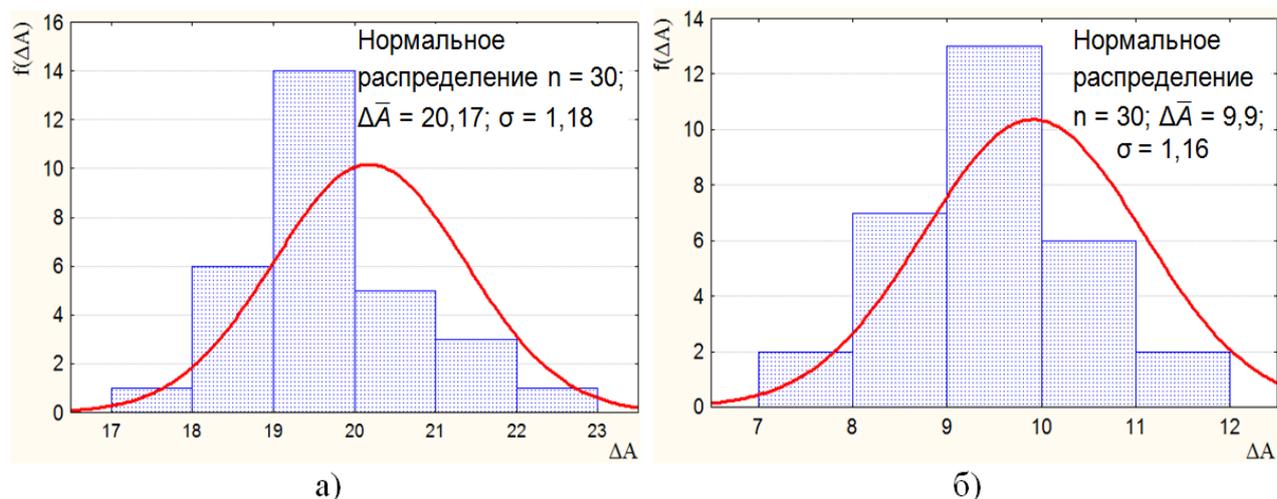


Рисунок 1 – Частотная диаграмма и функция плотности вероятности распределения разности амплитуд изменения частоты вращения ротора при величине эксцентриситета 43 % под нагрузкой (а) и на холостом ходу (б).

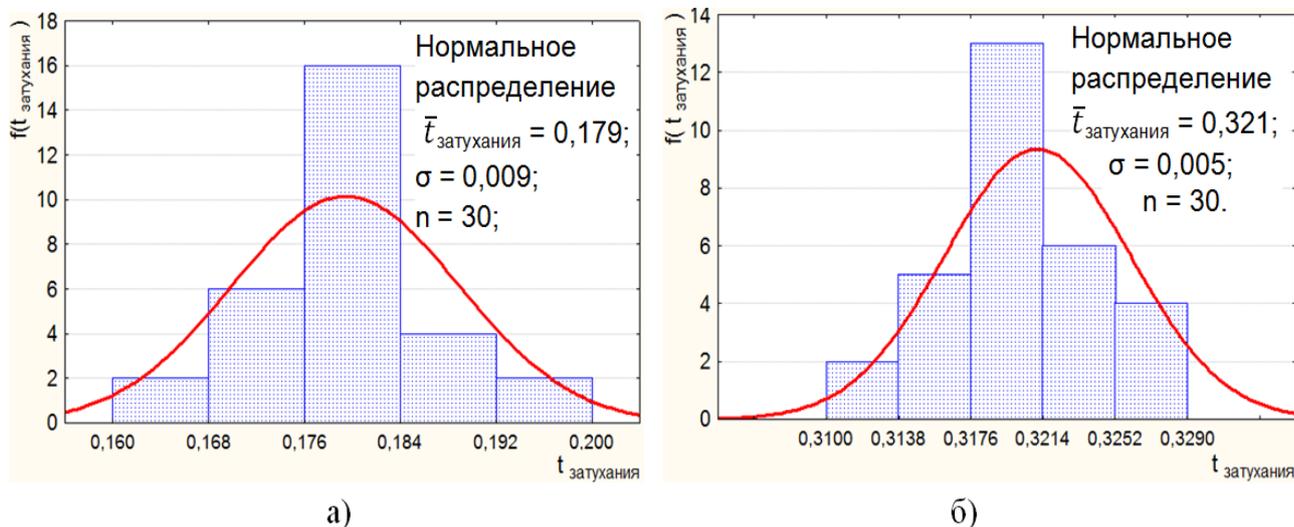


Рисунок 2 – Частотная диаграмма и функция плотности вероятности распределения времени затухания колебаний частоты вращения ротора при величине эксцентриситета 43 % под нагрузкой (а) и на холостом ходу (б).

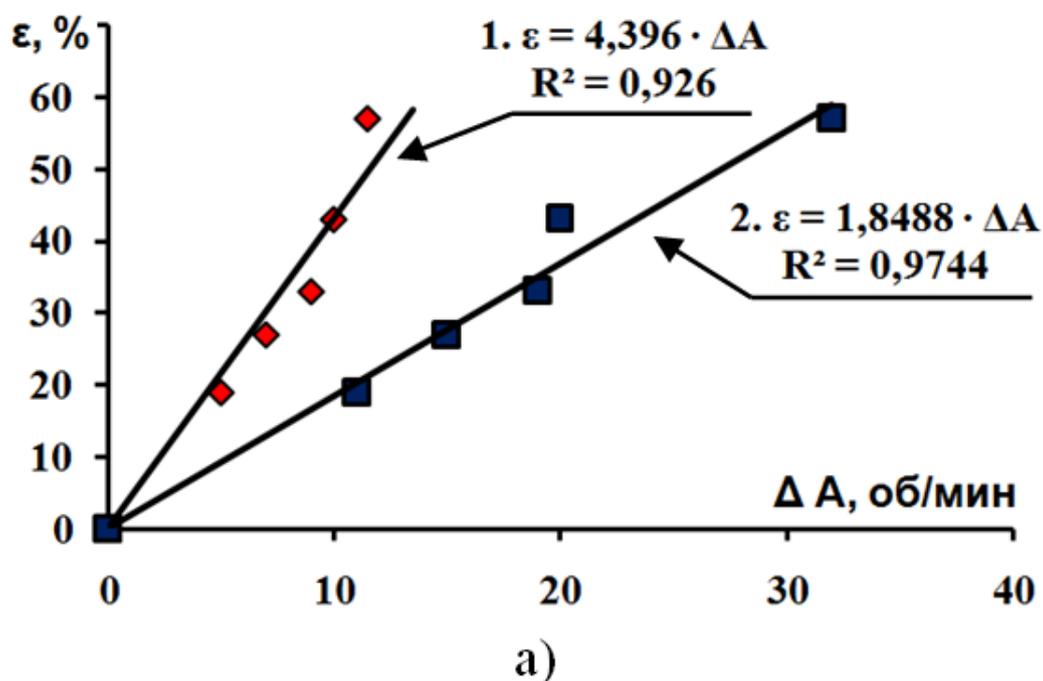
Более подробные результаты статистической обработки экспериментальных данных приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистическая оценка параметров пуска асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора 43 %

Характеристики	Разность амплитуд колебания частоты вращения ротора под нагрузкой	Разность амплитуд колебания частоты вращения ротора на холостом ходу	Время затухания колебаний под нагрузкой	Время затухания колебаний на холостом ходу
Среднее значение	20.16667	9.9	0.1793	0.3210

Стандартная ошибка	0.214869	0.210909	0.0017	0.000889
Медиана	20	10	0.18	0.32
Мода	20	10	0.18	0.32
Стандартное отклонение	1.1769	1.1552	0.0094	0.0049
Дисперсия выборки	1.3851	1.3345	$8.92 \cdot 10^{-5}$	$2.37 \cdot 10^{-5}$
Экссесс	1.3599	1.2773	0.6167	0.3347
Асимметричность	0.0629	-0.6557	0.1396	-0.2024
Минимум	17	7	0.16	0.31
Максимум	23	12	0.2	0.329

Аналогичным образом обрабатывались экспериментальные данные, полученные для того же двигателя при значениях эксцентриситета 19, 27, 33 и 57 %. В результате нами были получены функциональные зависимости эксцентриситета ротора асинхронного двигателя от разности амплитуд изменения частоты вращения ротора и от времени затухания этих колебаний в режиме холостого хода (зависимость 1) и с дополнительным моментом на валу (зависимость 2) (рис. 3).



**Выводы.** 1. Диагностика эксцентриситета ротора асинхронного двигателя по разности амплитуд колебаний частоты его вращения более эффективна в режиме нагрузки, а по времени затухания колебаний частоты вращения - в режиме холостого хода.

2. Все полученные зависимости обладают достаточно большой информативностью и достоверностью.

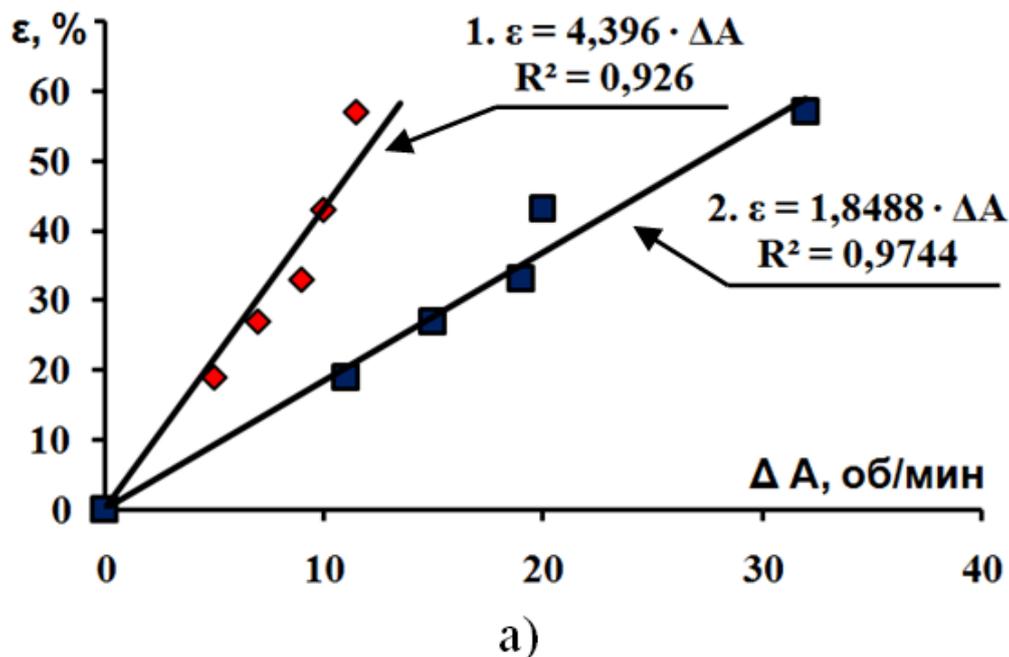


Рисунок 3 – Функциональные зависимости эксцентриситета ротора асинхронного двигателя от разности амплитуд колебаний частоты вращения ротора (а) и от времени затухания этих колебаний (б).

#### Список литературы

1. Патент на изобретение № 2589743 РФ, МПК G01R 31/34. Способ определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов; заявитель и патентообладатель “Иркутская государственная сельскохозяйственная академия”: - № 2014125793; заявл. 25.06.2014; опубл. 10.07.2016 Бюл. № 19.
2. Прудников А.Ю. Амплитуда колебаний частоты вращения ротора как параметр оценки эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова, А.Ю. Логинов, И.А. Ракоца // Вестник АНГТУ. – 2016. - № 10. – С. 70 – 73.
3. Прудников А.Ю. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов // Вестник КрасГАУ. – 2015. - № 5 (104). – С. 68 – 72.
4. Прудников А.Ю. Экспериментальная проверка способа диагностирования эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов // Вестник КрасГАУ. – 2015. - № 11 (110). – С. 73 – 77.

#### References

1. Patent na izobrenenie № 2589743 RF, MPK G01R 31/34. Sposob opredelenija jekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelja [The patent for the invention № 2589743 of the Russian Federation, IPC G01R 31/34. The method of determining the eccentricity of the rotor induction motor]. A.Y. Prudnikov, V.V. bonnet, A.Yu. Loginov, V.V. Potapov; applicant and patentee of the "Irkutsk state agricultural Academy": - no. 2014125793; Appl. 25.06.2014; publ. 10.07.2016 bull. No. 19.
2. Prudnikov A.Y. et all. Amplituda kolebanij chastoty vrashhenija rotora kak parametr ocenki jekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelja [The amplitude of the oscillations of the rotor speed as the parameter estimates of the eccentricity of the rotor induction motor]. Bulletin of Angta, 2016, no. 10, pp. 70 – 73.

3. Prudnikov A.Yu. et all. *Metod opredelenija jekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelja* [Method for determining the eccentricity of the rotor of an induction motor]. Vestnik KrasGAU, 2015, no. 5 (104), pp. 68 – 72.

4. Prudnikov A.Yu. et all. *eksperimental'naja proverka sposJoba diagnostirovanija jekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelja* [Experimental verification of the method for diagnosing the eccentricity of the rotor of an induction motor]. Vestnik KrasGAU, 2015, no. 11 (110), pp. 73-77.

**Сведения об авторах:**

**Боннет Вячеслав Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89027619574, e-mail: bonnet74@mail.ru).

**Прудников Артем Юрьевич** – аспирант энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89247101077, e-mail: mr.groll666@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Bonnet Vyacheslav V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of Electrical and Physics of Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89027619574, e-mail: bonnet74@mail.ru).

**Prudnikov Artem Yu.** – PhD student, Department of Electrical and Physics of Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89247101077, e-mail: mr.groll666@yandex.ru).

УДК 621.31:621.314.5

**ВЛИЯНИЕ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ  
НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 0.38 кВ**

**А.В. Рудых, С.В. Сукьясов**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Электроприемники и аппараты, присоединенные к электрическим сетям 0.38 кВ, предназначены для работы при определенных номинальных режимах. Силовые полупроводниковые приборы являются основными источниками высших гармонических составляющих тока и напряжения в распределительных сетях. Наличие высших гармоник напряжений и токов оказывает неблагоприятное влияние на работу силового электрооборудования и устройств контроля, автоматики, телекоммуникации. В электрических машинах, включая трансформаторы, возрастают суммарные потери. При коэффициенте искажения синусоидальной формы кривой напряжения  $K_u = 10$  % суммарные потери в сетях могут достигать 10...15 %. Возрастает недоучёт электроэнергии вследствие тормозящего воздействия на индукционные счётчики гармоник обратной последовательности.

*Ключевые слова:* силовой полупроводниковый прибор, качество электрической энергии.

**INFLUENCE OF POWER SEMICONDUCTOR DEVICES ON THE QUALITY OF  
ELECTRIC ENERGY IN NETWORKS 0.38 kV**

**Rudikh A.V., Sukyasov S.V.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

Electric receivers and devices connected to 0.38 kV electric networks are designed for operation under certain nominal conditions. Power semiconductor devices are the main sources of higher harmonic components of current and voltage in distribution networks. The presence of higher harmonics of voltages and currents has an adverse effect on the operation of power electrical equipment and control devices, automation, and telecommunications. In electrical machines, including transformers, total losses increase. At a distortion ratio of the sinusoidal form of the voltage curve  $K_u = 10\%$ , the total losses in networks can reach 10 ... 15%. Underestimation of electric power due to the braking effect on the induction counters of the harmonic of the reverse sequence increases.

*Keywords:* power semiconductor device, quality of electric energy.

На современном этапе развития науки и техники снижение удельных энергетических и материальных затрат осуществляется за счет управления технологическими параметрами, мощностью электроустановок, преобразования параметров электрической энергии для наиболее эффективного воздействия на биологические объекты, продукты и материалы [3].

**Поставленная задача** в полной мере решается с помощью силовых полупроводниковых приборов, так как степень надежности обычной, широко применяемой релейно-контактной аппаратуры управления явно недостаточна.

Использование силовых полупроводниковых приборов для управления технологическими установками позволяет снизить расход электроэнергии на технологические процессы до 40 %, обеспечивая высокое качество технологического процесса [3].

Общим недостатком силовых полупроводниковых приборов, которые изготавливаются в России и за рубежом, являются их низкие энергетические показатели в режимах управления; снижение показателей эффективности работы потребителей электроэнергии, из-за ухудшения формы напряжения, тока в электрической сети и на выходе полупроводникового прибора; ограниченные единичная установленная мощность и функциональные возможности [3].

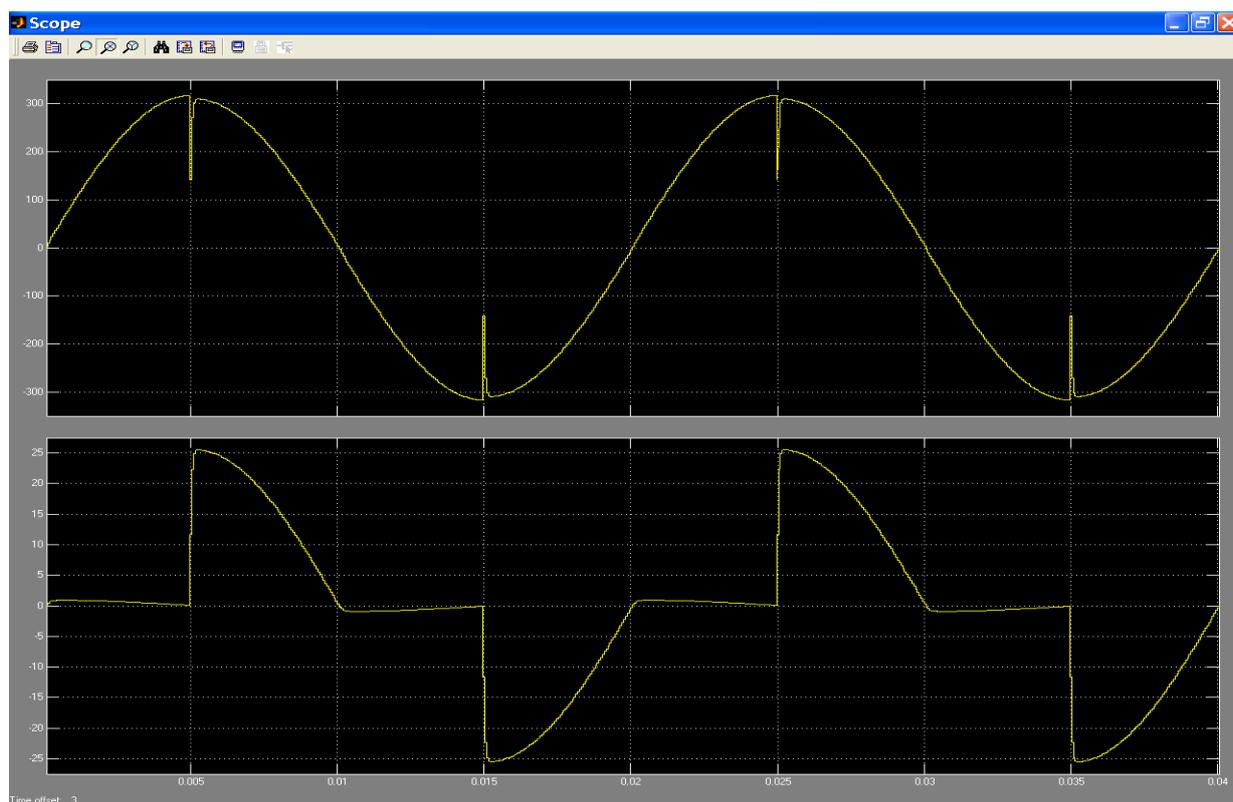
Одна из наиболее сложных задач, решаемых в процессе эксплуатации систем электроснабжения – обеспечение качества электрической энергии на зажимах электроприемников. Появление в системах электроснабжения силовых полупроводниковых приборов с резкопеременной нагрузкой создало проблему их электромагнитной совместимости с системой электроснабжения, успешное решение которой обеспечивает рациональную работу, как этих электроприемников, так и приемников со спокойной нагрузкой, присоединенных к этой же системе.

Показатели качества электрической энергии регламентируются требованиями ГОСТ 32144 – 2013. К одному из основных показателей

качества электроэнергии для трехфазных сетей переменного тока относится несинусоидальность напряжения [1].

**Электроприёмники с нелинейной вольтамперной характеристикой потребляют ток из сети,** форма кривой которого отличается от синусоидальной. А протекание такого тока по элементам электрической сети создаёт на них падение напряжения, отличное от синусоидального, это и является причиной искажения синусоидальной формы кривой напряжения (рисунок).

Искажение формы кривой первичного тока силовых полупроводниковых приборов, а следовательно, и состав токов высших гармоник зависят от ряда факторов и, в частности от числа фаз в схеме преобразования. Протекание по линиям внешней распределительной сети, токи высших гармоник приводят к появлению высших гармоник напряжения, значения которых зависят от величины токов высших гармоник, а также от сопротивлений элементов распределительной сети при различных частотах, иначе говоря, от частотных характеристик соответствующих участков сети. В частности, существенное влияние на снижение содержания высших гармоник токов и напряжений оказывает увеличение доли нагрузок, имеющих практически синусоидальную форму кривой.



**Рисунок – Формы кривых тока и напряжения в сети при использовании силовых полупроводниковых приборов в режиме управления**

Синусоида тока в первичной обмотке трансформаторов, питающих силовые полупроводниковые приборы, значительно искажается, но при этом

она остается периодической и симметричной относительно оси времени. При разложении этой функции в ряд Фурье помимо синусоиды основной частоты появляются так же синусоиды высших частот. Так как исходная кривая тока является симметричной относительно оси времени, при разложении её все четные гармоники пропадают. Кроме того, в силовых цепях всегда есть машины, обмотки которых соединены в треугольник. Это значит, что исчезают также все высшие гармоники, кратные трем. Состав гармоник зависит от числа фаз силовых полупроводниковых приборов. С учетом сказанного и в соответствии с классической теорией при шестифазной схеме силового полупроводникового прибора в токах, и, следовательно, в напряжении сети содержатся так называемые канонические 1, 5, 7, 11, 13-я и следующие нечетные гармоники; при двенадцатифазной – гармоники 1, 11, 13-го и следующих нечетных порядков. В определенных условиях работы силовых полупроводниковых приборов наблюдаются так называемые неканонические или аномальные гармоники (2, 3, 4, 6, 8, 9, 10-го порядка). Однако исследованиями установлено, что значения аномальных гармоник тока, генерируемых в сети 0.38 кВ силовыми полупроводниковыми приборами, весьма малы; они не могут создать значительных гармоник напряжения [2].

**Выводы.** Сложные законы управления силовыми полупроводниковыми приборами позволяют снизить воздействие преобразователей на работу других электропотребителей и электрическую сеть в целом, а так же повысить энергетические показатели электроустановок.

#### Список литературы

1. *ГОСТ Р 51317.3.2 – 99.* Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А.- М.: Изд-во стандартов, 2000, 14 с.
2. *Жежеленко И.В.* Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий / *И.В. Жежеленко* – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 160 с.
3. *Рудых А.В.* Энергосберегающее управление электрообогревом животноводческих помещений в условиях ограниченного потребления / *А.В. Рудых*: Дис. на соис. уч. степени к. т.н. – Иркутск, 2009. – 172 с.

#### References

1. *GOST R51317.3.2 – 99. Jemissija garmonicheskikh sostavljajushhih toka tehničeskimi sredstvami s potrebljaemym tokom ne bolee 16 A* [The emission of harmonic current components by technical means with a current consumption of not more than 16 A]. Moscow, 2000, 14 p.
2. *Zhezhenko I.V. Vysshie garmoniki v sistemah jelektrosnabzhenija promyshlennyh predpriyatij* [Higher harmonics in industrial power supply systems]. Moscow, 1984, 160 p.
3. *Rudyh A.V. Jenergoberegajushhee upravlenie jelektroobogrevom zhivotnovodcheskih pomeshhenij v uslovijah ogranichenogo potreblenija* [Energy-saving management of electric heating of cattle-breeding premises in conditions of limited consumption]. Cand. Dis., Irkutsk, 2009, 172 s.

#### Сведения об авторах:

**Рудых Альбина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский

район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237360, e-mail: avr3004@yandex.ru).

**Сукьясов Сергей Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237360, e-mail: sukyasov@mail.ru).

**Information about authors:**

**Rudikh Albina Vladimirovna** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Electrical Equipment and Physics of Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(3952)237360, e-mail: avr3004@yandex.ru).

**Sukyasov Sergey Vladimirovich** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Electrical Equipment and Physics of Energy Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(3952)237360, e-mail: sukyasov@mail.ru).

УДК 629.1.06

**СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПУСКА ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова**

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

В работе рассмотрены вопросы, связанные с проблемой пуска дизельных двигателей тракторов при безгаражном хранении в условиях низких температур окружающей среды. Предложены простые конструкции устройств для теплового подогрева технических жидкостей и пуска дизельного двигателя. На их основе приведены результаты экспериментальных исследований по предпусковому разогреву и пуску моторной установки тракторов МТЗ-80 и ДТ-75МВ. Предложена конструкция устройства для подачи легковоспламеняющейся жидкости из аэрозольного баллона во впускной коллектор.

*Ключевые слова:* предпусковой подогреватель, отрицательная температура воздуха, бензиновая горелка, нагревательное устройство, пусковая жидкость, дизельный двигатель, пусковое устройство ПД-10.

**MEANS TO PROVIDE START-UP TRACTOR ENGINES AT NEGATIVE  
TEMPERATURES**

**Sirbakov A.P., Korchuganova M.A.**

Novosibirsk State Agrarian University, *Novosibirsk, Russia*

The paper considers the questions connected with the problem of starting diesel engines of tractors in the open air storage in conditions of low ambient temperatures. Simple device designs are proposed for thermal heating of technical fluids and starting-up a diesel engine. Based on the developed devices, the results of experimental studies on pre-start-up and start-up of the MTZ-80 and DT-75MV tractors are presented. A device for feeding a flammable liquid from an aerosol to an intake manifold is proposed.

*Keywords:* pre-starting up heater, negative air temperature, gasoline burner, heating device, starting liquid, diesel engine, PD-10 starting device.

Эксплуатация тракторов в условиях отрицательных температур сопряжена с определенными трудностями: сложность пуска дизельного двигателя, повышенный износ подвижных соединений трактора, поддержание в рекомендуемом тепловом диапазоне технических жидкостей машины.

Особенно сложна проблема пуска дизельных двигателей зимой при безгаражном хранении машин. Пуск двигателей в зимний период требует значительных затрат труда и времени, и характеризуется воздействием большого числа сложных и взаимосвязанных факторов, многие из которых оказывают непосредственное влияние на процессы изнашивания, а в случае отказа системы пуска является причиной простоя трактора [2].

Суровые климатические условия нашей страны предопределили разработку большого количества различных средств и способов облегчения пуска тракторных дизелей в холодное время года. Существующие средства облегчения пуска дизельного двигателя можно классифицировать как с предварительной тепловой подготовкой, так и без тепловой подготовки.

Несмотря на существующие требования и рекомендации по запуску и использованию мобильных машин в зимний период, данная проблема остается не до конца решенной. Особенно явно данная проблема проявляется в процессе эксплуатации тракторов малыми фермерскими хозяйствами из-за отсутствия дополнительных денежных средств на дооснащение мобильных машин серийными предпусковыми подогревателями. Поэтому разработка простых и эффективных средств, для облегчения пуска дизельного двигателя является актуальной задачей.

Предлагаются несколько технических решений для обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур.

**С целью** упрощения конструкции автономного предпускового подогревателя и удобства монтажа на двигатель в качестве греющего модуля применить бензиновую горелку (на примере трактора МТЗ-80) [1].

**Обсуждение результатов.** Предлагаемая конструкция автономного предпускового подогревателя двигателя Д-240 (рис. 1) состоит из теплообменника, выполненного в виде цилиндрического кожухотрубного теплообменника с водяной рубашкой, соединенной посредством резиновых шлангов с жидкостной системой охлаждения двигателя. Бензиновая горелка, в качестве которой применяется паяльная лампа с номинально тепловой мощностью около 3.5...4.0 кВт, выполнена в виде съемного модуля, что позволяет осуществлять розжиг горелки на безопасном удалении от трактора, с последующим вводом ее в рабочую зону подогревателя. Выхлопные газы от подогревателя отводятся по диффузору к масляному картеру двигателя для предпускового разогрева моторного масла (рис. 2).

Циркуляция жидкости через подогреватель осуществлялась двумя методами: принудительно – с помощью электрического насоса, и естественная циркуляция (термосифонная).

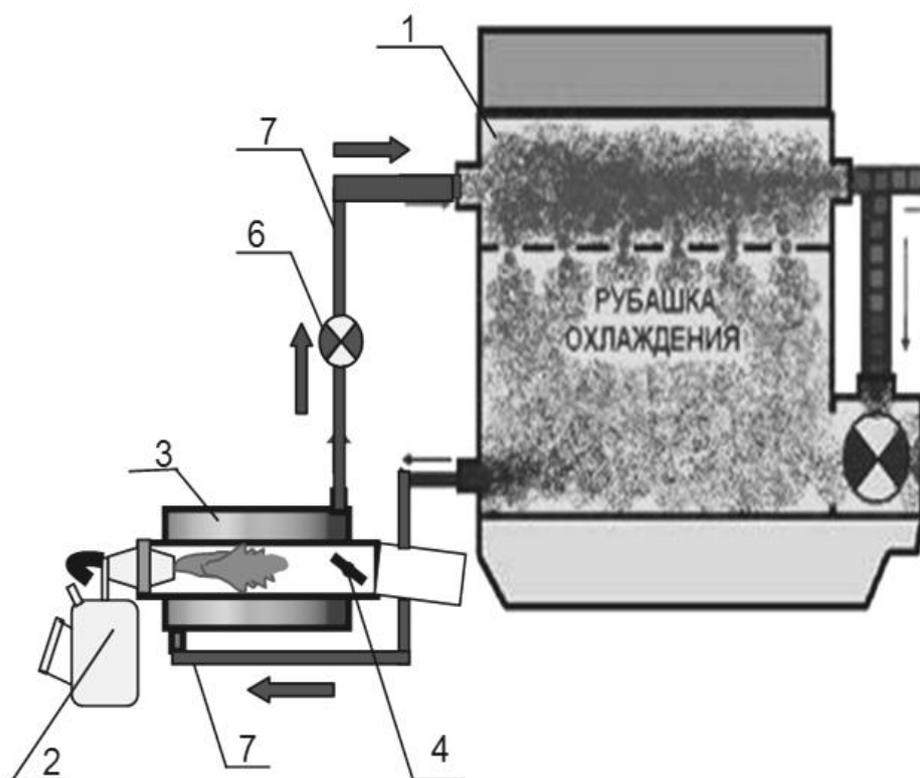


Рисунок 1 – Схема предпускового подогревателя двигателя на базе бензиновой горелки: 1 – двигатель; 2 – бензиновая горелка (паяльная лампа); 3 - кожухотрубный теплообменник; 4 – заслонка; 5 – насос; 7 – шланги подвода охлаждающей жидкости

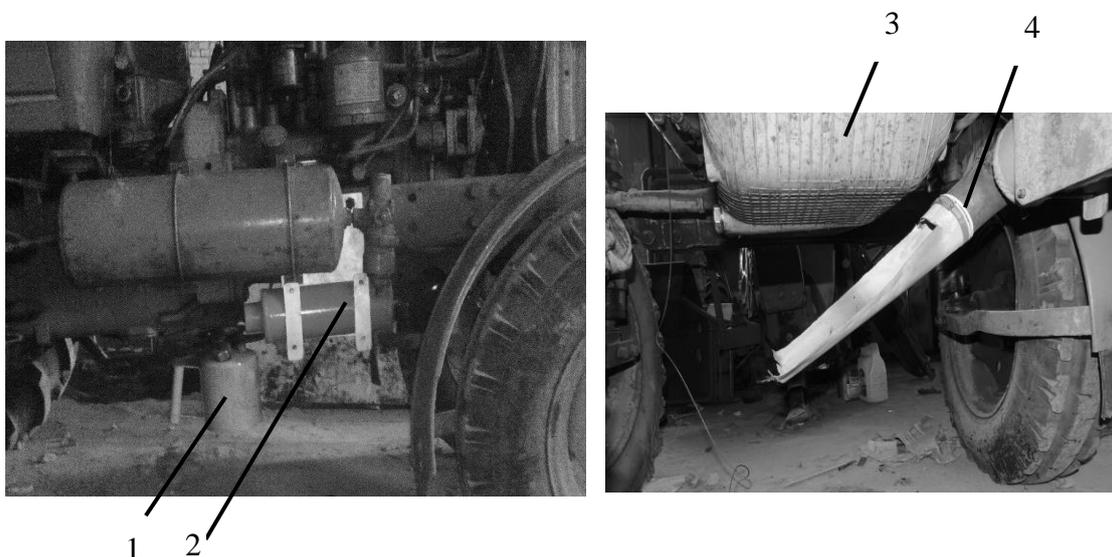


Рисунок 2 – Предпусковой подогреватель двигателя Д-240 на базе бензиновой горелки: 1 – бензиновая горелка; 2 – кожухотрубный теплообменник; 3 – масляный картер двигателя; 4 – диффузор для отвода выхлопных газов от бензиновой горелки к масляному картеру двигателя

Предварительные результаты эксперимента (рис. 3) показывают темп разогрева охлаждающей жидкости двигателя предложенным подогревателем.

Темп нагрева жидкости в головке двигателя с принудительной циркуляцией в среднем составил  $1.5 - 2.0^{\circ} \text{C}/\text{мин}$ , а с термосифонной циркуляцией скорость нагрева охлаждающей жидкости составила  $1.6^{\circ} \text{C}/\text{мин}$ . Темп разогрева моторного масла составил  $1^{\circ} \text{C}/\text{мин}$  для обоих вариантов. Полученные результаты разогрева охлаждающей жидкости показывают результативность применения предложенной конструкции как с принудительной, так и с термосифонной циркуляцией жидкости.

Для двигателей, которые в качестве пускового устройства используют дополнительный двигатель (на примере трактора ДТ-75 МВ) предпусковой разогрев охлаждающей жидкости основного двигателя возможен за счет утилизации тепла от пускового двигателя ПД-10, путем принудительного замещения охлаждающей жидкости в контуре системы охлаждения пускового и основного двигателя (рис. 4) [4].

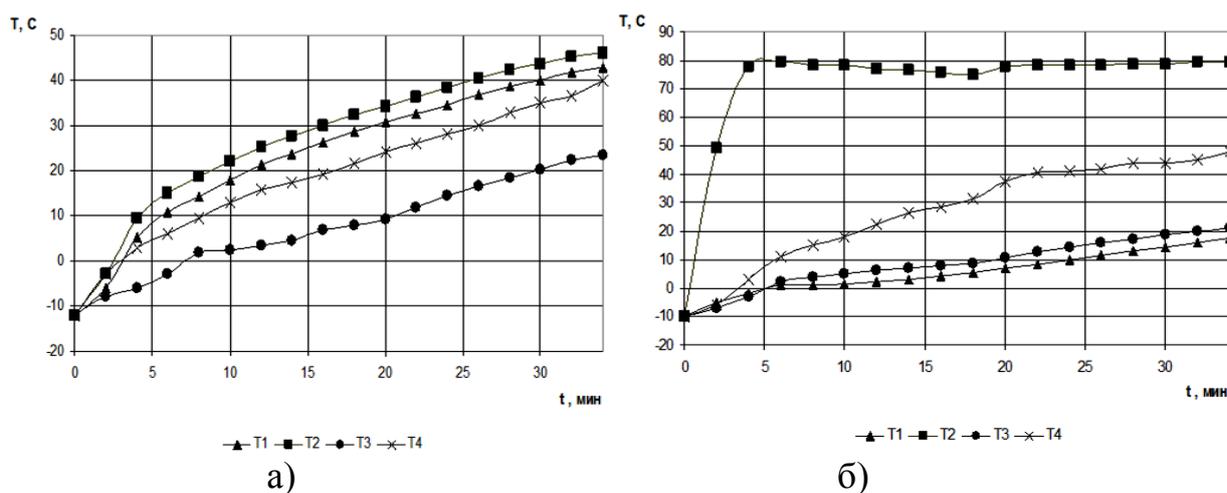


Рисунок 3 – Интенсивность разогрева охлаждающей жидкости (ОЖ) двигателя Д-240 предпусковым бензиновым подогревателем (температура окружающей среды  $T = -15^{\circ} \text{C}$ ) а - подача жидкостного насоса  $S=10-12$  л/мин, б - термосифонная циркуляция ОЖ через  $S=0.4-0.5$  л/мин:  
 $T_1$  – температура ОЖ на входе в подогреватель,  $^{\circ} \text{C}$  (температура блока двигателя);  
 $T_2$  - температура ОЖ на выходе из подогревателя,  $^{\circ} \text{C}$ ;  $T_3$  - температура моторного масла в картере двигателя,  $^{\circ} \text{C}$ ;  $T_4$  - температура наружной поверхности головки блока цилиндров,  $^{\circ} \text{C}$

Для реализации предложенного способа предпускового разогрева двигателя СМД-14 необходима частичная модернизация системы охлаждения дизельного двигателя, заключающаяся в том, что в данную систему дополнительно встраиваем электрический насос для принудительной циркуляции разогретой жидкости от пускового устройства. Дополнительный насос запитан от дополнительного генератора, который в свою очередь приводится от коленчатого вала пускового двигателя посредством ременной передачи.

Результаты предварительных исследований (рис. 5) показали форсированный разогрев охлаждающей жидкости моторной установки,

средний темп нагрева составил  $3...4^{\circ}$  С/мин. Результаты исследований показывают возможность использования пускового двигателя в качестве источника тепла для предпускового разогрева основного двигателя.

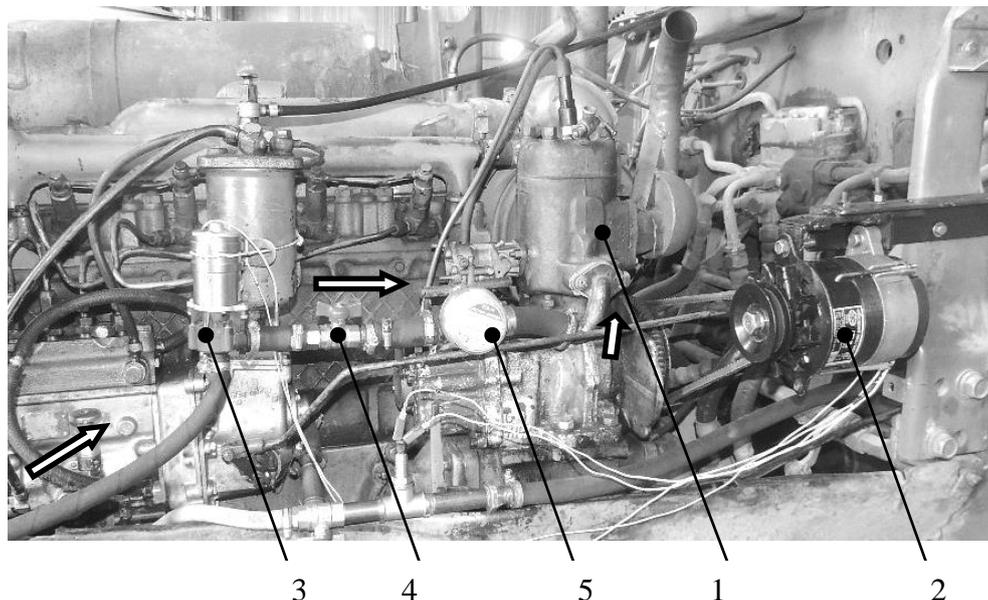


Рисунок 4 – Предпусковой разогрев охлаждающей жидкости двигателя СМД-14 путем утилизации тепла от пускового устройства ПД-10:  
 1 - пусковой двигатель ПД-10; 2 – дополнительный генератор с ременным приводом от шкива ПД-10; 3 – дополнительный водяной насос; 4 – кран; 5 – счетчик-расходомер

Вырабатываемая электрическая энергия дополнительным генератором (позиция 2, рис. 4) может реализоваться на разогрев других технических жидкостей (моторных и трансмиссионных масел, топлива) в основных механизмах машины [3]. Для реализации данной идеи предложена конструкция электрического нагревательного устройства (рис. 6). Предложенное устройства устанавливается вместо сливной пробки масляного картера двигателя СМД-14, и представляют собой трубчатый нагревательный прибор ( $N = 330$  Вт), в котором нагревательным элементом является нихромовая спираль, заключенная в изолятор из кварцевого песка (рис. 5).

Результаты исследований показали форсированный разогрев моторного масла. Средний темп нагрева моторного масла, в зоне действия маслозаборника, составил  $3.0...3.5^{\circ}$  С/мин, что позволит за время предпускового разогрева охлаждающей жидкости (20...25 мин) подготовить моторное масло к пуску двигателя.

В последнее время в условиях отрицательных температур широко практикуется запуск дизельного двигателя без предварительной тепловой подготовки с применением легковоспламеняющихся жидкостей, основным компонентом которого является этиловый эфир.

Применение пусковых жидкостей позволяет запускать дизельные двигатели при температуре наружного воздуха до  $-30^{\circ}$  С при минимальных пусковых частотах.

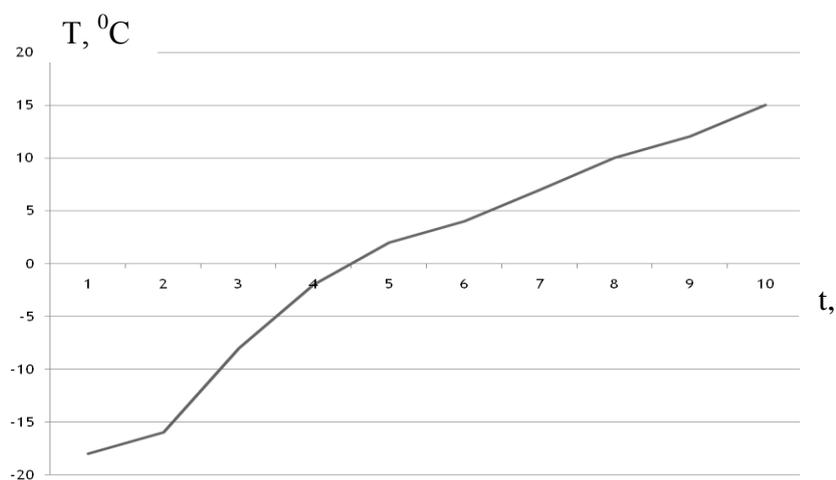


Рисунок 5 – Динамика температуры жидкости двигателя СМД-14 (подача насоса  $S = 6$  л/мин, объем системы охлаждения  $V = 14$  л (малый круг), температура окружающей среды  $T = -18$  °C)

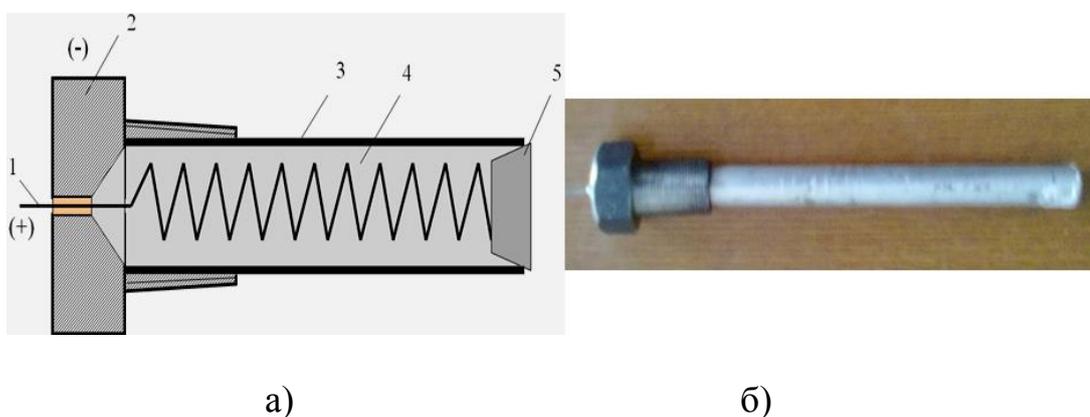


Рисунок 6 – Устройство для разогрева моторного масла: а – схема устройства; б – внешний вид устройства; 1 – спираль; 2 – штуцер; 3 – корпус; 4 – кварцевый песок; 5 – пробка

Для эффективного применения и использования пусковой жидкости в двигателях отечественная и зарубежная промышленность выпускает легковоспламеняющуюся жидкость в аэрозольных баллонах. При применении аэрозольных баллонов с пусковой жидкостью значительно упрощается их использование при запуске двигателя, однако для того чтобы распылять жидкость в впускной коллектор двигателя и контролировать процесс пуска, необходима помощь опытного помощника.

Поэтому нами предлагается конструкция устройства для подачи легковоспламеняющейся жидкости из аэрозольного баллона во впускной коллектор (рис. 7). Данное устройство позволяет в режиме пуска двигателя осуществлять дистанционный ввод пусковой жидкости в цилиндры двигателя, и тем самым обеспечивая устойчивый пуск дизеля.

Основными элементами конструкции является втягивающее устройство 2 и нажимное устройство 3, состоящее из системы рычагов.

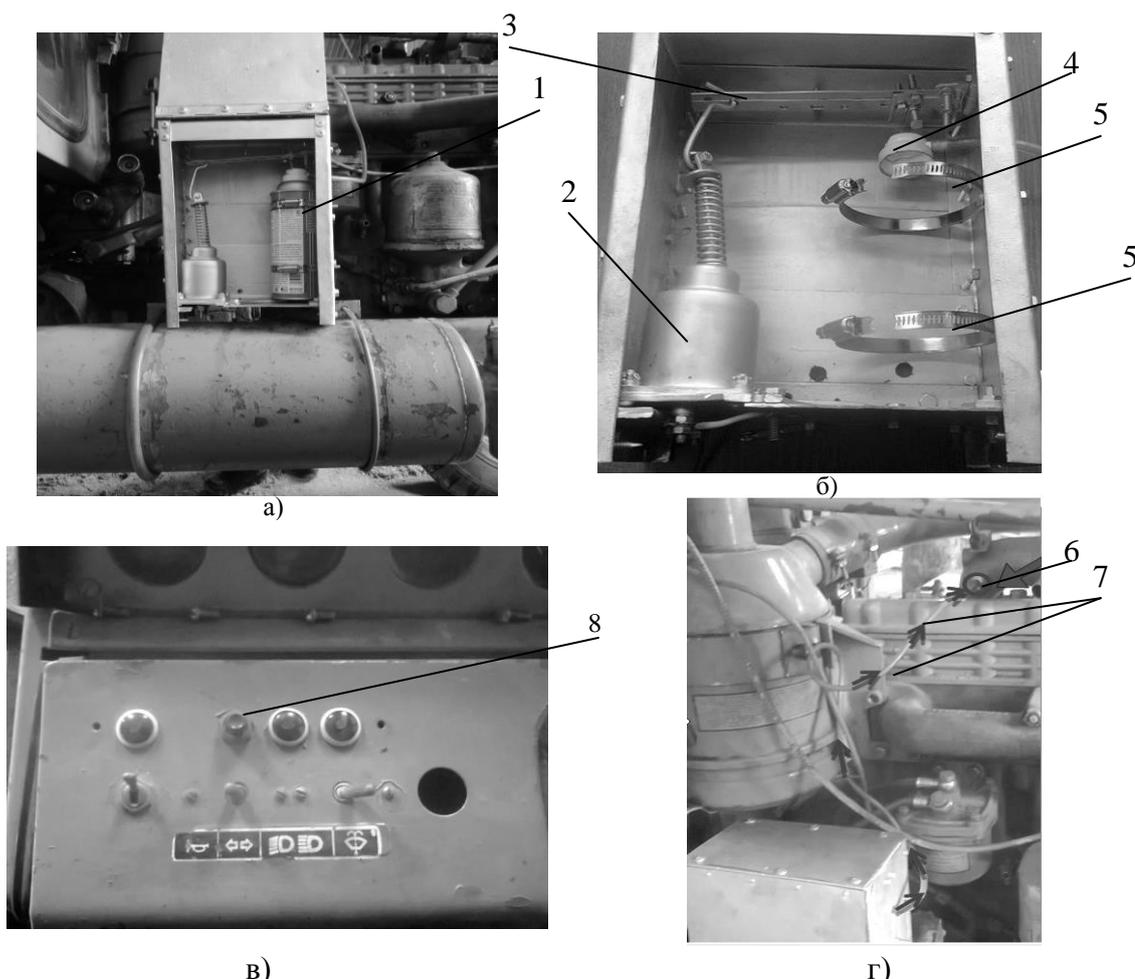


Рисунок 7 – Устройства для подачи легковоспламеняющейся жидкости из аэрозольного баллона во впускной коллектор:  
**а** – схема установки пускового устройства на трактор МТЗ-80;  
**б** – внешний вид пускового устройства; **в** – приборная панель трактора с кнопкой управления пусковым устройством; **г** – схема движения пусковой жидкости по эмульсионной трубке во впускной коллектор; 1 – аэрозольный баллон; 2 – втягивающее реле; 3 – рычажный механизм; 4 – крышка нажимного устройства; 5 – хомут крепления баллона; 6 – щелевая форсунка; 7 – эмульсионная трубка; 8 – кнопка управления пусковым устройством

Предлагаемое устройство устанавливается в корпус и с помощью кронштейна устанавливается на лонжерон рамы трактора МТЗ-80.

В момент проворачивания коленчатого вала пусковым устройством механизатор нажимает на кнопку 8, установленную в кабине и втягивающее реле 2 через нажимное устройство 3 воздействует на пусковое устройство баллончика с пусковой жидкостью 1, в дальнейшем пусковая жидкость под давлением поступает в эмульсионную трубку 7 и по ней подается во впускной коллектор, где через щелевую форсунку 6 происходит распыл жидкости.

Данное устройство было частично апробировано, и получены результаты по пуску дизельного двигателя Д-240 в условиях отрицательных температур (рис. 8). В процессе исследований установлено, что предельная температура

окружающей среды, при которой возможен пуск двигателя Д-240 без использования пусковой жидкости, составила минус  $8^{\circ}\text{C}$ , и минус  $23^{\circ}\text{C}$  с использованием пусковой жидкости.

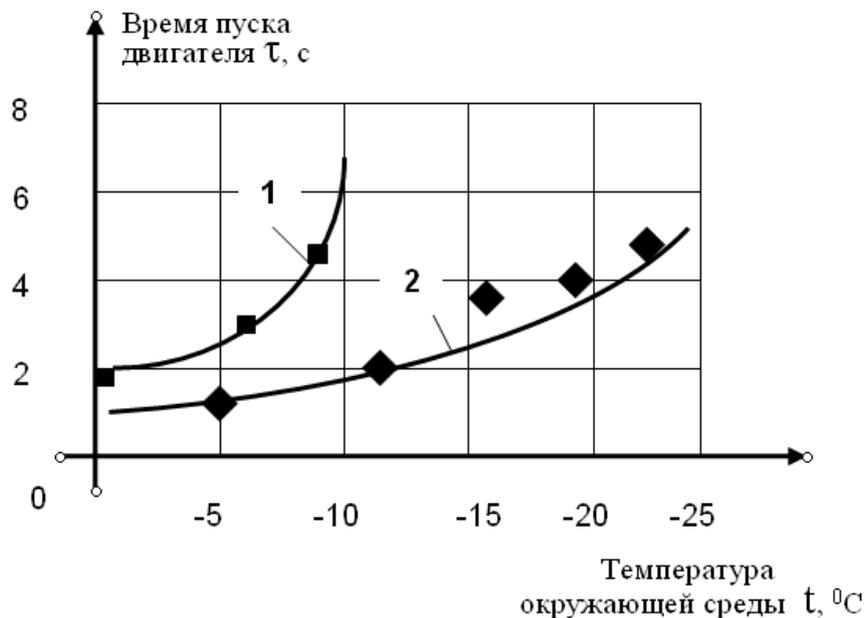


Рисунок 8 – Зависимость времени пуска двигателя Д-240 от температуры окружающей среды:

а – без использования пусковой жидкости; б – с применением пусковой жидкости

Применение на тракторах предлагаемого устройства для подачи пусковой жидкости во впускной коллектор позволит обеспечить вероятность запуска дизельного двигателя в условиях отрицательных температур.

**Выводы.** 1 Предложены технические решения, обеспечивающие необходимую тепловую предпусковую подготовку и пуск дизельного двигателя, в условиях отрицательных температур.

2. Эффективность работы рассмотренных устройств подтверждена предварительными испытаниями:

- для трактора МТЗ-80 использование конструкции предпускового подогревателя на базе автономной бензиновой горелки позволяет за рекомендуемое время предпускового разогрева моторной установки (20...25 мин) обеспечить необходимую тепловую подготовку основных технических жидкостей. Средний темп нагрева охлаждающей жидкости двигателя составил  $1.2...2.0^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , моторного масла  $1.0^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

- для трактора ДТ-75МВ применение предложенного метода разогрева за счет реализации тепла от пускового двигателя позволило обеспечить предпусковой разогрев охлаждающей жидкости и моторного масла со средним темпом  $3...3.5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

- применение устройства для автоматической подачи пусковой жидкости позволило для двигателя Д-240 снизить предельную температуру пуска с минус  $8^{\circ}\text{C}$  до минус  $23^{\circ}\text{C}$ .

3. Реализация предложенных конструкций устройств в условиях фермерских хозяйств позволит сократить время подготовки машин к работе, а также повысить их надежность и экономичность.

#### Список литературы

1. Корчуганова М. А. Исследование эффективности применения бензиновых горелок для предпусковой тепловой подготовки дизельных двигателей / М.А. Корчуганова, А.П. Сырбаков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1 – С. 154 – 156.

2. Сырбаков А.П. Эксплуатация автотракторной техники в условиях отрицательных температур: Учебное пособие / А. П. Сырбаков, М.А. Корчуганова - Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 205 с.

3. Сырбаков А.П. Исследование электроподогрева моторного масла двигателя СМД-14 [Текст] / А.П. Сырбаков, Мамаев И.А. // Матер. регион. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, посвящ.й 70-летию Инженерного института (Мехфака) НГАУ// Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2014 – С. 68 – 70.

4. Сырбаков А.П. Исследование работы предпускового подогревателя дизельного двигателя СМД-14 на базе пускового устройства ПД-10 / А.П. Сырбаков, Н.Н Столяров // Матер. регион. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, посвящ. 70-летию Инженерного института (Мехфака) НГАУ // Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2014 – С. 87 – 89.

#### References

1. Korchuganova M.A., Sirbakov A.P. *Issledovanie jeffektivnosti primenenija benzinovyh gorelok dlja predpuskovoju teplovoj podgotovki dizel'nyh dvigatelej* [Study of the effectiveness of the gasoline burners to pre-heat the preparation of diesel engines]. Modern problems of science and education, 2014, no. 1, pp. 154 – 156.

2. Sirbakov A.P., Korchuganova M.A. *Jekspluatacija avtotraktornoj tehniky v uslovijah otricatel'nyh temperatur* [Operation of autotractor equipment in the conditions of negative temperatures]. Tomsk, 2012, 205 p.

3. Sirbakov A.P., Mamaev I.A. *Issledovanie jelektropodogreva motornogo masla dvigatelja SMD-14* [Research of electric heating of motor oil of engine SMD-14]. Novosibirsk, 2014, pp. 68 – 70.

4. Sirbakov A.P., Stolyarov N.N. *Issledovanie raboty predpuskovogo podogrevatelja dizel'nogo dvigatelja SMD-14 na baze puskovogo ustrojstva PD-10* [Research of the preheating heater of the diesel engine SMD-14 on the basis of the PD-10 starting device]. Novosibirsk, 2014, pp. 87 – 89.

#### Сведения об авторах:

**Корчуганова Марина Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии обучения, педагогики и психологии. Новосибирский государственный аграрный университет (630008, Россия, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел. 89639494357, e-mail: kma77@list.ru).

**Сырбаков Андрей Павлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и тракторов. Новосибирский государственный аграрный университет (630008, Россия, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел. 89039335581, e-mail: kma77@list.ru).

#### Information about authors:

**Korchuganova Marina A.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technologies of teaching, Pedagogy and Psychology. Novosibirsk State Agrarian University (160, Dobrolyubov Str., Novosibirsk, Russia, 630008, tel. 89639494357, e-mail: kma77@list.ru).

**Sirbakov Andrey P.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Cars and tractors Novosibirsk State Agrarian University (160, Dobrolyubov Str., Novosibirsk, Russia, 630008, tel. 89039335581, e-mail: kma77@list.ru).

УДК 631.214

## СОЗДАНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ В МЕТАНТЕНКЕ

**М.П. Таханов, Ф.А. Васильев**

*Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия*

В статье описывается работа анаэробного фильтра для сбраживания животноводческих стоков. Фильтр снабжен триггером отводом, являющимся источником циклических возмущений. Интенсифицирующее возмущение создается в период работы триггера, названного циклом опорожнения и отвода биогаза. В данном цикле возникает изменение скорости движения субстрата и гидростатического давления в фильтре, происходит обновление граничных поверхностей, лавинообразное выделение биогаза, разрушение пенного слоя. Для выявления основных воздействующих факторов процесса анаэробного сбраживания проведено теоретическое исследование анаэробного фильтра.

*Ключевые слова:* анаэробное сбраживание, анаэробный фильтр, биогаз, триггер, животноводческие стоки, субстрат, метантенк.

## CREATION OF PERTURBATION IN THE METHANE-TANK

**Takhanov M.P., Vasilyev F.A.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

The article describes the work of an anaerobic filter for fermenting livestock sewage. The filter is equipped with a trigger, which is a source of cyclic perturbations. An intensifying disturbance is created during the operation of the trigger, called the cycle of evacuation and removal of biogas. In this cycle, there is a change in the velocity of the substrate and hydrostatic pressure in the filter, the boundary surfaces are renewed, avalanche-like biogas is released, and the froth layer is destroyed. To determine the main factors affecting the process of anaerobic digestion, a theoretical study of an anaerobic filter was carried out.

*Keywords:* anaerobic digestion, anaerobic filter, biogas, trigger, livestock drains, substrate, methane.

В настоящее время на крупных свиноводческих комплексах и фермах КРС широко используют бесподстилочное содержание животных, гидравлические системы удаления навоза из животноводческих помещений. При использовании этой системы удаления навоза, а также за счет сброса воды, используемой для технологических целей, получают жидкий навоз и навозные стоки влажностью до 98 %, возникают дополнительные трудности при переработке больших масс жидкого навоза и стоков.

Анаэробное сбраживание один из перспективных способов переработки животноводческих стоков. В результате процесса сбраживания разлагаются органические вещества, содержащиеся в навозных стоках, с образованием газообразных продуктов в виде смеси метана и углекислого газа (биогаза). Для анаэробного сбраживания применяют различные по конструкции метантенки. Для обеспечения процесса необходимо поддержание температурного режима, затраты на который можно восполнить путем утилизации выделившегося биогаза. Анаэробное сбраживание улучшает удобрительные свойства навоза в результате минерализации части

органических веществ, практически без потерь их в окружающую среду. Способ позволяет использовать более высокие нормы нагрузки, чем возможны при аэробной обработке, не требует применения химических реагентов для разложения органического вещества, уменьшаются водоудерживающие способности навоза [1-4].

Анаэробное сбраживание – это способ, позволяющий не только покрывать затраты энергии на ведение процесса, но и получать избыточное ее количество. Получаемая энергия в виде биогаза удобна для пользователя, так как ее можно преобразовать в тепловую, электрическую и механическую. Но этот метод практически не дает уменьшения объема и незначительно повышает влажность обработанного субстрата.

**Предлагаемый метантенк** (рис 1.) представляет собой емкость в которой размещается носитель с иммобилизированной на твердом носителе анаэробной биомассой. В данной установке сбраживание навозных стоков происходит в рабочем объеме метантенка и заключается в разложении органического вещества с выделением биогаза, который накапливается в газовом объеме метантенка. В результате постоянного выделения биогаза, давление в метантенке возрастает. При достижении величины давления, соответствующей глубине погружения патрубка 4, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора 5, а затем биогаз скапливается в газгольдере 7. После достижения верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, срабатывает триггер подающий команду насосу 9, который подает некоторое количество биогаза из газгольдера 7 через патрубок 10 в перфорированную трубу 12. А затем триггер подает команды на выпуск сброженного субстрата. Последовательное действие барботажного перемешивания и опорожнения метантенка способствуют удалению иловых масс, предотвращая кольматирование, зарастание и забивку рабочего пространства метантенка. В результате, метантенк может обрабатывать сравнительно большие объемы навозных стоков, с необходимой эффективностью.

Цикл изменения давления и колебания уровня свободной поверхности состоит из двух фаз – заполнения и опорожнения:

а) Животноводческие стоки с постоянным расходом, который обеспечивается с помощью насоса, поступают на обработку в метантенк. При достижении верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, а также величины давления, соответствующей глубине погружения патрубка, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора, а затем биогаз скапливается в газгольдере.

б) После чего триггер дает команду насосу, который подает некоторое количество биогаза из газгольдера через патрубок в перфорированную трубу, для поднятия образующегося ила на дне реактора.

в) Затем происходит опорожнение метантенка, так же с помощью триггера, который открывает вентиль на слив через патрубок. Открытие вентиля на слив приведет к понижению уровня свободной поверхности

сбраживаемого субстрата и снижению давления в газовом объеме метантенка, что способствует эффективному пеногашению.

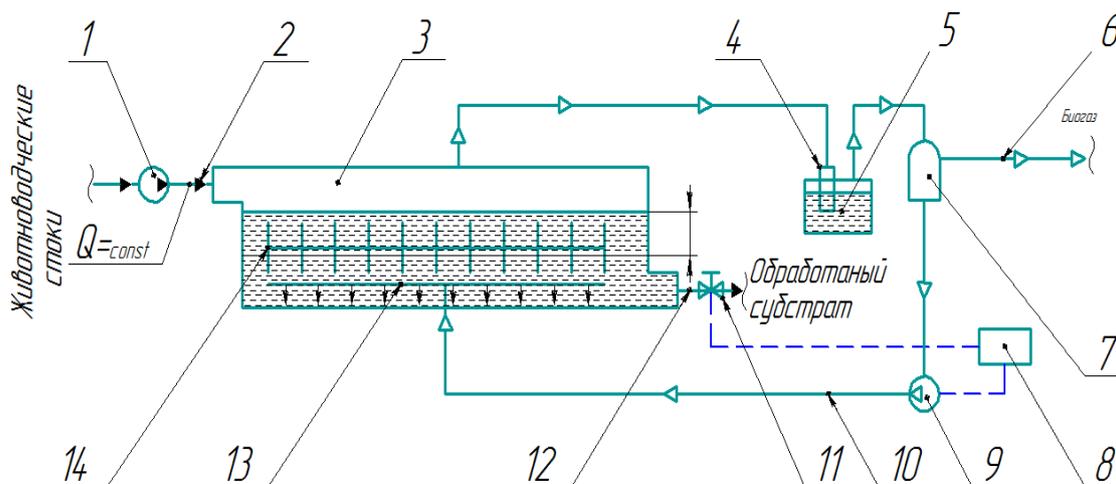
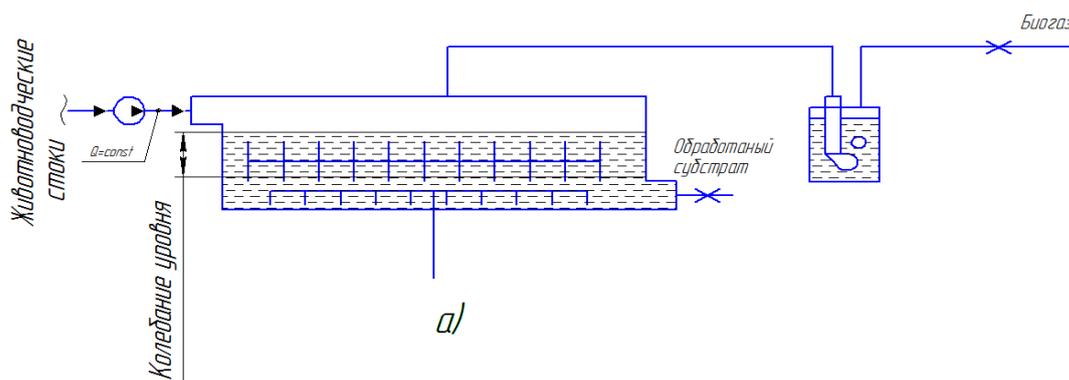


Рисунок 1 – Метантенк: 1 – насос; 2 – патрубок для подачи животноводческих стоков; 3 – емкость метантенка; 4 – патрубок для отвода биогаза; 5 – гидравлический затвор; 6 – патрубок для отвода биогаза потребителям; 7 – газгольдер; 8 – триггер; 9 – насос; 10 – патрубок для подачи биогаза; 11 – сливной вентиль; 12 – патрубок для отвода обработанного субстрата; 13 – перфорированная труба; 14 – иммобилизированный носитель

з) По достижении нижнего уровня колебания свободной поверхности сбраживаемого субстрата, происходит закрытие вентиля на слив, это и есть окончание фазы опорожнения.

д) Начинается фаза заполнения, с помощью насоса, который подает животноводческие стоки на обработку в метантенк непрерывно. В следствии чего происходит постепенное заполнение емкости метантенка животноводческими стоками, а также увеличение давление в газовом объеме метантенка.

е) При достижении верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, а также величины давления, соответствующей глубине погружения патрубка 4, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора, это указывает на окончание фазы заполнения и началу фазы опорожнения, то есть цикл завершается.



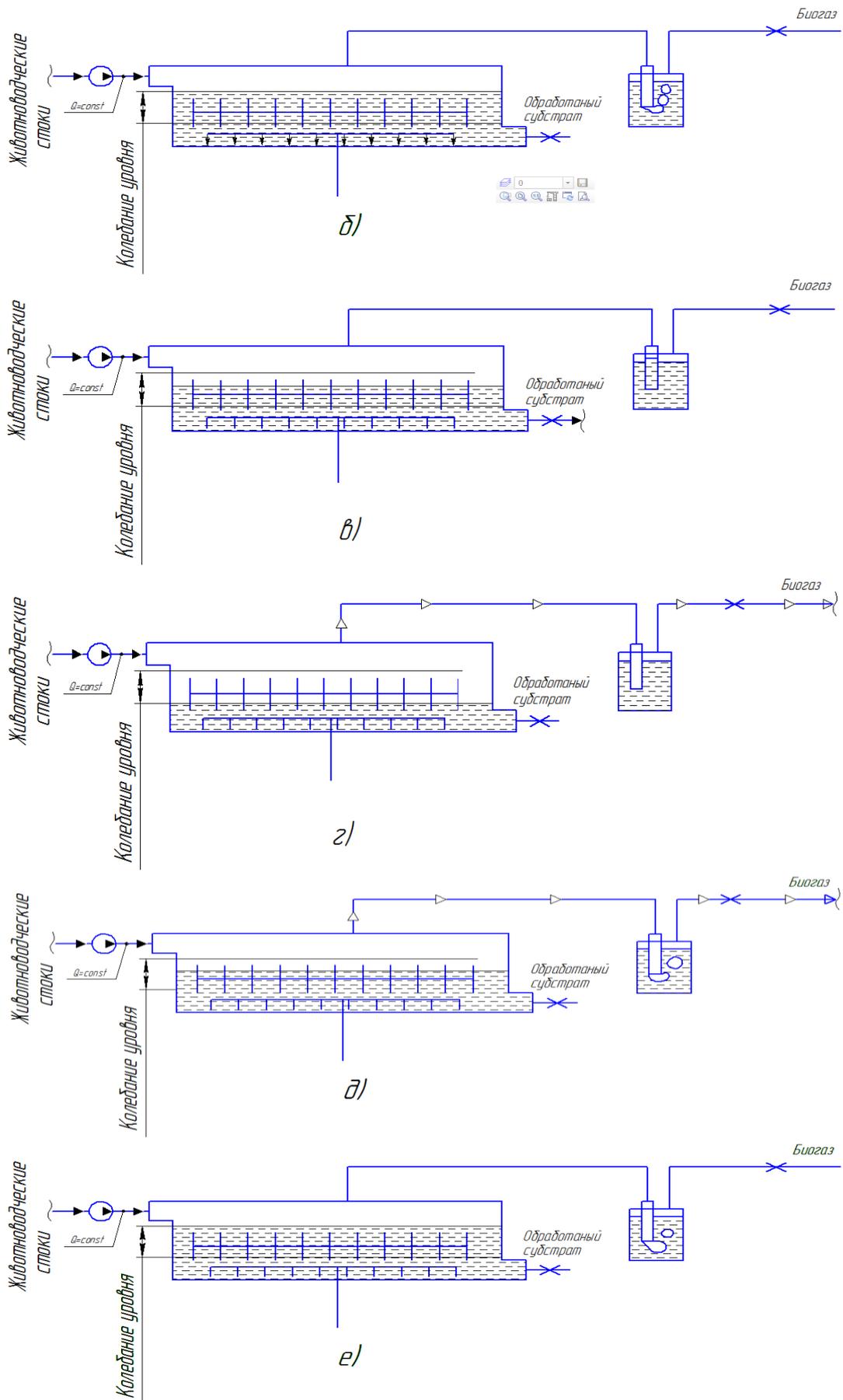


Рисунок 2 – Цикл работы анаэробного фильтра

Продолжение всего цикла:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{зап}} + t_{\text{опор}}$$

где  $t_{\text{зап}}$  – время заполнения, с;

$t_{\text{опор}}$  – время опорожнения, с;

Продолжительность заполнения метантенка, т.е. это время заполнения жидкости объема метантенка от нижнего уровня до верхнего уровня.

$$t_{\text{зап}} = \frac{\Delta W}{Q_{\text{под}}};$$

$\Delta W$  – объем жидкости, который заключен между верхней и нижней отметкой колебания уровня свободной поверхности; м<sup>3</sup>.

$Q_{\text{под}}$  – объемная подача жидкости в метантенк, м<sup>3</sup>/с

Время (продолжительность) опорожнения  $\Delta W$  (через сливную магистраль).

$$t_{\text{опор}} = \frac{\Delta W}{Q_{\text{слив}} - Q_{\text{под}}};$$

$Q_{\text{слив}}$  – объемный расход жидкости на слив, м<sup>3</sup>/с

Скорость движения сбрасываемого субстрата в метантенке,

$$v = \frac{Q_{\text{слив}}}{\omega_{\text{м}}}$$

$\omega_{\text{м}}$  – площадь живого сечения метантенка, м<sup>2</sup>

Частота циклов за сутки

$$n = \frac{24 \cdot 3600}{t_{\text{ц}}};$$

**Выводы.** 1. Предлагаемая установка создает циклические возмущения комбинированно, заключающаяся в изменении скорости сбрасываемого субстрата, колебании уровня свободной поверхности и изменения гидростатического давления.

2. Создание комбинированного возмущения позволит интенсифицировать процесс метанового сбрасывания, за счет более интенсивного массообмена.

### Список литературы

1. *Евтеев В.К.* Создание циклических возмущений в анаэробном фильтре за счет изменения скорости / *В.К. Евтеев, А.В. Березовский* // Матер. науч.-практ. конф. “Актуальные проблемы АПК” // Иркутск: ИрГСХА, 2001. - Ч.3, (Механизация сельскохозяйственного производства). – С. 14.

2. *Ильин С.Н.* Ресурсосберегающая технология переработки свиного навоза с получением биогаза / *С.Н. Ильин*: Автореф. дис. на соиск. уч. степени к.т.н. – Улан-Удэ, 2005. – 23 с.

3. *Калюжный С.В.* Биогаз: проблемы и решения. Биотехнология (Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР) / *С.В. Калюжный, А.Е. Пузанков, С.Д. Варфоломеев* – М.: Высшая школа, 1988. - Т. 21.– 180 с.

4. *Пузанков А.Г.* Обеззараживание стоков животноводческих комплексов / *А.Г. Пузанков, Г.А. Мхитарян, И.Д. Гримова* – М.: Агропромиздат, 1986. – 175 с.

**References**

1. Evteev V.K., Berezovskij A.V. *Sozdanie ciklicheskih vozmushhenij v anajerobnom fil'tre za schet izmenenija skorosti* [Creation of cyclic disturbances in the anaerobic filter due to the change in speed]. Irkutsk, 2001, p. 14.
2. Il'in S.N. *Resursosberegajushhaja tehnologija pererabotki svinogo navoza s polucheniem biogaza* [Resursosberegajushchaja technology of processing of pig manure with reception of biogas] Cand. Dis. Thesis, Ulan-Udje, 2005, 23 p.
3. Kaljuzhnyj S.V. et all. *Biogaz: problemy i reshenija. Biotehnologija (Itogi nauki i tehniki VINITI AN SSSR)* [Biogas: problems and solutions. Biotechnology (Results of science and technology VINITI AS USSR)]. Moscow, 1988, vol.2, 180 p.
4. Puzankov A.G. et all. *Obezrazhivanie stokov zhivotnovodcheskih kompleksov* [Disinfection of effluents of cattle-breeding complexes]. Moscow, 1986, 175 p.

**Сведения об авторах:**

**Васильев Филипп Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., п. Молодежный, тел. 237429, e-mail: rector@irgsha.ru).

**Таханов Михаил Пурбаевич** – аспирант кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., п. Молодежный, тел. 89025690379, e-mail: takhanov93@mai.ru).

**Information about authors:**

**Vasiliev Filipp A.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Technical Support Agribusiness Engineering. Irkutsk State Agricultural Academy (664038, Russia, Irkutsk. Irkutsk district., p. Youth, tel. 237429, e-mail: rector@irgsha.ru).

**Takhanov Mikhail Purbaevich** – PhD student Technical Support Agribusiness Engineering. Irkutsk State Agricultural Academy (664038, Russia, Irkutsk. Irkutsk district., p. Youth, tel. 89025690379, e-mail: takhanov93@mai.ru).

УДК 656.137:631.173.6

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН  
В АГРАРНЫХ ОБЪЕДИНЕНИЯХ СРЕДСТВАМИ МТС**

**Л.Н. Цэдашиева, Г.К. Елаев, М.К. Бураев**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье рассмотрены вопросы технического сервиса сельскохозяйственной техники в аграрных объединениях средствами машинно-технологической станции (МТС) в Иркутской области. Показано, что преобладающие в настоящее время на селе частные индивидуальные, мелкие и средние хозяйства, имея высокопроизводительную мобильную технику (трактора, зерноуборочные и кормоуборочные комбайны и др.), оказались не в состоянии обеспечить качественный технический сервис и высокий уровень работоспособности машин. Работа проводилась на основе опыта работы крупных интегрированных предприятий. Была определена статистическая зависимость продолжительности ремонта от показателя технологического уровня ремонтной базы. В результате сопоставления потерь из-за простоя машин на ремонтном обслуживании и

затрат на содержание мастерских (в одиннадцати хозяйствах Иркутской области) выявлен оптимальный технологический уровень.

*Ключевые слова:* машинно-технологическая станция, технический сервис, сельскохозяйственная техника, интеграция, фермерские хозяйства, работоспособность, эффективность.

## MAINTENANCE OF MACHINERY IN AGRICULTURAL COMPLEXES BY MEANS OF MTS

**Tsedashieva L.N., Elaev G.K., Buraev M.K.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

Questions of technical service of agricultural machinery in agrarian complexes by means of the machine-technological station (MTS) in Irkutsk region. It is shown that private individual, small and medium-sized farms, which are prevailing at the present time in the countryside, having high-performance mobile equipment (tractors, grain harvesters, forage harvesters, etc.) turned out to be unable to provide high-quality technical services and a high level of serviceability of machines. The work was based on the experience of large integrated enterprises. The statistical dependence of the repair time on the indicator of the technological level of the repair base was determined. In the result of comparing losses due to machine downtime for maintenance and workshop maintenance costs (in eleven farms of Irkutsk region), an optimal technological level has been determined.

*Keywords:* machine-technological station, technical service, agricultural equipment, integration, farms, serviceability, efficiency.

Решение задачи укрепления ремонтно-сервисной базы и развития в целом технического потенциала сельскохозяйственного производства на современном этапе является одним из главных условий резкого увеличения производства отечественных продовольственных ресурсов. В АПК страны накоплен большой положительный опыт использования машинно-технологических (машинно-тракторных) станций как в советское время, так и в современной России. Об этом свидетельствуют многочисленные работы ученых и практиков в Краснодарском крае, республиках Башкортостан и Татарстан, других регионах страны [3]. МТС как самостоятельный хозяйствующий субъект с правами юридического лица использует сельскохозяйственную и другую технику совместно с сельскими товаропроизводителями или, арендуя у них землю, производит, перерабатывает и реализует разнообразную сельскохозяйственную продукцию, применяя высокие и интенсивные технологии [4]. Несмотря на положительные стороны деятельности МТС, в Иркутской области эти формирования не нашли масштабного развития. Одной из причин является отсутствие в регионе научно-обоснованных рекомендаций по реализации принципов МТС при поддержании технического состояния и восстановлении работоспособности машинно-тракторного парка сельхозтоваропроизводителей. Необходимость обслуживания техники возникает вследствие утраты годности из-за физического и морального старения машин и их элементов. Не все владельцы сельскохозяйственной техники в настоящее время имеют возможность качественно и в краткие сроки восстановить работоспособность своих машин. В особенности эта

тенденция проявляется в отношении фермеров и других мелких товаропроизводителей районов и населенных пунктов, где большинство сельскохозяйственных и обслуживающих предприятий оказались на грани банкротства или даже прекратили свое существование. Выход из этой ситуации в ряде регионов России нашли в различных формах интеграции фермеров между собой или крупными предприятиями АПК [3]. Такая форма объединения позволяет повысить интенсивность машиноиспользования и увеличить производственные показатели. При этом ремонтно-сервисное обслуживание продолжает осуществляться в форме двух отличных друг от друга вариантов:

- хозяйственно независимыми от потребителей услуг субъектами (частными дилерами, предприятиями, фирмами);
- на основе кооперации самих товаропроизводителей.

В обоих случаях желаемый эффект повышения оперативности и качества обслуживания, надежности и увеличения послеремонтного ресурса не всегда достигается.

**Цель** – оценить технические и технологические возможности МТС в решении задач обеспечения работоспособности техники в интегрированных структурах АПК.

**Задачи исследований.** Изучить потенциал машинно-технологических станций в повышении надежности и ресурса машин, снижении простоев техники, затрат на ее ремонт и техническое обслуживание в интегрированных структурах АПК.

**Методика исследований.** Для решения поставленных задач нами были проанализированы литературные источники по данной проблеме, выполнено: сравнение различных обслуживающих подразделений в сфере технического сервиса АПК; выявлены и оценены факторы, определяющие работоспособность сельскохозяйственной техники; оценено влияние ремонтно-технического подразделения МТС на коэффициент готовности, себестоимость и длительность ремонтно-обслуживающих работ. Использовались методы системного, экспертного и статистического анализа и математического моделирования. Основными источниками информационного обеспечения явились данные органов статистики, государственного управления АПК, сельскохозяйственных предприятий, предприятий ремонтно-технического и торгово-технического агросервиса Иркутской области, результаты опроса руководителей и специалистов организаций АПК; ранее выполненные научно-исследовательские разработки и публикации по исследуемой проблеме, в том числе размещенные в Интернете, нормативно-правовые акты федерального и регионального уровней.

**Результаты и их обсуждение.** Потенциал МТС проявляется, в первую очередь, наличием ремонтно-сервисной базы, ее технологическим оснащением и высокопрофессиональными исполнителями работ. Анализ показал, что в Иркутской области в настоящее время для обслуживания более 3.5 тыс. фермерских и индивидуальных хозяйств, имеющих парк машин из

352 тракторов, 184 зерновых комбайнов, 125 грузовых автомобилей и также других машин и орудий, практически нет ни одного предприятия по типу МТС, способного выполнять комплекс работ по производству сельскохозяйственной продукции и техническому сервису машин с применением высоких и интенсивных технологий. Оценка возможности их обслуживания разными ремонтно-сервисными подразделениями показала, что наиболее убыточными с точки зрения качества работ и производства сельскохозяйственной продукции представляют собственные подразделения хозяйств, а также частные торгово-обслуживающие предприятия, как правило, не имеющие технической и технологической основы обеспечения работоспособности машин. В подтверждение тому пример Эхирит-Булагатского района Иркутской области, где по данным опроса фермеров [2] 78 % воспользовались бы услугами МТС по ремонту машин, 21 % фермеров не определились со своим мнением по этому вопросу, и только 1 % из них заявил о своих собственных возможностях обслуживать технику. На сегодняшний день в собственности у них 161 трактор, 8 зерноуборочных комбайнов, 26 машин для производства картофеля, 84 машины для производства зерна (сеялки, посевные комплексы, жатки и др.), 170 машин общего назначения (бороны, культиваторы, плуги, зерноочистительные машины и др.), 245 Машины для производства кормов (косилки, грабли, пресс-подборщики и др.), 95 грузовых автомобилей [2]. Подавляющее большинство машин с десятилетним и более сроком службы.

Анализ априорной информации показал, что основной структурной частью МТС, как правило, являются механизированные отряды как специализированные (уборка зерновых, уборка сахарной свеклы, внесение удобрений и т.д.), так и комплексные. В зависимости от этого работы по поддержанию и восстановлению работоспособности машин могут выполняться в стационарной ремонтно-механической мастерской или при помощи передвижных ремонтных мастерских на месте использования машин. При этом используется два основных метода организации технологического процесса ТО и ремонта: агрегатно-узловой и индивидуальный. При агрегатно-узловом методе ремонт производится заменой вышедшего из строя узла или агрегата машины на отремонтированный ранее или новый из обменного фонд деталей и запасных частей. Применение индивидуального метода ремонта предполагает повторную установку на ту же машину снятого и отремонтированного агрегата. В том и другом случаях повышение эффективности работы ремонтной базы зависит от продолжительности ремонта машин, величины занимаемой площади, уровня технического оснащения и типажа ремонтной базы организации [1].

Опыт работы сельхозобъединения СХПАО “Белореченское” показывает, что они могут восстанавливать работоспособность своих машин на 80 % уровне надежности новой техники (таблица).

Таблица – Ремонтно-обслуживающие предприятия

Наименование предприятия	Сфера деятельности	Послеремонтный ресурс
ОАО “Иркутскагроремонт”, г. Шелехов	Текущий и капитальный ремонт тракторов и автомобилей, их агрегатов	80 %
ЗАО “Октан”, г. Иркутск	Текущий и капитальный ремонт тракторов и автомобилей, их агрегатов	80 %
ЗАО “Облагроснаб”, г. Иркутск	Торгово-посредническая деятельность, предпродажное и гарантийное обслуживание с.-х. техники	–
ОАО “Агроресурс”, г. Шелехов	Торгово-посредническая деятельность, предпродажное и гарантийное обслуживание с.-х. техники	80 %
СХПАО “Белореченское”, п. Белореченский Усольского района	Текущий и капитальный ремонт сельскохозяйственной техники, агрегатов и узлов	80 %
ЗАО “Железнодорожник”, п. Железнодорожник Усольского района	Текущий и капитальный ремонт сельскохозяйственной техники, агрегатов и узлов	80 %

Оценка влияния технологического уровня ремонтной базы на продолжительность ремонта машин была оценена линейной моделью

$$T_n = - 971.79 \cdot U_{PB} + 830.05 \quad (1)$$

Анализ полученной математической модели в первом приближении показал, что данная зависимость определяет общую тенденцию снижения времени ремонта при повышении технологического уровня ремонтной базы предприятия.

Определение достигнутого оптимального технологического уровня ремонтных мастерских для успешного обслуживания закрепленных за ними машин осуществляют путем сопоставления потерь из-за простоя машин на ремонтном обслуживании и затрат на содержание мастерских, то есть должно выполняться следующее условие

$$[C_{np}\lambda + C_k] \cdot \Theta = \min, \quad (2)$$

где  $C_{np}$  – ущерб от простоя машин в течение часа, р;

$\lambda$  – интенсивность отказов, 1/ч;

$\Theta$  – продолжительность ремонтно-обслуживающих воздействий, ч.;

$C_k$  – стоимость содержания мастерской в течение часа, р.;

Первое слагаемое характеризует средний ущерб от простоя машин на ремонтном обслуживании. Он зависит от продолжительности ремонтно-обслуживающих воздействий, т. е. от пропускной способности мастерской. Второе слагаемое определяет затраты на содержание ремонтной мастерской. Эти данные, полученные для различного числа мастерских с разным технологическим уровнем производства, разнятся (таблица).

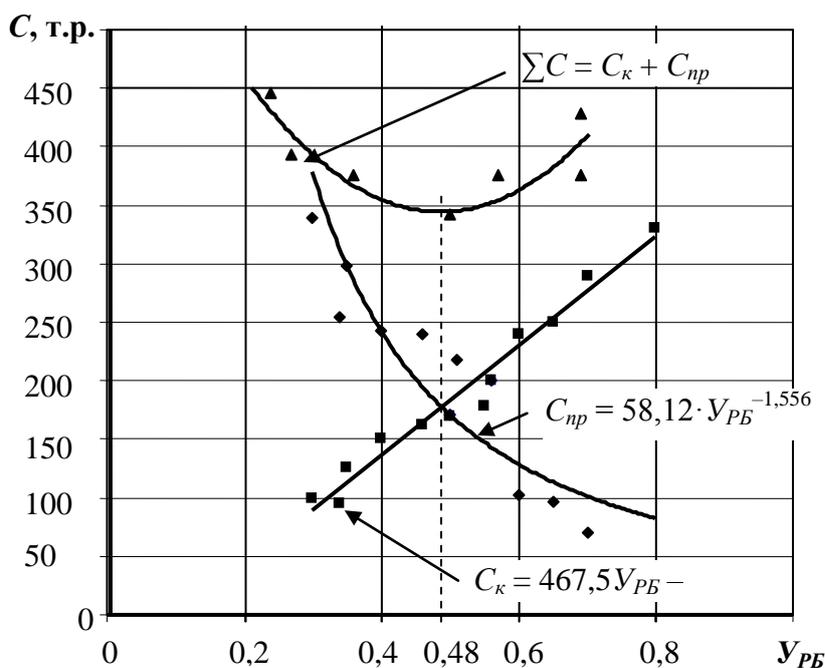


Рисунок – Зависимость издержек ремонтных мастерских с различным технологическим уровнем производства

Из графика (рисунок) видно, что достигнутый оптимальный технологический уровень мастерских, рассчитанный в одиннадцати хозяйствах Иркутской области путем сопоставления потерь из-за простоя машин на ремонтном обслуживании и затрат на содержание мастерских, составил 0,48.

Проведенные исследования позволяют сделать **выводы** о том, что в интегрированных формированиях АПК МТС может стать основным элементом системы технического сервиса, эффективность функционирования которого будет определяться высоким уровнем работоспособности и безотказности машин, способностью формирований финансировать процессы наращивания технико-технологического и кадрового потенциала ремонтно-сервисной базы МТС, позволяющие получать хорошие конечные результаты.

#### Список литературы

1. *Аносова А.И.* Совершенствование технического сервиса сельскохозяйственной техники на основе комплексной оценки и анализа технологического уровня ремонтных мастерских / *А.И. Аносова*: Автореф. дис. на соиск. уч. степени к.т.н. - Иркутск, 2014. – 19 с.
2. *Гусев А.А.* К обоснованию технического сервиса машинно-тракторного парка крестьянско-фермерских хозяйств / *А.А. Гусев, М.К. Бураев, А.В.Шистеев* // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 8. – С. 35 – 40.
4. *Улезько А. В.* Машинно-технологические станции интегрированных структур АПК: формирование, использование, информаци-онное обеспечение процессов планирования: монография / *А.В. Улезько, А.Н. Кателиков* – Воронеж: изд-во "Истоки", 2010. – 188 с.
5. *Черноиванов В.И.* Стратегия развития машинно-технологических станций / *В.И. Черноиванов* и др. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 80 с.

**References**

1. Anosova A.I. *Sovershenstvovanie tehničeskogo servisa sel'skohoz'jajstvennoj tehniki na osnove kompleksnoj ocenki i analiza tehnologičeskogo urovnja remontnyh masterskih* [Improvement of technical service of agricultural machinery on the basis of complex assessment and analysis of the technological level of repair stations]. Cand. Dis. Thesis, Irkutsk, 2014, 19 p.
2. Gusev A.A. *K obosnovaniju tehničeskogo servisa mashinno-traktornogo parka krest'jansko-fermerskih hoz'jajstv* [To the justification of the technical service of the machine and tractor park of peasant farms]. Vestnik Krasgau, 2016, no. 8, pp. 35 – 40.
4. Ulezko A.V. *Mashinno-tehnologičeskie stancii integrirovannyh struktur APK: formirovanie, ispol'zovanie, informaci-onnoe obespechenie processov planirovanija* [Machine-technological stations of integrated structures of agroindustrial complex: formation, use, information support of planning processes]. Voronezh, 2010, 188 p.
5. Chernoi'vanov V.I. *Strategija razvitija mashinno-tehnologičeskikh stancij* [Strategy of development of machine-technological stations] Moscow, 2003, 80 p.

**Сведения об авторах:**

**Бураев Михаил Кондратьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры технической сервис и общинженерные дисциплины инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89500904493, e-mail: buraev@mail.ru).

**Елаев Григорий Кириллович** – магистрант инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89041537978, e-mail: grishaelaev@mail.ru).

**Цэдэшиева Лариса Николаевна** – аспирантка кафедры технического сервиса и общинженерных дисциплин инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89027668641, e-mail: ltsedashieva@mail.ru).

**Information about authors:**

**Buraev Mikhail K.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department Technical Service and General Engineering Disciplines. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500904493, e-mail: buraev@mail.ru).

**Elaev Grigory K.** – Master of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041537978, e-mail: grishaelaev@mail.ru).

**Tsedashieva Larisa N.** – PhD student of the Department Technical Service and General Engineering Disciplines, Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89027668641, e-mail: ltsedashieva@mail.ru).

УДК 62-791.2

**РАСЧЕТ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК  
МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА**<sup>1</sup>Л.М. Чеботнягин, <sup>1</sup>С.П. Дроздов, <sup>1</sup>В.В. Потапов, <sup>2</sup>С.В. Подъячих<sup>1</sup>Иркутский научно-исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия<sup>2</sup>Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье приведена методика расчета относительного износа витковой изоляции масляного трансформатора. Обследовались действующие трехфазные масляные трансформаторы, подключенные в электрохозяйстве. В ходе исследования получены расчетные и экспериментальные данные, по которым можно прогнозировать остаточный ресурс изоляции трансформатора. В зависимости от расчета остаточного ресурса своевременно производить осмотры, ремонты и замену оборудования. В результате расчета остаточного ресурса трансформатора необходимы данные посуточной нагрузки, температуры масла и окружающей среды, теплового состояния ННТ обмотки не только в текущий, ограниченный период, а за довольно длительный период измерений.

*Ключевые слова:* трансформатор, температура, изоляция, остаточный ресурс.

**CALCULATION OF THE RESIDUAL RESOURCE OF INSULATION  
OF WINDS OF OIL TRANSFORMER**<sup>1</sup>Chebotnyagin L.M., <sup>1</sup>Drozдов S.P., <sup>1</sup>Potapov, V.V., <sup>2</sup>Podyachikh S.V.<sup>1</sup>Irkutsk Scientific Research Technical University, Irkutsk, Russia<sup>2</sup>Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

In the article the technique of calculation of the relative wear of winding insulation in oil transformer. Surveyed existing three-phase oil transformers are connected in electrical equipment. In the study, the calculated and experimental data, which can predict the residual life of the transformer insulation. Depending on the calculation of a residual resource to make timely inspections, repairs and replacement of equipment. As a result of the calculation of the residual life of the transformer required data of daily load, oil temperature and the environment, the thermal state of the winding NNT not only in the current, limited period and for a fairly long period of measurements.

*Key words:* transformer, temperature, insulation, residual resource.

При повышенной температуре изоляции обмотки трансформатора происходит повышенный ее износ, а при температуре более 98°C происходит удвоенный износ изоляции. Имея данные о тепловом состоянии наиболее нагретой точки, появляется возможность определять состояние трансформатора и остаточный ресурс его работы.

**Цель работы** – разработка методики расчета относительного износа витковой изоляции масляного трансформатора.

**Методики исследования.** При расчете остаточного ресурса работы трансформатора используют методику ГОСТ 14209-85. В документе описаны расчеты наиболее нагретой точки обмотки и относительного износа изоляции.

Увеличение токов трансформатора приводит к возрастанию потерь в трансформаторе, которое приводит к повышению температуры. Передача

тепла от обмотки трансформатора к баку происходит путем конвекции масла. Схема передачи тепла показана на рисунке 1 [1].

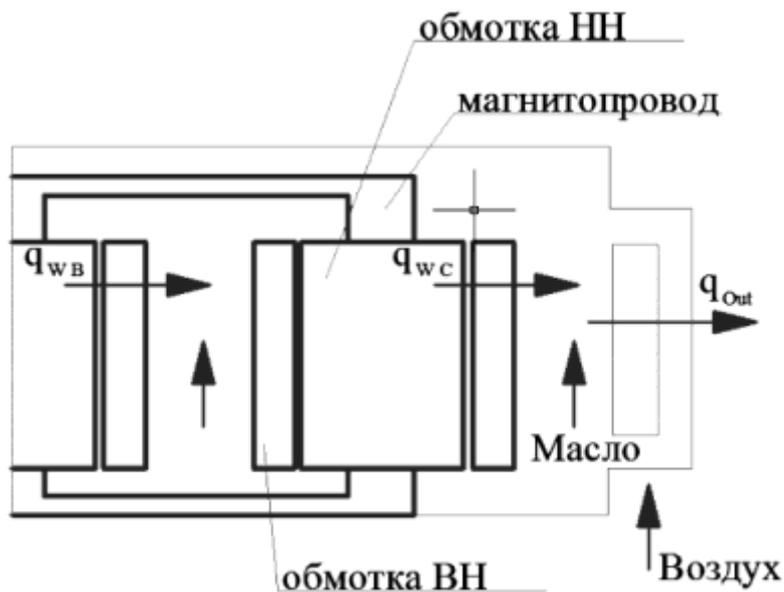


Рисунок 1 – Схема распределения температур

Для расчета рассмотрим упрощенную схему распределения температуры масла и обмотки по высоте (рис. 2) [1, 2].

При расчете будем принимать упрощенную схему изменения превышающей температуры масла и обмоток для двухступенчатого прямоугольного графика нагрузки по рисунку 2 и 3.

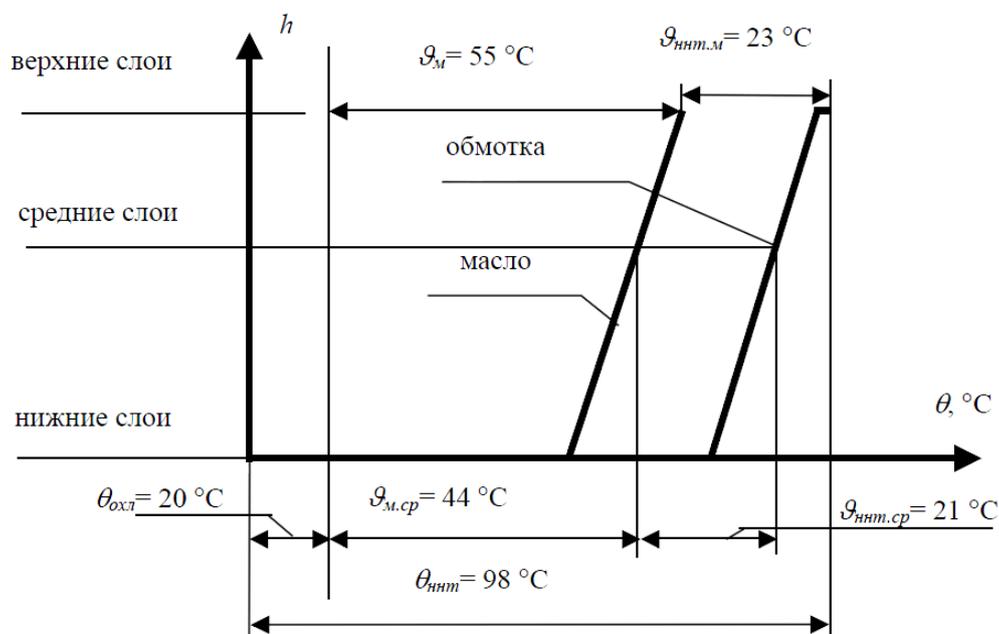


Рисунок 2 – Диаграмма распределения температур по высоте бака трансформатора

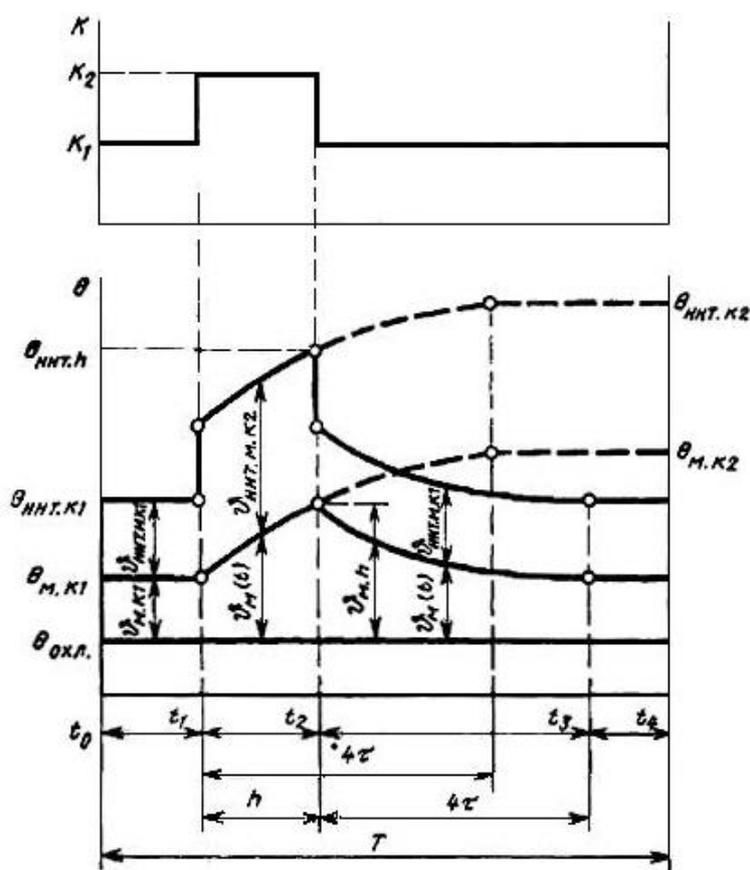


Рисунок 3 – Изменения температуры масла и обмотки, соответствующие двухступенчатому прямоугольному графику нагрузки трансформатора

**Результаты и обсуждение.** В соответствии с [1] температура охлаждающей среды принимается условно постоянной, температура наиболее нагретой точки обмотки в каждый момент времени  $t$  определяется, как сумма трех составляющих

$$\Theta_{ННТ t} = \Theta_{ОХЛ} + \vartheta_{M t} + \vartheta_{ННТ M t} \quad (1)$$

где  $\Theta_{ОХЛ}$  - температура охлаждающей среды, °С;

$\vartheta_{M t}$  – превышение температуры масла в верхних слоях над температурой охлаждающей среды, °С;

$\vartheta_{ННТ M t}$  – превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла в верхних слоях, °С.

Допускается, что температуры  $\vartheta_{M t}$  и  $\vartheta_{ННТ M t}$  не зависят от температуры охлаждающей среды от 40 до -20° С. Также не учитывается переходной процесс изменения температуры, при нагрузках и перегрузках продолжительностью 0.5 ч.

Так как данные с регистратора получаем через короткий интервал времени, то расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки будем проводить в установившемся тепловом режиме при нагрузках  $K$ :

$$\Theta_{ннт k} = \Theta_{охл} + \vartheta_{mk} + \vartheta_{ннт. mk} \quad (2)$$

$$\vartheta_{mk} = \vartheta_{м. ном} \left( \frac{1+dK^2}{1+d} \right)^x \quad (3)$$

$$\vartheta_{\text{ннт.мк}} = (\vartheta_{\text{ннт.ном}} - \vartheta_{\text{м.ном}})K^y = \vartheta_{\text{ннт.м.ном}}K^y \quad (4)$$

где  $\vartheta_{\text{м}}$  - превышение температуры масла в верхних слоях над температурой охлаждающей среды, °С;

$\vartheta_{\text{ннт.м}}$  - превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла в верхних слоях, °С;

$d = \frac{P_{\text{к.ном}}}{P_{\text{о.ном}}}$  - отношение потерь короткого замыкания к потерям холостого хода;

$K$  - значения нагрузок;

$x = 0.9$  и  $y = 1.6$  - для трансформаторов с охлаждением М и Д.

При переходном режиме нагрева продолжительностью нагрузки  $4\tau > h \geq 0,5$  ч температуру рассчитываем по формулам:

$$\Theta_{\text{ннт к}} = \Theta_{\text{охл}} + \vartheta_{\text{мк}} + \vartheta_{\text{ннт.мк2}} \quad (5)$$

$$\vartheta_{\text{mh}} = \vartheta_{\text{mk1}} + (\vartheta_{\text{mk2}} - \vartheta_{\text{mk1}})(1 - e^{-h/\tau}) \quad (6)$$

$$\vartheta_{\text{ннт.мк2}} = \vartheta_{\text{ннт.ном}}K_2^y \quad (7)$$

При продолжительности нагрузки  $h < 0,5$  ч переходного теплового режима нагрева:

$$\Theta_{\text{ннт к}} = \Theta_{\text{охл}} + \vartheta_{\text{мк}} + \vartheta_{\text{ннт.мк}} \quad (8)$$

$$\vartheta_{\text{ннт.мк}} = \vartheta_{\text{ннт.мк1}} + (\vartheta_{\text{ннт.мк2}} - \vartheta_{\text{ннт.мк1}})(1 - e^{-h/\tau_{\text{об}}}) \quad (9)$$

где  $\vartheta_{\text{mh}}$  - по формуле (6).

При понижении температуры обмотки длительностью  $4\tau > (t_3 - t_2) \geq 4\tau_{\text{об}}$ :

$$\Theta_{\text{ннт т}} = \Theta_{\text{охл}} + \vartheta_{\text{м2}} + \vartheta_{\text{ннт.мк1}} \quad (10)$$

$$\vartheta_{\text{mt}} = \vartheta_{\text{mk1}} + (\vartheta_{\text{mh}} - \vartheta_{\text{mk1}})e^{-t/\tau} \quad (11)$$

$$\vartheta_{\text{ннт.мк1}} = \vartheta_{\text{ннт.м.ном}}K_1^y \quad (12)$$

Температуру наиболее нагретой точки обмотки в переходном тепловом режиме снижения температуры при длительности снижения  $(t_3 - t_2) < 4\tau_{\text{об}}$  следует рассчитывать по формулам:

$$\Theta_{\text{ннт т}} = \Theta_{\text{охл}} + \vartheta_{\text{mt}} + \vartheta_{\text{ннт.мт}} \quad (13)$$

$$\vartheta_{\text{ннт.мт}} = \vartheta_{\text{ннт.м.к1}} + (\vartheta_{\text{ннт.мх}} - \vartheta_{\text{ннт.м.к1}})e^{-t/\tau_{\text{об}}} \quad (14)$$

где  $\vartheta_{\text{mk1}}$  - по формуле (11).

Относительный износ витковой изоляции допускается также определять по всему графику  $\Theta_{\text{ннт}}(t)$  продолжительностью  $T$ . При таком расчете график  $\Theta_{\text{ннт}}(t)$  также делим на  $m$  интервалов  $\Delta t_i$ . Участки графика с неизменным значением  $\Theta_{\text{ннт}}$  принимают за один интервал. Участки графика с изменяющимся значением  $\Theta_{\text{ннт}}$  по экспоненте (неустановившийся режим при  $K = \text{const}$ ) необходимо разделить на интервалы, согласно правилом: продолжительность первого и второго интервалов от начала экспоненты не должна превышать  $0,3 \tau$  каждый, третьего и четвертого интервала - не более  $\tau$  каждый, продолжительность последующих интервалов не ограничиваются. В каждом интервале следует провести линии среднего значения  $\Theta_{\text{ннт.i}}$ , а затем по каждому интервалу  $\Delta t_i$  графика  $\Theta_{\text{ннт}}(t)$  рассчитывать относительный износ по формуле

$$F_i = \frac{\Delta t_i}{T} 2^{(\Theta_{\text{ннт}1} - \Theta_{\text{ннт}0})/\Delta} \quad (15)$$

Относительный износ за продолжительность T графика нагрузки будет равен сумме относительных износов по всем участкам[1]:

$$F = \sum_{i=1}^{i=m} F_i \quad (16)$$

Расчет остаточного ресурса производим за период равным 1 часу по формулам 2 – 16.

Суточные данные с температурных датчиков, температуры ННТ обмотки и нагрузки (см. график 1), а также расчет относительного износа витковой изоляции смотрите в таблице 1. На графике 2 изображены данные с датчика

$$\vartheta_{mk} = \vartheta_{м.ном} \left( \frac{1 + dK^2}{1 + d} \right)^x = 29.65 * \left( \frac{1 + 6.08 * 0.0507^2}{1 + 6.08} \right)^{0.9} = 5.16$$

$$\vartheta_{ннт.мк} = (\vartheta_{ннт.ном} - \vartheta_{м.ном})K^y = \vartheta_{ннт.м.ном} K^y = 29.65 * 0.00507^{1.6} = 0.25$$

$$\Theta_{ннт к} = \Theta_{охл} + \vartheta_{mk} + \vartheta_{ннт.мк} = 9.4 + 29.65 + 0.25 = 39.29$$

$$F_i = \frac{\Delta t_i}{T} 2^{(\Theta_{ннт1} - \Theta_{ннтб})/\Delta} = \frac{1}{24} 2^{(39.29 - 98)/6} = 0.0000462$$

Таблица 1 – Суточные данные температур датчика, ННТ обмотки и относительного износа

Время	Температура 1, °C	Температура воздуха, °C	Нагрузка, кВт	K	$\vartheta_m$ , °C	$\vartheta_{ннт.м}$ , °C	$\Theta_{ннт}$ , °C	F
0:00	29.65	9.4	26.08	0.0507	29.224	0.4666	38.876	0.0000462
1:00	29.00	8.5	25.04	0.0487	28.592	0.4372	37.322	0.0000384
2:00	28.13	7.3	25.52	0.0496	27.572	0.4506	35.102	0.0000299
3:00	27.33	6.7	30	0.0584	26.833	0.5837	33.823	0.0000255
4:00	26.54	6.2	36.4	0.0708	26.041	0.7954	32.625	0.0000221
5:00	25.85	5.2	40.4	0.0786	25.42	0.9398	31.061	0.0000185
6:00	25.21	5.4	44.72	0.087	24.8	1.1057	30.707	0.0000177
7:00	24.98	5.8	46.72	0.0909	24.834	1.1858	31.173	0.0000185
8:00	24.81	6.2	54.88	0.1068	24.707	1.5342	31.599	0.0000192
9:00	24.96	7	52.8	0.1027	25.051	1.4422	32.705	0.0000221
10:00	25.42	8	53.28	0.1037	25.706	1.4633	34.383	0.0000268
11:00	25.85	9	54.64	0.1063	26.131	1.5235	35.847	0.0000317
12:00	26.40	10	56.48	0.1099	26.738	1.6064	37.509	0.0000384
13:00	27.06	10.9	55.12	0.1072	27.484	1.545	39.144	0.0000464
14:00	27.52	11.8	60.96	0.1186	27.811	1.8151	40.519	0.0000544
15:00	27.92	11.8	61.04	0.1188	28.167	1.8189	40.89	0.0000568
16:00	28.21	11.9	57.36	0.1116	28.393	1.6466	41.137	0.0000585
17:00	28.23	11.9	63.76	0.124	28.242	1.9503	41.143	0.0000585
18:00	28.15	11.5	67.04	0.1304	28.093	2.1133	40.675	0.0000550
19:00	28.19	11.1	62.72	0.122	28.214	1.8996	40.287	0.0000530
20:00	27.90	10.4	53.92	0.1049	27.711	1.4915	38.868	0.0000465
21:00	27.50	9.7	44.56	0.0867	27.25	1.0993	37.499	0.0000398
22:00	27.10	9	34.96	0.068	26.854	0.7457	36.221	0.0000342
23:00	26.67	8	28.32	0.0551	26.39	0.5323	34.648	0.0000283

Относительный износ витковой изоляции за суточный график нагрузки:  
 $F=0.0000462+0.0000384+0.0000299+0.0000255+0.0000221+0.0000185+$   
 $+0.0000177+0.0000185+0.0000192+0.0000221+0.0000268+0.0000317+$   
 $+0.0000384+0.0000464+0.0000544++0.0000568+0.0000585+$   
 $+0.0000585+0.0000550+0.0000530+0.0000465+0.0000398+0.0000342+$   
 $+0.0000283=0.00089$  “нормальных суток” износа.

Рассчитаем относительный износ за прошедшие 20 лет, при данных условиях эксплуатации:

$$F_p = FT_{тр} \quad (17)$$

где  $T_{тр}$  – срок службы трансформатора на момент расчетов.

$$F_p = 0.00089 * 365 * 20 = 6.47$$

Остаточный ресурс рассчитывается по формуле (18).

$$T_{ост} = L_{\sigma}(1 - F) \quad (18)$$

где  $L_{\sigma}$  – срок службы трансформатора при работе в номинальном режиме,  $L_{\sigma}=25$  лет.

$$T_{ост} = 25(1 - 0.00089 * 365) = 16.91$$

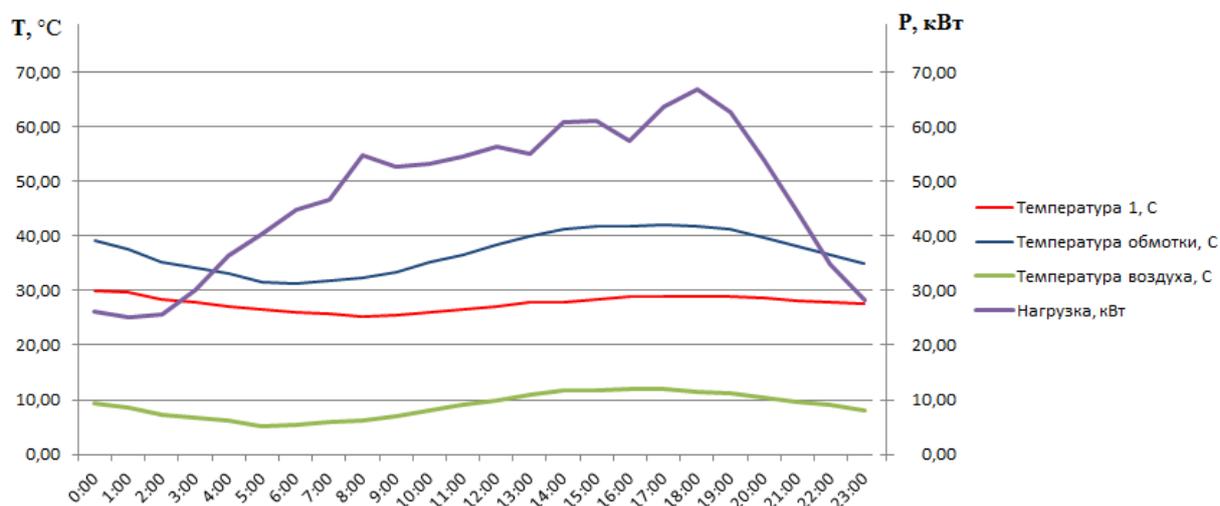


График 1 – Суточное изменение температуры окружающей среды, нагрузки и температуры трансформатора

Нормальная скорость теплового старения изоляции при температуре 98° С равняется 1. По полученным суточным данным видно, что температура обмотки не превышает 67° С, поэтому и суточный температурный износ изоляции незначителен.

Также скорость теплового старения изоляции рассчитывают по правилу Монтзингера:

$$v = 2^{\frac{Q_h - 98}{\Delta T}} = 2^{\frac{Q_h - 98}{6}}, \quad (19)$$

где  $Q_h$  - температура наиболее нагретой точки изоляции, °С;

$\Delta T$  - превышение температуры, при которой скорость изоляции увеличивается в 2 раза.

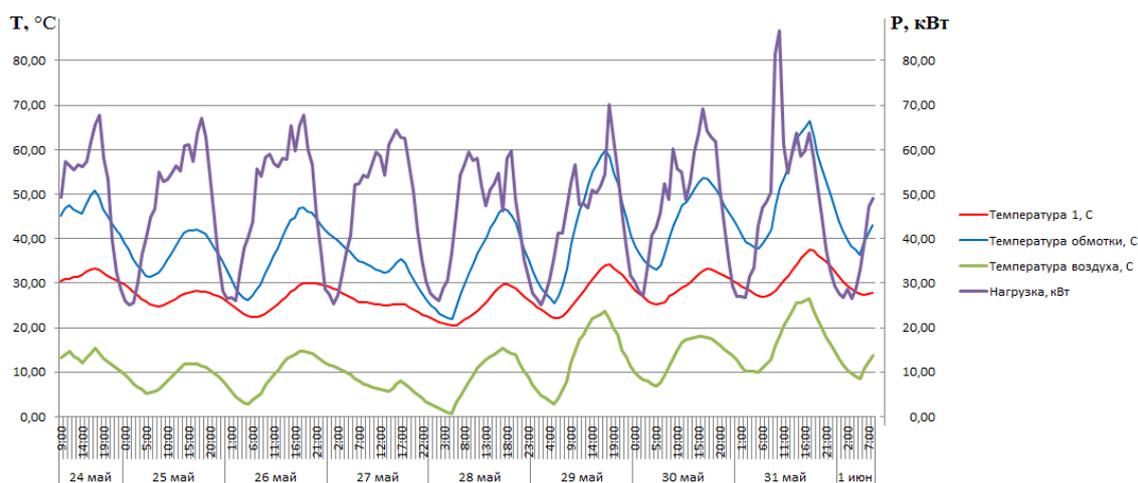


График 2 – Изменение температуры окружающей среды, нагрузки и температуры трансформатора за 8 суток

Подставив полученную максимальную температуру обмотки  $67^{\circ}\text{C}$  за исследуемый период формулу 17, получим максимальную скорость теплового старения:

$$v_{max67} = 2^{\frac{Q_h - 98}{6}} = 2^{\frac{67 - 98}{6}} = 0.0278$$

Если предположить, что трансформатор находится в эксплуатации 20 лет и не испытывал температурных нагрузок свыше  $67^{\circ}\text{C}$ , то выработанный температурный ресурс изоляции будет составлять:

$$v_{20\text{год.}67} = 0.0278 * 20 = 13.36 \text{ лет}$$

В результате расчета остаточного ресурса трансформатора необходимы данные посуточной нагрузки, температуры масла и окружающей среды, теплового состояния ННТ обмотки не только в текущий, ограниченный период, а за довольно длительный период измерений.

По полученным расчетным и экспериментальным данным построены графики. Из графика 2 видно, что после периода повышения нагрузки следует фаза возрастания температуры с небольшим отставанием по времени, а при уменьшении нагрузки температура падает. Так, при максимальной нагрузке трансформатора 30 мая в 10:00 температура бака трансформатора и ННТ обмотки достигла своего максимального значения лишь спустя 7 часов. Т. е. по полученным изменениям нагрузкам существует возможность прогнозировать изменение температуры трансформатора заблаговременно, и тем самым предотвратить возможность аварийного режима работы и продлить срок службы трансформатора.

Определение остаточного ресурса трансформаторов позволяет формировать базу данных посуточного износа витковой изоляции обмоток, что дает возможность оперативно следить за техническим состоянием и принимать решения об их дальнейшей работе, проведении профилактических или восстановительных работ, а также замене оборудования. Более точным результатом расчета остаточного ресурса будет формирование базы данных с начала эксплуатации трансформатора.

Выводы. 1. Определение остаточного ресурса трансформаторов позволяет формировать базу данных посуточного износа витковой изоляции обмоток, что дает возможность оперативно следить за техническим состоянием и принимать решения об их дальнейшей работе, проведении профилактических или восстановительных работ, а также замене оборудования.

2. Более точным результатом расчета остаточного ресурса будет формирование базы данных с начала эксплуатации трансформатора.

#### Список литературы

1. Андреев К.А. Расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки трансформатора при нелинейной нагрузке / К.А. Андреев // Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. № 4 – 1.

2. ГОСТ Р 52719-2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия. Москва, Стандартинформ, 2007 – 176 с.

3. Зализный Д.И. Использование тепловой модели для теоретических исследований тепловых процессов в масляных трансформаторах 10 / 0.4 кВ. / Д.И. Зализный // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2001. № 3 – 4 (6). С. 51 – 60.

#### References

1. Zaliznyy D.I. *Ispolzovaniye teplovooy modeli dlya teoreticheskikh issledovaniy teplovykh protsessov v maslyanykh transformatorakh 10/0.4 kV* [The use of a thermal model for theoretical studies of thermal processes in oil transformers 10 / 0.4 kV.]. Vestnik Gomelskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P.O. Sukhogo, 2001, no. 3 – 4 (6), pp. 51 – 60.

2. GOST R 52719-2007 *Transformatory silovye. Obshhie tehnicheskie usloviya* [Power transformers. General specifications]. Moscow, 2007, 176 p.

3. Andreyev K.A. *Raschet temperatury naiboleye nagretoy tochki obmotki transformatora pri nelineynoy nagruzke* [Calculation of the temperature of the most heated point of the transformer winding under nonlinear load]. Tula, Izvestiya TulGU. Tekhnicheskkiye nauki. 2010, no 4 – 1.

#### Сведения об авторах

**Дроздов Сергей Павлович** – инженер-энергетик, Отдел измерений, Служба Главного энергетика, Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. 89246211966, e-mail: sergei\_dr\_80@mail.ru).

**Подъячих Сергей Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89021761226, e-mail: PSV78@yandex.ru).

**Потапов Василий Васильевич** – кандидат технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета. Иркутский государственный технический университет (664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. 89149415732, e-mail: otep2@istu.edu).

**Чеботнягин Леонид Михайлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета, Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. 89500822415, e-mail: leonidchebotnyagin@yandex.ru).

**Information about authors:**

**Drozdov Sergey P.** – engineer, Department of Measurement, Service of Chief Engineer, Irkutsk National Research Technical University (83, Lermontova st., Irkutsk, 664074, Russia, tel. 89246211966, e-mail: sergei\_dr\_80@mail.ru).

**Podiyachikh Sergey V.** – Candidate in Technical Science, Department of Power Supply and Electric Technics, Faculty of Power Supply. Irkutsk State Agrarian University named after Ezhevskiy (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89021761226, e-mail: PSV78@yandex.ru).

**Potapov Vasily V.** – Candidate in Technical Science, Professor, Department of Electric Supply and Technics. Irkutsk State Technical University (83, Lermontova st., Irkutsk, 664074, Russia, tel. 89149415732, e-mail: otep2@istu.edu).

**Chebotnyagin Leonid M.** – Candidate in Technical Science, Ass. Professor, Department of Electric Supply and Technics. Irkutsk National Research Technical University (83, Lermontova st., Irkutsk, 664074, Russia, tel. 89500822415, e-mail: leonidchebotnyagin@yandex.ru).

УДК 629.114.2.004.54

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИН В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

**М.В. Чубарева, Н.В. Чубарева, В.Н. Хабардин**

*Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск, Россия*

Существуют три формы ТО машин: централизованная, децентрализованная и комбинированная. На основе анализа стандартов, справочной и научно-технической литературы, руководств по эксплуатации основных отечественных и зарубежных марок тракторов, а также на основе натуральных наблюдений с мест эксплуатации машин Иркутской области, в работе установлено, что особенности ТО машин в полевых условиях обусловлены воздействием на процесс обслуживания климатических, биологических и производственных факторов. При этом отмечено, что сформированный список факторов верен, поскольку он подтвержден и уточнен в ходе экспертных оценок. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем при принятии решений по совершенствованию ТО машин в полевых условиях, а также при постановке задач исследования процесса обслуживания машин в направлении ресурсосбережения.

*Ключевые слова:* обслуживание техническое, процесс, условия полевые, особенности, факторы, машина.

## **SPECIFIC FEATURES OF MAINTENANCE OF MACHINES IN THE FIELD**

**Chubareva M.V., Chubareva N.V., Khabardin V.N.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

There are three forms of maintenance of machines: centralized, decentralized and combined. Based on the analysis of standards, reference and scientific and technical literature, manuals on the operation of the main domestic and foreign brands of tractors, and also on the basis of field observations from the places of operation of machines in Irkutsk region, it was established that the specific features of the maintenance of machines in the field are conditioned by the impact of climatic, biological and production factors on the process maintenance. It was noted that the list of factors formed is correct, as it is confirmed in the course of expert assessments. The obtained results can be used in future when making decisions on improving the

maintenance of machines in the field, and also when setting the tasks of studying the process of servicing machines in the direction of resource saving.

*Keywords:* technical maintenance, process, field conditions, features, factors, machine.

Прежде чем приступить к изложению основного содержания статьи дадим определения терминам, которые будем использовать в дальнейшем.

Техническое обслуживание (ТО) – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. При этом обслуживание при использовании изделия машин включает в себя ТО при подготовке к использованию по назначению, использовании по назначению, а также непосредственно после его окончания [1].

Операция ТО – законченная часть технического обслуживания составной части изделия, выполняемая на одном рабочем месте исполнителем определенной специальности [1].

Технология ТО – перечень операций ТО, выполняемых в установленной последовательности [2]. Технология ТО при использовании тракторов является регламентированной и выполняется по правилам ГОСТ 20793-2009 [3], который предусматривает следующие виды ТО: при эксплуатационной обкатке (подготовке, проведении и окончании) ежесменное (ЕТО), периодические первое, второе и третье (ТО-1, ТО-2 и ТО-3), а также сезонные обслуживания при переходе к весенне-летнему (ТО-ВЛ) и осенне-зимнему (ТО-ОЗ) периодам эксплуатации.

Средства ТО – средства технологического оснащения и сооружения, предназначенные для выполнения технического обслуживания [1].

Полевые условия – это условия окружающей среды в поле – на месте использования машин при выполнении ими полевых механизированных работ в весенне-летне-осенний период (далее для упрощения – весенне-летний период). К условиям окружающей среды относят совокупность всех природных условий, в которых протекают производство продукции и эксплуатация машин [14].

Стационарные условия ТО (для сравнения с полевыми) – совокупность объектов и условий в стационарных мастерских, на станциях и в пунктах ТО машин.

**Задача исследования.** Определить особенности ТО тракторов в полевых условиях как факторы, влияющие на процесс обслуживания.

**Объект исследования** – процесс технического обслуживания машин.

**Методика исследования.** Работа выполнена в три этапа. Первый этап – формирование списка особенностей ТО машин в полевых условиях на основе изучения стандартов, справочной и научно-технической литературы, а также руководств по эксплуатации основных отечественных и зарубежных марок тракторов. При этом дополнительно используют результаты натурных наблюдений с мест эксплуатации машин, к которым относятся сельскохозяйственные предприятия Иркутской области. Определение особенностей ТО тракторов осуществляют на основе сопоставления

процессов ТО в полевых условиях со стационарными. При поиске особенностей идентифицируют их как факторы. Второй этап – обобщение и классификация выявленных факторов-особенностей. Третий этап – оценка факторов на основе эвристических методов, а, при необходимости, их уточнение и дополнение.

**Результаты и их обсуждение.** Спецификой современного сельскохозяйственного производства является то, что основной объем механизированных сельскохозяйственных работ приходится на весенне-летний период и выполняется в полевых условиях, причем в сжатые агротехнические сроки. Основное место работы машин – поле. В соответствии с ГОСТ 20793-2009 [3] проведение ТО при эксплуатационной обкатке, ТО-3, ТО-ВЛ и ТО-ОЗ тракторов и машин следует проводить в стационарных мастерских, на станциях и в пунктах технического обслуживания. При этом периодические обслуживания ТО-1 и ТО-2 названных машин допускается проводить на месте их работы с использованием передвижных агрегатов технического обслуживания (АТО). Выявим и проанализируем далее особенности ТО машин в полевых условиях с учетом обозначенной специфики сельскохозяйственной отрасли экономики и представленных положений стандарта на ТО тракторов. При этом под особенностями будем понимать характерные (отличительные) явления, наблюдаемые в процессе ТО при его реализации в полевых условиях.

Техническое обслуживание машин в полевых условиях в отличие от стационарных имеет свои особенности [6, 8, 9, 11, 14, 15, 16]. Представим их далее через факторы (условия) климатические, биологические и производственные [5].

*Климатические факторы.* Воздействие климатических факторов, к которым относятся: атмосферное давление, температура и влажность окружающего воздуха, атмосферные осадки, туман, солнечное излучение, ветер, пыль, песок и др. [5]. Будем иметь в виду, что из приведенных факторов только атмосферное давление как фактор в равной степени воздействует на человека как в полевых, так и стационарных условиях проведения работ по ТО машин. Отметим далее только те факторы, которые имеют место быть в сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области, причем в весенне-летний период полевых работ.

Продолжительность теплового периода (со средней суточной температурой выше 0 °С) сравнительно невелика: 120-190 дней. Предельно высокие температуры воздуха (абсолютные максимумы) могут достигать 34-39 °С. Относительная влажность воздуха изменяется в пределах от 30 до 62 %. Среднее многолетнее количество осадков на территории области составляет 350-450 мм. В течение года осадки распределены крайне неравномерно. В теплый период (май – сентябрь) выпадает 65 – 85 % годовой суммы. В основном приходятся они на лето с максимумом в июле. Ветры на территории Иркутской области не отличаются значительными скоростями.

Для определения воздействия климатических факторов на процесс машиноиспользования совместим график распределения загрузки машинно-тракторного парка (МТП) в весенне-летний период с графиками распределения количества атмосферных осадков и температуры окружающего воздуха как это показано на рис. 1 (исходные графики заимствованы из источника [14]). Из рис. 1 следует, что пиковые периоды полевых работ (предпосевная обработка почвы и посев, уборка урожая и вспашка зяби) совпадают с наихудшими климатическими условиями (с атмосферными осадками), а температура окружающего воздуха не является стабильной в течение весенне-летнего периода и существенно отличается от нормальной, находящейся в пределах от 18 до 21 °С. Кроме того, полевые условия труда даже при плюсовых температурах воздуха не позволяют провести обслуживание машин качественно, а в случае непогоды (осадков и ветра) работа в поле не представляется возможной вовсе.

Для решения данной проблемы сотрудниками СибИМЭ для климатических условий Сибири предложен полевой пункт ТО легкого функционирования – под пленкой [7]. Однако это неизбежно сопряжено с дополнительными затратами на его создание и эксплуатацию.

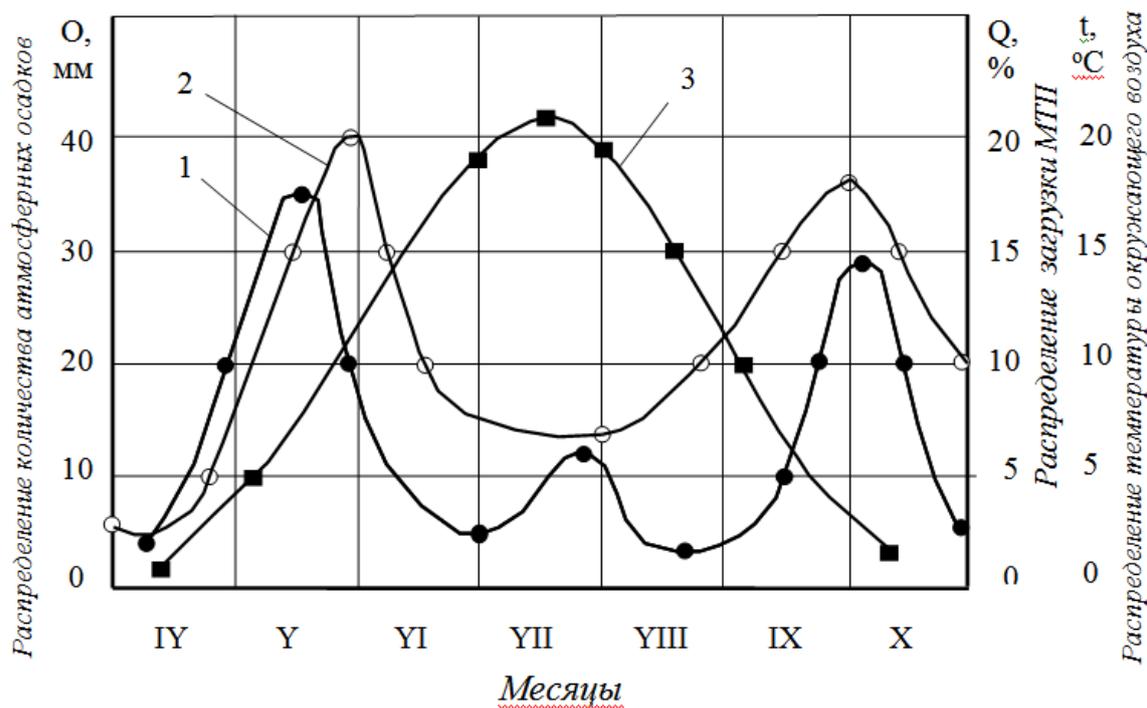


Рисунок 1 – Климатические условия машиноиспользования Сибири:

- – распределение количества атмосферных осадков;
- – распределение загрузки МТП;
- – распределение температуры окружающего воздуха

*Биологические факторы.* Они обусловлены действием на человека насекомых, к которым в Сибири относятся: мошки, комары, мухи, оводы, осы, пчелы, жуки, муравьи и др. Серьезную опасность для человека в поле

представляют змеи, укусы которых могут привести к летальному исходу. Поэтому механизаторы избегают возможности проведения ТО на участках, покрытых травой и прилегающих к лесу. При этом они не используют какие-либо защитные средства.

*Производственные факторы* – трудонапряженность, неравномерность загрузки исполнителей и средств ТО, рассредоточенность мест работы машин, приспособленность средств ТО к использованию в полевых условиях, приспособленность объектов (тракторов) к проведению ТО в полевых условиях, необходимость соблюдения требований технической и экологической безопасности ТО, обеспеченность квалифицированными кадрами.

*Трудонапряженность.* Она сводится к следующему. Основной объем работ по ТО машин приходится на напряженный весенне-летний период. Наблюдается противоречие основного технологического процесса, в котором задействован трактор, с технологическим процессом ТО [9, 16]. Суть этого противоречия состоит в том, что трактор нужно останавливать на ТО и при этом нарушать по времени выполнение основного технологического процесса. Это приводит к потерям от простоев машин на ТО.

*Неравномерность загрузки исполнителей и средств ТО.* С ростом загрузки (объема механизированных работ) машинно-тракторного парка (МТП) в период полевых работ одновременно растет количество и трудоемкость плановых обслуживаний, которые прямо пропорциональны наработке трактора [14]. Для наглядности эти два процесса представлены на рисунке 1. по данным [9], где объем механизированных работ за каждый месяц в % найден по отношению к среднемесячному объему этих работ за год. Графики на рисунке 2 показывают, что с ростом загрузки МТП растет трудоемкость ТО. При этом около 60 % годового объема работ по ТО приходится на напряженный период полевых работ: первый пик - май и июнь; второй пик - август и сентябрь. В результате число исполнителей работ по ТО должно быть определено с учетом пиковых нагрузок, что приводит к дополнительным затратам труда и средств на ТО.

*Рассредоточенность мест работы машин.* В хозяйствах Иркутской области наблюдается большая рассредоточенность мест работы машин, что обуславливает необходимость их транспортирования к стационарным пунктам ТО [16] или передвижных средств обслуживания к местам использования машин [15]. В обоих случаях – это дополнительные затраты на ТО.

*Приспособленность средств ТО к использованию в полевых условиях.* Она определяется качеством функционирования передвижных средств ТО.

Вначале отметим, что в настоящее время в России выпускают передвижные агрегаты ТО на базе автомобиля ГАЗ-3309 – АТО-9994 и прицепные агрегаты ТО и ремонта типа ПАТОР (ПАТОР-А, ПАТОР-ЭУ и ПАТОР-С) – в сцепке с легковым автомобилем и с трактором [15].

Агрегаты ТО, базирующиеся на шасси автомобиля или работающие в сцепке с автомобилем, имеют ограниченную проходимость [15, 16]. При отсутствии асфальтированных дорог, в весеннюю и осеннюю распутицу, а также в дождливую погоду использование этих средств почти не представляется возможным. Применение более проходимых агрегатов, например, на базе прицепов с трактором малоэффективно из-за увеличения времени на переезды и расхода топлива. Это тоже неизбежно приводит к дополнительным затратам на ТО.

Далее. Экономическая целесообразность применения передвижных агрегатов ТО ограничена с одной стороны - средним радиусом переездов машин, а с другой - наличием достаточного числа обслуживаемых машин (по нормативам: один АТО на 30 тракторов [16]). Поэтому использование передвижных АТО в небольших фермерских хозяйствах экономически нецелесообразно. Известен вариант решения этой проблемы путем создания машинно-тракторных станций (МТС) [8] с пунктами ТО, куда доставляют тракторы для их обслуживания. Однако в Иркутской области МТС пока не находят своего распространения.

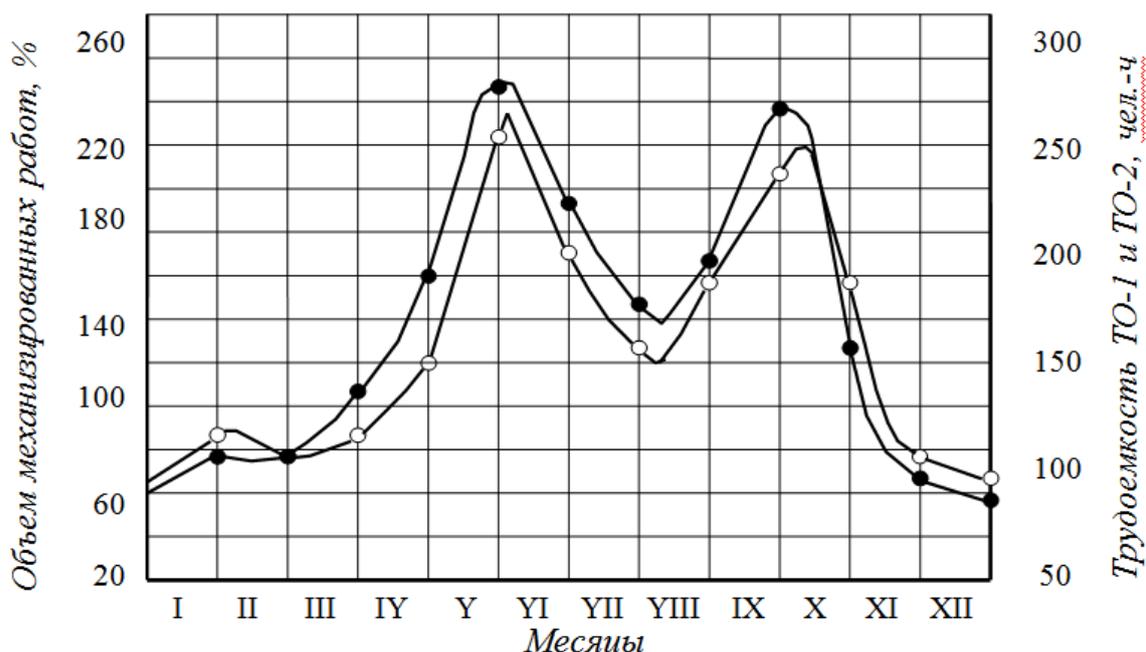


Рисунок 2 – Распределение объема механизированных работ (●) и трудоемкости ТО-1 и ТО-2 (○) по месяцам

В дополнение следует отметить, что в современной практике ТО машин, по крайней мере, в Иркутской области, передвижные агрегаты встречаются редко. Сельхозпроизводитель их не приобретает, поскольку не уверен в том, что приобретенное им средство даст экономический эффект.

При этом ТО тракторов в поле проводят с использованием простейших технических средств, к которым относятся, например, заправочные воронки, контейнеры, канистры и другие, приспособленные для этих целей приборы.

*Приспособленность объектов (тракторов) к проведению ТО в полевых условиях.* Для изучения этого фактора нами проанализированы руководства по эксплуатации как отечественных [2, 12], так и иностранных [13] тракторов. При этом была поставлена задача: найти специальные устройства в конструкции тракторов и технологические операции ТО, рекомендованные заводом-изготовителем исключительно для применения в полевых условиях. Таких устройств и рекомендаций нами не найдено. Получается, что вопрос о приспособленности тракторов к ТО в полевых условиях в руководствах по эксплуатации тракторов пока даже не поставлен.

*Обеспеченность квалифицированными кадрами.* До настоящего времени сельская местность не привлекает молодежь по различным причинам. В связи с этим ощущается как общий недостаток кадров в сельскохозяйственном производстве, так и в сфере обслуживания и ремонта машин. Для работы в поле требуются молодые высококвалифицированные специалисты, обладающие экологической культурой. В условиях дефицита механизаторских кадров их найти весьма затруднительно [4]. Кроме того, наблюдается снижение профессиональных знаний и навыков слесарей и механиков в области диагностирования машин [11], да и инженеров тоже.

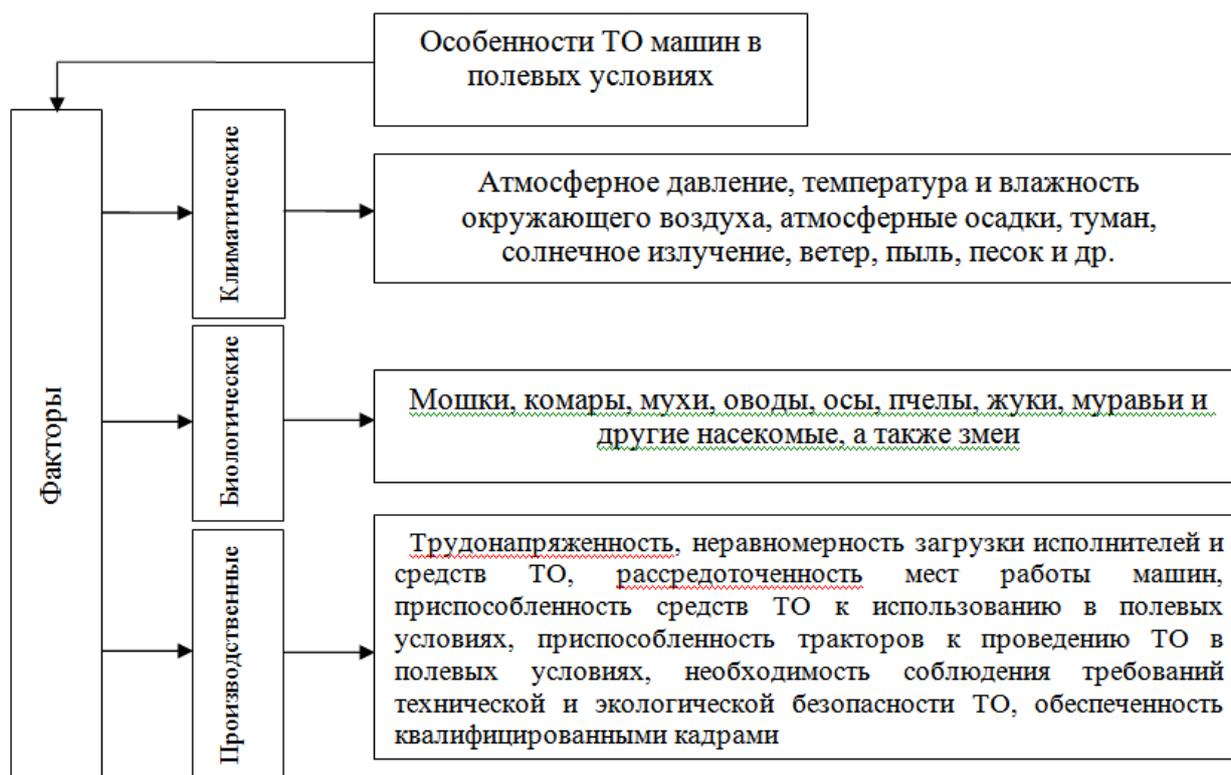


Рисунок 3 – Блок-схема формирования факторов, определяющих особенности ТО тракторов в полевых условиях

*Необходимость соблюдения требований безопасности ТО.* В соответствии с ГОСТ 20793-2009 к ним относятся требования технической безопасности и охраны окружающей среды. Безусловно, указанные

требования нужно выдерживать. Однако на практике это не всегда получается. В этой связи относительно экологической безопасности принимают во внимание следующую концепцию (основополагающее начало): обслуживание должно иметь экологическую направленность, но при этом процесс ТО сам не должен быть источником опасности для природы [2].

На следующем этапе исследования систематизируем изложенные факторы и для наглядности представим их в виде блок-схемы (рис. 3). Получается, что особенности ТО машин в поле обусловлены воздействием на процесс обслуживания климатических, биологических и производственных факторов. Разумеется, что на основе этих факторов вполне возможно представить проблему ТО машин в полевых условиях как систему Ч-М-С – человек – машина – среда.

На завершающем этапе произведем оценку факторов на основе эвристических методов, поскольку “обобщенное” коллективное мнение является более достоверным. Данная задача была решена методом экспертных оценок Дельфи [5]. Процедура анонимного опроса экспертов состояла в следующем.

Экспертам был предложен список факторов в соответствии с рис. 3. Задача каждого эксперта состояла согласиться со списком (с каждым пунктом списка) или вычеркнуть из него, на его взгляд, ненужные факторы, либо дополнить список новыми факторами, которых нет в исходном списке. К работе были приглашены 30 экспертов из числа инженеров, занимающихся технической эксплуатацией машин. В результате все 30 экспертов согласились с предложенным списком факторов. При этом 6 экспертов дополнили список фактором “низкий уровень морального и материального стимулирования работ по ТО”, а 3 эксперта включили в список такой фактор как “психологическая совместимость участников процесса ТО”. Предложенные факторы были приняты нами во внимание и включены в группу факторов “обеспеченность квалифицированными кадрами”. В результате список факторов, представленных на рис. 3, был принят в окончательном варианте. При этом в целом можно считать, что список факторов, найденный по результатам анализа литературы и наблюдений авторов, верен, поскольку он подтвержден в ходе экспертных оценок.

**Выводы.** 1. На основе изучения стандартов, справочной и научно-технической литературы, руководств по эксплуатации основных отечественных и зарубежных марок тракторов, а также на основе натуральных наблюдений с мест эксплуатации машин Иркутской области, установлено, что особенности ТО машин в полевых условиях обусловлены воздействием на процесс обслуживания климатических, биологических и производственных факторов.

2. В целом, можно считать, что сформированный список факторов верен, поскольку он подтвержден и уточнен в ходе экспертных оценок.

3. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем при принятии решений по совершенствованию ТО машин в полевых условиях, а

также при постановке задач исследования процесса обслуживания машин в направлении ресурсосбережения.

### Список литературы

1. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Введ. 1980-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.
2. Беларусь 1221: руководство по эксплуатации 1221 – 0000010РЭ / сост. В.Г. Левков; ред. М.Г. Мелешко – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн.: ПО “Минский тракторный завод”, 2000. – 224 с.
3. ГОСТ 20793-2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-86; введ. 2011-01-05. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 19 с.
4. Краснощекоев Н.В. Повышение производительности машинных агрегатов – приоритетное направление технической политики в АПК / Н.В. Краснощекоев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 1. – С. 9 – 11.
5. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. // М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1 (Методология. Организация. Терминология) / Под ред. А.И. Рембезы – 224 с.
6. Полуян А.Г. Расчет числа рабочих мобильного специализированного звена / А.Г. Полуян, А.В. Горетый // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 1. – С. 17 – 20.
7. Производственная база и операционная технология обслуживания машин в хозяйствах Сибири: Метод. рекомендации / А.Т. Клейн и др. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1980. – 123 с.
8. Сервис самоходных машин и автотранспортных средств: учеб. пособие / Н.И. Бойко, В.Г. Санамян, А.Е. Хачкинаян – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. – 512 с.
9. Совершенствование технологий и оперативных средств контроля технического состояния тракторов в полевых условиях / А.П. Уткин и др. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. – 66 с.
10. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: Учебное пособие / Э.А. Сухарев – Ровно: НУВХП, 2006. – С.
11. Терских И.П. Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / И.П. Терских – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1987. – 312 с.
12. Тракторы “Кировец” К-744Р, К-744Р1, К-744Р2: техническое описание и инструкция по эксплуатации // СПб.: ЗАО “Петербургский тракторный завод”, 2004. – 263 с.
13. Трактор CLAAS. AXION 840-820-810 CMATIC-CEBIS. Инструкция по эксплуатации SERVICE&PARTS AXION 800. – CMatic – Cebis, 2009. – 476 с.
14. Хабардин В.Н. Ресурсосберегающие технологии, методы и средства технического обслуживания тракторов: монография / В.Н. Хабардин. - Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2009. - 384 с.
15. Хабардин В.Н. Современные агрегаты технического обслуживания машин и их анализ / В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, А.В. Хабардина, С.И. Базарон // Вестник ИрГСХА. – 2014. - № 65. – С. 101 – 110.
16. Черноиванов В.И. Система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве / В.И. Черноиванов, А.Э. Северный, Л.М. Пильщиков – М.: ГОСНИТИ, 2001. – 168 с.

### Reference

1. GOST 18322-78 Sistema tehničkog obsluživanija i remonta tehniki. Termini i opredelenija [State Standard 18322-78. System of maintenance and repair of equipment. Terms and Definitions]. Moscow, 2007, 11 pp.

2. *Belarus 1221. Rukovodstvo po ekspluatacii* [Belarus 1221: Instruction manual 1221 - 0000010RE]. Minsk, 2000, 224 pp.
3. *GOST 20793-2009. Traktory i mashiny selskhozijysvennyye. Tehnicheskoe obsluzhivanie* [State Standard 20793-2009. Tractors and agricultural machines. Maintenance]. Moscow, 2011, 19 pp.
4. *Krasnoshekov N.V. Povyshenie proizvoditelnosti mashinnyh agregatov – prioritnoe napravlenie tehnicheskoy politiki v APK* [Increasing the productivity of machine aggregates is a priority direction of the technical policy in the agroindustrial complex]. Tractors and agricultural machinery, 2002, pp. 9 – 11.
5. *Nadezhnost i effektivnost v tehnike* [Reliability and efficiency in engineering]. Moscow, 1986, 224 p.
6. *Polujan A.G. Raschet chisla rabochih mobilnogo specializirovannogo zvena* [Calculation of the number of mobile workers team]. Moscow, 2006, pp.17 – 20.
7. *Proizvodstvennaya baza i operacionnaya tehnologiya obsluzhivaniya mashin v hozjystvah Sibiri* [The production base and operational technology of servicing cars in Siberia]. Novosibirsk, 1980, 123 p.
8. *Servis samohodnyh mashin i avtotransportnyh sredstv* [Service of self-propelled machines and vehicles]. Rostov-na-Donu, 2007, 512 p.
9. *Sovvershenstvovanie tehnologiy i operativnyh sredstv kontrolja tehnicheskogo sostojaniya traktorov v polevyh uslovijah* [Improvement of technologies and operational means of monitoring the technical condition of tractors in the field]. Novosibirsk, 1984, 66 p.
10. *Suharev E.A. Ekspluacionnaya nadezhnost mashin: teorija, metodologija, modelirovanije* [Operational reliability of machines: theory, methodology, modeling]. Rovno, 2006.
11. *Terskih I.P. Funkcionalnaja diagnostika mashinno-traktornyh agregatov* [Functional diagnostics of machine-tractor units]. Irkutsk, 1987, 312 p.
12. *Traktory "Kirovec" K-744P, K-744P1, K-744P2. Tehnicheskoe opisanie i instrukcija po ekspluatacii* [Tractors "Kirovets" K-744R, K-744R1, K-744R2: technical description and instruction manual]. Sankt- Petersburg, 2004, 263 p.
13. *Traktor CLAAS. AXION 840-820-810 CMATIC-CEBIS. Instrukcija po ekspluatacii SERVICE&PARTS AXION 800* [Tractor CLAAS. AXION 840-820-810 CMATIC-CEBIS. Operating Instructions SERVICE & PARTS AXION 800]. CMatic – Cebis, 2009, 476 p.
14. *Habardin V.N. Resursosberegajushie tehnologii, metody i sredstva tehnicheskogo obsluzhivaniya traktorov* [Resource-saving technologies, methods and means of maintenance of tractors]. –Irkutsk, 2009, 384 pp.
15. *Habardin V.N. Sovremennye agregaty tehnicheskogo obsluzhivaniya mashin i ih analiz* [Modern machines maintenance units and their analysis]. – Irkutsk, 2014. – P. 101 – 110.
16. *Chernoivanov V.I. Sistema tehnicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin v selskom hozjystve* [System of maintenance and repair of machines in agriculture]. Moscow, 2001, 168 pp.

#### Сведения об авторах:

**Хабардин Василий Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89500809286, e-mail: rector@igsha.ru).

**Чубарева Марина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

**Чубарева Наталья Владимировна** – аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и безопасности жизнедеятельности инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, т. 89021773425, e-mail: ch\_nata@mail.ru).

**Information about authors:**

**KHабардин Vasilij N.** – Doctor in Technical Science, Doctor of Technical Sciences, Professor, of Chair of Operation of Machine and Tractor Park and Health and Safety of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500809286, e-mail: rector@igsha.ru).

**Chubareva Marina V.** – Candidate in Technical Science, Ass. Professor of Technical Services and Engineering Disciplines. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

**Chubareva Natalia V.** – PhD Student, Department of Operation of Machine and Tractor Park and Health and Safety of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89021773425, e-mail: ch\_nata@mail.ru).

УДК 629.114.2.004.

**ВЛИЯНИЕ СИЛ ИНЕРЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСТЕЙ ДВИГАТЕЛЯ  
НА РЕЗУЛЬТАТ ТЯГОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРАКТОРА**

**С.В. Хабардин**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, *Иркутск, Россия*

В статье дано обоснование ответа на вопрос о влиянии сил инерции, возникающих в процессе испытаний тракторов тяговым методом при трогании с места под нагрузкой, на результат определения мощностных показателей. Также установлено, что тяговые испытания в движении и при трогании с места под нагрузкой имеют общий период нагружения машин. В ходе анализа графического и математического материала процесса тяговых испытаний машин при трогании с места под нагрузкой, относящегося к периоду неустойчивой работы двигателя, определено наличие инерционной составляющей, которая в математических описаниях определения мощностных показателей учитывается значением максимального крутящего момента двигателя. При этом в статье отмечено, что значение выработанной по инерции силы тяги трактора на результат определения мощностных показателей не влияет.

*Ключевые слова:* трактор, испытание, процесс, сила тяги, мощность, расход топлива, определение, математическое описание.

**INFLUENCE OF THE INERTIA FORCE OF MOVING ENGINE PARTS ON THE  
RESULT OF TRACTOR TRACTION TESTS**

**Khabardin S.V.**

Irkutsk state agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

The article gives the substantiation of the answer to the question on the influence of the forces of inertia that arise during the testing of tractors by the traction method when starting from a place under load on the result of the determination of power indicators. During the analysis of graphical and mathematical material of the process of traction testing of machines when starting

from a place under load related to the period of unstable operation of the engine, the presence of an inertial component is determined, which is taken into account in the mathematical descriptions of the power factor determination by the value of the maximum torque of the engine. At the same time, it is noted in the article that the value of the traction traction generated by inertia does not influence on the result of determining the power parameters.

*Keywords:* tractor, test, process, tractive force, power, fuel consumption, determination, mathematical description.

Эффективная и экологически безопасная работа тракторов и сложных сельскохозяйственных машин в значительной степени определяется их техническим состоянием. Контроль технического состояния машин, прежде всего, предполагает определение значений параметров мощности и расхода топлива. Погрешность математических моделей при определении указанных параметров не должна превышать 10 % при доверительной вероятности 0.95.

**Цель исследования** – снижение затрат труда и средств на определение топливно-энергетических показателей тракторов за счет применения тягового метода испытания этих машин при трогании с места под нагрузкой.

**Объект исследования** – процесс тяговых испытаний машин.

**Методика исследования.** В основу методики положены теория трактора и автомобиля, а также расчетно-экспериментальный метод определения мощности и расхода топлива при трогании машины с места под нагрузкой.

**Обсуждение результатов исследования.** При обосновании тяговых испытаний тракторов в режиме трогания с места под нагрузкой возникает вопрос о влиянии сил инерции движущихся частей трактора и двигателя. Для ответа на него необходимо сопоставить процесс разгона трактора при тяговых испытаниях в движении [1, 2, 5, 10] с процессом его тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой [6, 7, 8, 9].

Тяговые испытания трактора при движении – это процесс определения его тягово-динамических и экономических характеристик при движении в заданных условиях и в функции тяговой нагрузки. В процессе таких испытаний трактор загружают специальной динамометрической тележкой, оборудованной тормозным устройством. С помощью этого устройства создают переменное сопротивление движению и загружают трактор в широком диапазоне тяговых усилий. Динамометром или динамографом измеряют силу тяги машины, а расходомером – часовой расход топлива [1, 2, 5, 10].

Тяговые испытания трактора при трогании с места под нагрузкой – это процесс определения тягово-динамических и экономических характеристик трактора при трогании машины с места в заданных условиях и в функции тяговой нагрузки, приложенной к тягово-сцепному устройству. Тяговые испытания проводят под нагрузкой при отсутствии движения трактора, трогаящегося с места. Тяговые испытания отличаются режимом нагружения машины: первый режим – при номинальной нагрузке, или при номинальной силе тяги [6, 9], второй – при максимальной силе тяги [7, 8]. В ходе испытаний динамометром измеряют силу тяги трактора, а расходомером – часовой расход топлива.

Для сопоставления процессов тяговых испытаний рассмотрим теоретическую диаграмму разгона трактора (рис. 1) и график зависимости силы тяги трактора и параметров двигателя от времени тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой (рис. 2), совмещенные с регуляторной характеристикой двигателя.

Диаграмма (рис 1.) показывает разгон трактора с нагружением средством торможения при тяговых испытаниях в движении от начала трогания с места до установления значений контролируемых параметров тяговых испытаний. Процесс разгона при этом можно разделить на два периода: первый – выравнивание угловых скоростей коленчатого вала двигателя и первичного вала трансмиссии; второй – с преодолением момента сопротивления – дальнейшее повышение скорости движения агрегата до установленного значения.

На диаграмме (рис 1.) в координатной плоскости I нанесены кривые изменения с течением времени  $t$  угловой скорости коленчатого вала  $\omega_d$ , угловой скорости первичного вала трансмиссии  $\omega_{II}$ , момента трения муфты сцепления  $M_M$ , крутящего момента двигателя  $M_K$ . Момент сопротивления  $M_C$  средства торможения, приложенный к первичному валу трансмиссии, условно принят постоянным и изображен на диаграмме прямой, параллельной оси абсцисс.

В координатной плоскости II нанесена регуляторная характеристика двигателя, отражающая зависимость крутящего момента  $M_K$  двигателя от угловой скорости  $\omega$  коленчатого вала двигателя. Штриховыми линиями показана взаимосвязь характерных точек зависимости крутящего момента  $M_K = f(t)$  в координатной плоскости I и  $M_K = f(\omega)$  в координатной плоскости II.

На рис. 2 в координатной плоскости I приведена зависимость силы тяги трактора  $P_T$ , а также зависимости параметров двигателя – угловой скорости коленчатого вала  $\omega_d$  и крутящего момента  $M_K$  от времени процесса тяговых испытаний  $t$  при трогании с места под нагрузкой. Зависимость крутящего момента двигателя в координатной плоскости I совмещена штриховыми линиями с регуляторной характеристикой в координатной плоскости II по характерным точкам процесса испытаний.

В первый период разгона при трогании с места плавно включают муфту сцепления, постепенно увеличивая развиваемый ею момент трения. На диаграмме (рис. 1) в координатной плоскости I процесс полного включения муфты проходит на участке отрезка OW зависимости  $M_M = f(t)$  и соответствует отрезку  $t_M$ . После окончания включения муфты ее момент трения будет иметь постоянное расчетное значение:

$$M_{M,расч} = \beta M_H, \quad (1)$$

где  $\beta$  - коэффициент запаса муфты сцепления, равный  $\beta = 2 - 3$ ;  $M_H$  - номинальный крутящий момент двигателя. В первый период разгона момент

трения муфты сцепления для коленчатого вала является моментом сопротивления, а для первичного вала трансмиссии – ведущим моментом.

Первичный вал трансмиссии  $\omega_{II}$  при тяговых испытаниях в движении в начальный момент разгона неподвижен. Он начинает вращаться только через время  $t_B$  в точке V, когда момент трения  $M_M = M_C$  в первый период разгона  $t_1$ . В дальнейшем под действием разности моментов  $M_M - M_C$  угловая скорость первичного вала  $\omega_{II}$  будет постепенно возрастать. При этом угловая скорость коленчатого вала  $\omega_D$  будет понижаться от оборотов холостого хода в точке X, до минимальных значений под нагрузкой в точке G первого периода разгона  $t_1$  (рис. 1).

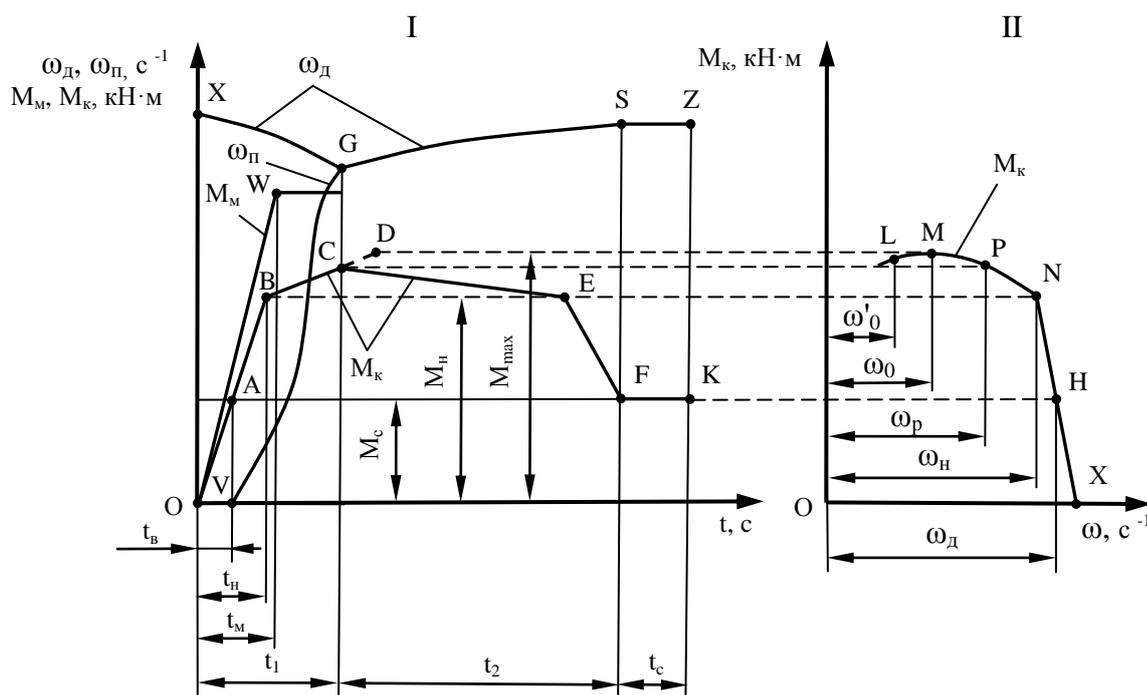


Рисунок 1 – Теоретическая диаграмма разгона трактора, совмещенная с регуляторной характеристикой двигателя

Во второй период разгона  $t_2$  коленчатому валу двигателя и первичному валу трансмиссии сообщаются одинаковые угловые ускорения, значения которых зависят от разности крутящих моментов  $M_K - M_C$ . Муфта сцепления при этом не буксует и ее момент трения используется не полностью. Значения угловой скорости коленчатого вала  $\omega_D$  и первичного вала  $\omega_{II}$  будут постепенно возрастать на общем отрезке кривой GS до установления значений на участке SZ [1, 10].

Процесс тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой (рис. 2) проходит без вращения первичного вала трансмиссии, поскольку по условиям испытаний буксование ходового аппарата машины по поверхности испытательной площадки должно отсутствовать [6, 7, 8, 9]. Во время тяговых испытаний со стороны первичного вала трансмиссии через муфту сцепления

передается момент сопротивления  $M_C$ , равный моменту трения муфты сцепления  $M_M$ . При этом муфта сцепления, как тормозное устройство, позволяет нагрузить двигатель до полной остановки его работы.

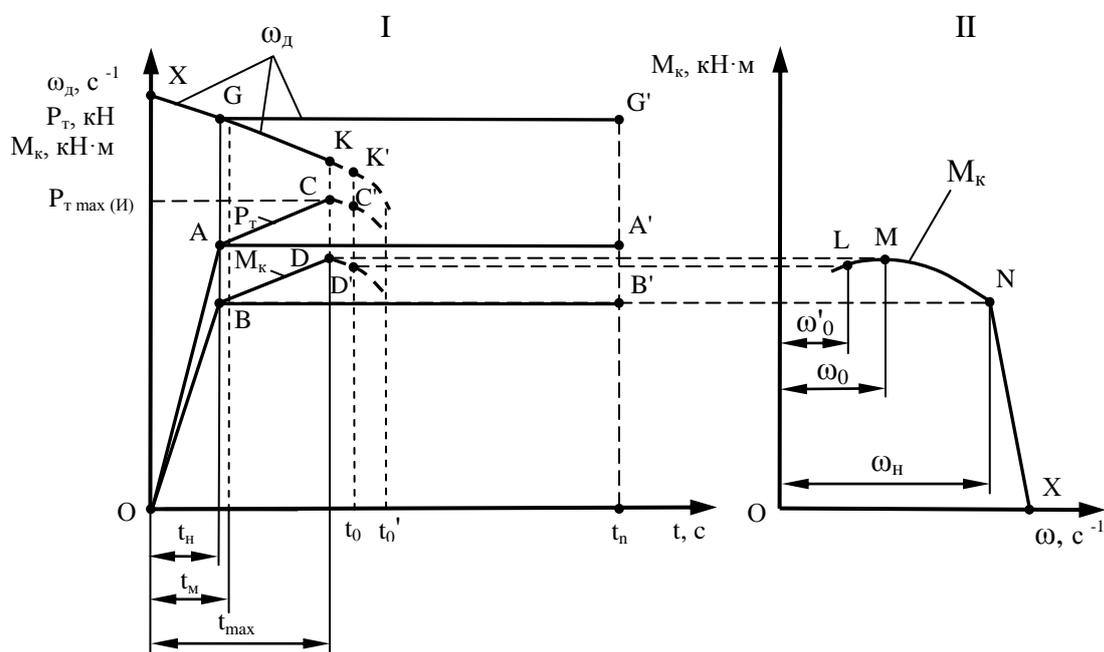


Рисунок 2 – График зависимости силы тяги трактора  $P_T$  и параметров двигателя – угловой скорости  $\omega_d$ , крутящего момента  $M_k$  от времени процесса тяговых испытаний  $t$  при трогании с места под нагрузкой, совмещенный по крутящему моменту  $M_k$  с регуляторной характеристикой двигателя

В режиме испытаний при номинальной нагрузке, при неполном включении муфты сцепления, с появлением создаваемого ей момента сопротивления, угловая скорость коленчатого вала  $\omega_d$  снижается от холостых значений в точке X до номинальных в точке G. Испытания в режиме максимальной силы тяги трактора при неустойчивой работе двигателя сопровождаются стремительным снижением угловой скорости коленчатого вала  $\omega_d$  от значений в точке X, по точкам номинальной и максимальной нагрузки G и K, а также точки периода неустойчивой работы двигателя K' до нулевого значения во время  $t_0$ .

Определение тяговых характеристик проводят по ГОСТ 7057-2001, 30745-2001 с последовательным увеличением нагрузки от нулевой до максимальной при числе ступеней нагрузки не менее 12. Соответствуя этим условиям, зависимость крутящего момента  $M_k = f(t)$  (рис. 1) представлена ломаной линией ОВСЕФК с ответвлением CD – участка увеличения нагрузки до максимального значения в точке D. Участок ОВС – это участок роста значений крутящего момента в первый период разгона. На участке СЕФ значения крутящего момента двигателя во второй период разгона снижаются. Участок FK, соответствует периоду стабилизации значений крутящего

момента при установившейся работе двигателя. Зависимость крутящего момента  $M_k = f(t)$  (рис. 2) представлена общей линией ОВ с ответвлениями при номинальной нагрузке ВВ' и максимальной силе тяги ВD.

В точке D участка кривой ОВД зависимости  $M_k = f(t)$  при испытаниях в движении и в режиме максимальной силы тяги при трогании с места под нагрузкой, (рис. 1, 2) крутящий момент двигателя достигает максимального значения  $M_{k\max}$ . На регуляторной характеристике в точке М зависимости  $M_k = f(\omega)$  крутящий момент двигателя имеет также максимальное значение. При дополнительной перегрузке, левее точки М, со снижением частоты вращения коленчатого вала условия протекания рабочего процесса ухудшаются и значение крутящего момента понижается.

В координатной плоскости II (рис. 1, 2) на участке регуляторной характеристики от нулевого значения крутящего момента в точке X до номинального в точке N при угловой скорости  $\omega_n$ , двигатель работает на регуляторе, который, реагируя на снижение угловой скорости коленчатого вала, увеличивает подачу топлива в цилиндры, в результате чего увеличивается крутящий момент двигателя. Соответственно участок ОВ зависимости  $M_k = f(t)$  в координатной плоскости I является регуляторным.

В первый период разгона тяговых испытаний в движении и тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой в режиме максимальной силы тяги на участке регуляторной характеристики NL (рис. 1, 2) – участке перегрузки, двигатель работает на корректоре, обеспечивающем, по мере снижения частоты вращения коленчатого вала двигателя, увеличение цикловой подачи топлива. Соответственно участок ВD (рис. 1, 2) зависимости  $M_k = f(t)$  в координатной плоскости I является корректорным.

Участок регуляторной характеристики, лежащий левее точки наибольшего значения крутящего момента – точки М и включающий ее, считают не рабочим, так как на этом участке двигатель работает неустойчиво и при дополнительной перегрузке глохнет со снижением значений угловой скорости от  $\omega_0$  до  $\omega'_0$ .

Точка Р регуляторной характеристики со значением угловой скорости  $\omega_p$  (рис. 1) соответствует точке начала разгона трактора С зависимости  $M_k = f(t)$ , в которой угловые скорости коленчатого вала двигателя и первичного вала трансмиссии выравниваются. Точка Н регуляторной характеристики со значением угловой скорости  $\omega_d$  соответствует точкам установившегося режима испытаний, лежащих на участке FK зависимости  $M_k = f(t)$  [1, 10].

Зависимость силы тяги трактора от времени испытаний  $P_T = f(t)$  (рис. 2) построена по результатам тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой с применением компьютерной программы “View-300”. Процесс тяговых испытаний в разных режимах проходит по общей линии ОА за время  $t_n$  с ответвлениями при номинальной нагрузке АА' и максимальной силе тяги АС. Испытания в номинальном режиме проводят при номинальном значении оборотов коленчатого вала с возможностью кратных повторений. При этом

зависимость  $\omega_D = f(t)$  будет проходить по линии GG', а зависимость  $M_K = f(t)$  по линии BB'. Испытания при максимальной нагрузке проходят в условиях неустойчивой работы двигателя за время  $t_{\max}$  со снижением значений угловой скорости коленчатого вала  $\omega_D$ , силы тяги трактора  $P_T$  и крутящего момента  $M_K$  до нулевых значений во время  $t_0'$ .

Момент касательных сил инерции вращающихся масс двигателя позволяет преодолевать момент сопротивления, передающийся через муфту сцепления со стороны первичного вала трансмиссии в первый период разгона трогания машины с места. При этом крутящий момент двигателя  $M_K$ , увеличивающийся по наклонным прямым OB и BD на участках  $t_1$  и  $t_{\max}$  (рис. 1, 2), можно представить уравнением:

$$M_K = M_M - J_D \varepsilon, \quad (2)$$

где  $M_M$  - момент, передаваемый муфтой сцепления;  $J_D$  - приведенный момент инерции двигателя;  $\varepsilon$  - угловое ускорение коленчатого вала  $\varepsilon = d\omega_D / dt$ .

Тогда крутящий момент, передаваемый муфтой сцепления, можно представить:

$$M_M = M_K + J_D \varepsilon \quad (3)$$

Во второй период разгона на участке  $t_2$  (рис. 1) уравнения (2), (3) примут вид:

$$M_K = M_M + J_D \varepsilon, \quad (4)$$

$$M_M = M_K - J_D \varepsilon. \quad (5)$$

На участке  $t_c$  (рис. 1) установившегося режима тяговых испытаний в движении образуется равенство:

$$M_M = M_K, \quad (6)$$

при  $\varepsilon = 0$ .

Тяговые испытания при трогании с места под нагрузкой проходят в условиях постоянного воздействия момента сопротивления, создаваемого муфтой сцепления, где

$$M_M = M_C \quad (7)$$

Испытания в режиме максимальной силы тяги сопровождаются неустойчивой работой двигателя с возникновением инерционной силы, тогда с учетом равенства (7) преобразуем (2), (3) и в результате получим:

$$M_K = M_C - J_D \varepsilon, \quad (8)$$

$$M_C = M_K + J_D \varepsilon. \quad (9)$$

В режиме номинальной нагрузки процесс испытаний проходит по линии BB', при номинальном значении оборотов коленчатого вала в период устойчивой работы двигателя, где

$$M_C = M_K, \quad (10)$$

при  $\varepsilon = 0$ .

В уравнениях (2), (3), (4) и (5) первого и второго периодов разгона показано, что процесс тяговых испытаний в движении проходит с возникновением инерционной составляющей  $J_{д\epsilon}$ , равной моменту касательных сил инерции вращающихся масс двигателя. В уравнениях (6) и (10) установившегося режима тяговых испытаний в период устойчивой работы двигателя инерционная составляющая не присутствует. Уравнения (8) и (9) тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой в режиме максимальной силы тяги имеют наличие инерционной составляющей.

Период неустойчивой работы двигателя, представленный выражениями (8), (9), на а) регуляторной характеристике (рис. 2), находится на участке ML, где в точке M значение крутящего момента максимально, при этом муфта сцепления создает момент сопротивления, сводящий к минимуму значение инерционной составляющей. На рис. 2 точки неустойчивой работы двигателя (рис. 2) участка ML регуляторной характеристики соответствуют точкам участка DD' зависимости  $M_{к} = f(t)$ , которые спроецированы на участки CC' и KK' зависимостей  $P_{т} = f(t)$  и  $\omega_{д} = f(t)$ .

Прекращение термического процесса сгорания топлива внутри цилиндров проходит по линии K' C' D' (рис. 2) во время  $t_0$  с дальнейшей выработкой силы тяги трактора по инерции от движущихся частей двигателя во время  $t_0'$ . На регуляторной характеристике прекращение термического процесса проходит левее точки L. При исправной муфте сцепления значение выработанной по инерции силы тяги может находиться за пределом чувствительности динамометра и прибором не фиксироваться.

Необходимо отметить, что в ходе испытаний трактора при трогании с места под нагрузкой в режиме максимальной силы тяги динамометр фиксирует максимальное значение силы тяги трактора  $P_{т \max (И)}$ , которое на рис. 2 находится в точке C, расположенной выше точек вероятной остановки работы двигателя, находящихся от C до C'. По этому значению тягового усилия, возникшего после прекращения термического процесса, находящегося ниже точки C, не является составляющей измеренного максимального значения силы тяги трактора  $P_{т \max (И)}$ .

Сопоставление графического и математического материала тяговых процессов показывает, что тяговые испытания в движении и при трогании с места под нагрузкой имеют общий период нагружения машины с возрастанием нагрузки до номинальных и максимальных значений. Для тяговых испытаний в движении – это первый период разгона, а для тяговых испытаний при трогании с места – это время нагружения машины максимальной силой тяги. Условия тяговых испытаний в общей точке D соответствуют условиям построения тяговых характеристик с крайней точкой, в которой максимальное тяговое усилие ограничивается началом неустойчивой работы двигателя или буксованием [2, 5]. Точке D на рис. 1, 2 соответствует точка M регуляторной характеристики, в которой паспортное значение максимального крутящего момента  $M_{e \max}$  определяют при

неустойчивой работе двигателя в заводских условиях с соблюдением требований ГОСТ 18509-88.

В математических описаниях процесса тяговых испытаний машин при трогании с места под нагрузкой условия работы двигателя учтены значениями крутящего момента.

Для режима испытаний трактора при номинальной нагрузке эти условия учтены номинальным крутящим моментом двигателя  $M_{eH}$  в выражении:

$$N_{eH(I)} = \frac{P_{TH(I)} N_{eH} r_K}{M_{eH} i_T \eta_M}, \quad (11)$$

где  $N_{eH(I)}$  - искомая номинальная эффективная мощность двигателя;  $P_{TH(I)}$  – номинальное измеренное значение силы тяги трактора;  $N_{eH}$  – номинальная эффективная мощность двигателя;  $r_K$  – радиус качения ведущих колес;  $i_T$  – передаточное число трансмиссии;  $\eta_M$  – механический КПД трансмиссии.

Для режима испытаний при максимальной силе тяги – максимальным крутящим моментом двигателя  $M_{e\max}$  при неустойчивой работе двигателя в выражении:

$$N_{eH(I)} = \frac{P_{T\max(I)} N_{eH} r_K}{M_{e\max} i_T \eta_M}, \quad (12)$$

где  $P_{T\max(I)}$  - измеренное значение максимальной силы тяги трактора.

Таким образом, описания (11) и (12), отличающиеся значениями крутящего момента двигателя, позволяют определять значения эффективной мощности двигателя по силе тяги, измеренной в различных условиях его работы.

В завершении отметим, что тяговые испытания тракторов при трогании с места под нагрузкой с фиксированием номинального значения силы тяги трактора  $P_{TH(I)}$  проходят без влияния сил инерции движущихся частей двигателя при устойчивой работе двигателя. Фиксирование максимального значения силы тяги трактора  $P_{T\max(I)}$  проводится в условиях неустойчивой работы двигателя, с возникновением сил инерции движущихся частей двигателя. Однако условия неустойчивой работы двигателя в математических описаниях тягового метода при трогании с места под нагрузкой учтены максимальным значением крутящего момента двигателя  $M_{e\max}$ , а значение выработанной по инерции силы тяги трактора в результате измеренного максимального значения силы тяги трактора не входит.

**Выводы.** 1. Процесс тяговых испытаний машин при трогании с места под нагрузкой вполне сопоставим с процессом тяговых испытаний машин при движении в первый период разгона по точкам номинальной нагрузки и максимальной силы тяги.

2. Условия тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой в режиме максимальной силы тяги соответствуют условиям тяговых испытаний в движении при максимальном тяговом усилии по ГОСТ 30745-2001.

3. Наличие инерционной составляющей при определении тяговой мощности трактора и эффективной мощности двигателя в процессе тяговых испытаний тракторов при трогании с места в режиме максимальной силы тяги учтено паспортным значением максимального крутящего момента двигателя испытываемой машины. Это значение получено в заводских условиях при неустойчивой работе двигателя с соблюдением требований ГОСТ 18509-88.

4. В процессе тяговых испытаний при трогании с места под нагрузкой выработанная по инерции сила тяги трактора после прекращения термического процесса внутри цилиндров двигателя не является составляющей максимального значения силы тяги трактора. Она не фиксируется динамометром как максимальное значение силы тяги и не влияет на результат определения тяговой мощности трактора и эффективной мощности двигателя.

#### Список литературы

1. Болтинский В. Н. Теория, конструирование и расчет тракторных и автомобильных двигателей: учебник для вузов / В.Н. Болтинский – М.: Изд-во с/х лит-ры, 1962. – 392 с.
2. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – Взамен ГОСТ 7057-81; введ. 2003-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 11 с
3. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – Взамен ГОСТ 18509-80; введ. 1990-01-11. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 128 с.
4. ГОСТ 23734-98. Тракторы промышленные. Методы испытаний. – Взамен ГОСТ 23734-79; введ. 01-07-2000. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 18 с.
5. ГОСТ 30745-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей; введ. 2003-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 15 с.
6. Патент 2430339 Рос. Федерация, МПК G 01 L 5/13 (2006.01). Способ определения тяговой мощности транспортного средства при его испытании в тяговом режиме трогания с места / Хабардин В.Н., Хабардин С.В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО “Иркут. гос. с.-х. акад.” – № 2009134577/28; заявл. 15.09.2009; опубл. 27.09.2011 Бюл. № 27. – 9 с.
7. Патент 2430340 Рос. Федерация, МПК G 01 L 5/13 (2006.01). Способ определения эффективной мощности двигателя транспортной машины при ее испытании в тяговом режиме трогания с места / Хабардин В.Н., Хабардин С.В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО “Иркут. гос. с.-х. акад.” – № 2009134575/28; заявл. 15.09.2009; опубл. 27.09.2011, Бюл. № 27. – 7 с.
8. Патент 2438105 Рос. Федерация, МПК G 01 L 5/13 (2006.01). Способ определения номинальной тяговой мощности транспортной машины / Хабардин С.В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО “Иркут. гос. с.-х. акад.” – № 2010113029/28; заявл. 05.04.2010; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 36. – 5 с.
9. Патент 2430338 Рос. Федерация, МПК G 01 L 5/00 (2006.01). Способ определения номинальной эффективной мощности двигателя транспортной машины / Хабардин С.В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО “Иркут. гос. с.-х. акад.” – № 2010113026/28; заявл. 05.04.2010; опубл. 27.09.2011, Бюл. № 27. – 7 с.
10. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Мащенский, А.С. Солонский – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.

#### References

1. Boltinskiy V. N. *Teoriya, konstruirovaniye i raschet traktornyih i avtomobilnyih dvigateley* [Theory, design and calculation of tractor and automobile engines]. Moscow, 1962, 392 p.

2. GOST 7057-2001. *Traktory sel'skokhozyaystvennyye. Metody ispytaniy.* – Vzamen GOST 7057-81; vved. 2003-01-01 [State Standard 7057-2001. Agricultural Tractors. Test methods. – In exchange for State Standard 7057-81; Enter. 2003-01-01]. Moscow, 2002, 11 p.

3. GOST 18509-88. *Dizeli traktornyye i kombaynovyye. Metodyi stendovyyih ispytaniy.* Moscow, 1988, 128 p. – Vzamen GOST 18509-80; vved. 1990-01-11 [State Standard 18509-88. Diesel tractors and combine harvesters. Methods of bench tests. – In exchange for State Standard 18509-80; Enter. 1990-01-11]. Moscow, 1988, 128 p.

4. GOST 23734-98. *Traktoryi promyshlennyye. Metodyi ispytaniy.* – Vzamen GOST 23734-79; vved. 01-07-2000 [State Standard 23734-98. Industrial tractors. Test methods. – In exchange for State Standard 23734-79; Enter. 01-07-2000]. Moscow, 1999, 18 p.

5. GOST 30745-2001. *Traktoryi selskokhozyaystvennyye. Opredelenie tyagovyih pokazateley;* vved. 2003-01-01 [State Standard 30745-2001. Agricultural Tractors. Determination of traction indicators; Enter. 2003-01-01]. – Moscow, 2002, 15 p.

6. Pat. 2430338 Ros. Federatsiya, MPK G 01 L 5/00 (2006.01). Sposob opredeleniya nominal'noy effektivnoy moshhnosti dvigatelya transportnoy mashiny [The method for determining the nominal effective power of a motor of a transport vehicle. Khabardin S.V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO “Irkut. gos. s.-kh. akad.” – № 2010113026/28 ; zayavl. 05.04.2010; opubl. 27.09.2011, Byul. № 27, 7 p.

7. Pat. 2430339 Ros. Federatsiya, MPK G 01 L 5/13 (2006.01). Sposob opredeleniya tyagovoy moshhnosti transportnogo sredstva pri ego ispytanii v tyagovom rezhime trovaniya s mesta [A method for determining the traction power of a vehicle when it is tested in the traction mode of starting from a place]. Khabardin V.N., Khabardin S.V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO “Irkut. Gos. S.-kh. Akad.” – № 2009134577/28; zayavl. 15.09.2009; opubl. 27.09.2011, Byul. № 27, 9 p.

8. Pat. 2430340 Ros. Federatsiya, MPK G 01 L 5/13 (2006.01). Sposob opredeleniya effektivnoy moshhnosti dvigatelya transportnoy mashiny pri ee ispytanii v tyagovom rezhime trovaniya s mesta [The method for determining the effective power of the engine of a transport vehicle when it is tested in the traction mode of starting] Khabardin V.N., Khabardin S.V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO “Irkut. gos. s.-kh. akad.” – № 2009134575/28 ; zayavl. 15.09.2009; opubl. 27.09.2011, Byul. № 27, 7 p.

9. Pat. 2438105 Ros. Federatsiya, MPK G 01 L 5/13 (2006.01). Sposob opredeleniya nominal'noj tyagovoy moshhnosti transportnoy mashiny [The method of determining the nominal traction power of a transport vehicle] Khabardin S.V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO “Irkut. gos. s.-kh. akad.” – № 2010113029/28; zayavl. 05.04.2010; opubl. 27.12.2011, Byul. № 36, 5 p.

10. Skotnikov V.A., Mashchenskiy A.A., Solonskiy A.S. *Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya* [The fundamentals of the theory and calculation of a tractor and a car]. Moscow, 1986, 383 p.

#### Сведения об авторе:

**Хабардин Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, т. 89500901183, e-mail: fair.irk@mail.ru).

#### Information about author:

**Khabardin Sergey V.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department of Exploitation of Machinery and Tractor Park, Life Safety and Professional Education of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500901183, e-mail: fair.irk@mail.ru).

УДК 628.385

## ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

С.К. Шерязов, О.С. Пташкина-Гирина, Ж.Б. Телюбаев

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

В работе рассматриваются проблемы утилизации отходов животноводства. Наиболее перспективной технологией утилизации навоза является анаэробная переработка его с получением биогаза. Однако при анаэробной переработке навоза в мезофильном режиме, обеззараживание эффлюента происходит не полное. В работе предложено использовать физический метод обеззараживания эффлюента с помощью кавитационного поля (обеззараженное, дезодорированное органическое удобрение, полученное в результате метан-генерации навоза). Результаты лабораторного исследования процесса обеззараживания навоза в кавитационном поле показывают его эффективность.

*Ключевые слова:* крупный рогатый скот, эффлюент, субстрат, биогазовая установка, мезофильный режим, обеззараживание, кавитация.

### PROCESSING OF LIVESTOCK WASTES FOR USING THEM AS FERTILIZERS

Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S., Telyubaev Zh.B.

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

The article deals with the problems of livestock wastes utilization. The most promising technology of manure utilization is its anaerobic processing with biogas production. However, the effluent disinfection is not complete during manure anaerobic processing in the mesophilic regime. The paper suggests using the physical method of the effluent disinfection by the cavitation field (disinfected, deodorized organic fertilizer was obtained from methane-generation of manure). The results of laboratory study of the manure disinfection process in the cavitation field show its efficiency.

*Keywords:* cattle, effluent, substrate, biogas plant, mesophilic regime, disinfection, cavitation.

Перевод животноводства на промышленную основу выдвинул одну из сложнейших проблем утилизации стоков, которые характеризуются с одной стороны высокой питательной ценностью, а с другой стороны – высоким уровнем содержания патогенных микроорганизмов и гельминтов, способных содержать свою жизнеспособность длительный период. Последнее обстоятельство является сдерживающим фактором широкого использования отходов животноводства для удобрения сельскохозяйственных культур, что в свою очередь позволило бы получить значительное количество дополнительной продукции и в то же время исключить непосредственное поступление отходов животноводства в водоемы [6].

В целях охраны окружающей среды животноводческие стоки перед их использованием в качестве удобрения и сырья для получения биогаза должны быть обеззаражены, что в свою очередь исключит последующую термическую обработку кормов, необходимую в случае использования необеззараженных отходов животноводства [2].

На сегодняшний день все более широкое применение получают анаэробная переработка отходов животноводства или биогазовые установки. Преимуществом данной технологии является то, что при получении высококачественного органического удобрения, также получаем биогаз [4].

В районах с умеренным климатом рекомендуется переработка навоза в мезофильном режиме [1]. Однако, по данным зарубежных исследователей [7, 8], при мезофильном режиме переработки биомассы происходит лишь частичное обеззараживание эффлюента, что не соответствует Ветеринарно-санитарным требованиям.

Возможна переработка навоза в термофильном режиме, где и ожидается обеззараживание эффлюента. Однако при брожении в термофильном режиме требуется больше энергозатрат на поддержание процесса сбраживания, а также термофильный режим очень чувствителен к перепадам температур допускается отклонение  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  [3, 5].

Следовательно, есть необходимость в разработке устройства с меньшими капитальными и энергетическими затратами для обеззараживания эффлюента после переработки навоза в биогазовых установках. Известные способы обеззараживания отходов животноводства дороги и малоэффективны. Поэтому поиск других способов обеззараживания является актуальной задачей.

В современных условиях очистку и обеззараживание жидкого навоза осуществляют биологическими, химическими и физическими методами. Перспективным для повышения энергетической эффективности анаэробной переработки отходов животноводства является обеззараживание эффлюента физическим методом, в частности с помощью кавитации.

Воздействие на микроорганизмы происходит в местах схлопывании кавитационных пузырьков, где локально возникают высокие давления и температуры, а при коллапсе кавитационного пузырька в жидкости образуются волны разрежения-сжатия. Такие локальные пульсации давления и температуры при схлопывании кавитационных микропузырьков способны вызывать гибель бактерий.

**Целью исследования** является изучение процесса обеззараживания эффлюента в кавитационном поле с оценкой получаемых результатов.

**Объектом исследования** является процесс обеззараживания эффлюента в кавитационном поле.

Исходя из требований технологичности, простоты, компактности, надежности и безопасности была реализована гидродинамическая кавитация, то есть кавитация в потоке жидкости. В качестве кавитационного генератора была выбрана труба Вентури (рис. 1), сочетание сопла и диффузорного насадка.

Величина давления в соответствии с уравнением Д. Бернулли будет равна (потери пренебрегаем):

$$P_2 = P_1 - \frac{\rho}{2} (U_2^2 - U_1^2) \quad (1)$$

Давление  $P_2$ , уменьшаясь с увлечением скорости  $U_2$ , не может обращаться в ноль. Предел уменьшения величины давления  $P_2$  зависит прежде всего от того, что течет по трубопроводу: газ или капельная жидкость.

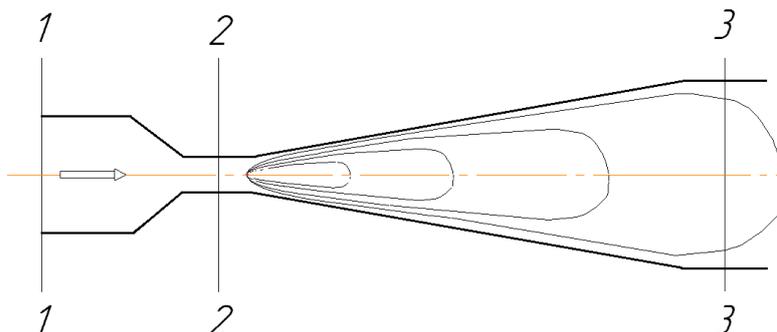


Рисунок 1 – Труба Вентури

Кипение капельной жидкости при заданной температуре может быть получено понижением давления. Давление, при котором происходит кипение жидкости, называется давлением парообразования  $P_k$ .

Если после наиболее узкого сечения 2-2, в котором происходит кавитация, последует расширение трубы, то основная масса жидкости на этом участке будет двигаться в виде свободной струи, окруженной пенообразной смесью пузырьков пара и жидкости. Далее, ниже по течению, в некоторой точке паровая зона замкнется в стенке, и поток жидкости заполнит все сечение трубы [2].

Появление кавитации всегда вызывает увеличение сопротивления, то есть добавочную потерю энергии. Составим уравнение Д. Бернулли (рис.1):

- для сечения 1-1 и 2-2

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 U_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 U_2^2}{2g} + \zeta_c \frac{U_2^2}{2g} \quad (2)$$

- для сечения 1-1 и 3-3

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 U_1^2}{2g} = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 U_3^2}{2g} + (\zeta_c + \zeta_d) \frac{U_2^2}{2g} \quad (3)$$

где  $P_1, P_2, P_3$  – соответственно давление в сечениях 1-1, 2-2, 3-3;

$U_1, U_2, U_3$  – соответственно скорость в сечениях 1-1, 2-2, 3-3;

$\zeta_c, \zeta_d$  – соответственно коэффициент сопла, диффузора;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – соответственно коэффициент Кориолиса в сечениях 1-1, 2-2, 3-

3.

Для того, чтобы кавитацией была охвачена по возможности наибольшая зона после сечения 2-2 необходимо обеспечить, чтобы давление  $P_3$  стремилось к давлению насыщенного пара.

Таким образом, подведенная энергия к соплу Вентури, главным образом в виде давления, расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений, которые, в основном, зависят от скорости движения эффлюента в узком сечении 2-2. Скорость  $U_2$  принципиально уменьшить нельзя, а наоборот по

возможности получить большей в целях более развитой кавитации. Поэтому на величину гидравлических потерь можно воздействовать, изменяя коэффициенты сопротивления  $\zeta_C$  и  $\zeta_D$ , что весьма ограничено. Эти коэффициенты зависят от угла диффузора, например, при  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\zeta_C = 0.07$ ;  $\zeta_D = 0.09$ .

Из сказанного выше следует, что к устройству типа “сопло Вентури”, должна быть подведена обрабатываемая жидкость под высоким давлением.

**Обсуждение результатов исследований.** Для подтверждения теоретических положений проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях. При этом использовалась конструкция кавитационного генератора типа “Труба Вентури” выполненного из органического стекла и бронзы, а необходимое возмущение создавалось за счет изменения угла диффузоров, которые равны 6, 12 и 20°.

При подаче 1.0...1.1 л/с давление на входе в генератор составило от 115 до 145 атмосфер, что обеспечило скорость обрабатываемых стоков в узкой части генератора более 100 м/с.

В ходе экспериментальных исследований получены данные, которые позволяют сделать вывод о положительном эффекте предлагаемого метода. Результаты исследования после обработки данных приведены на рисунке 2.

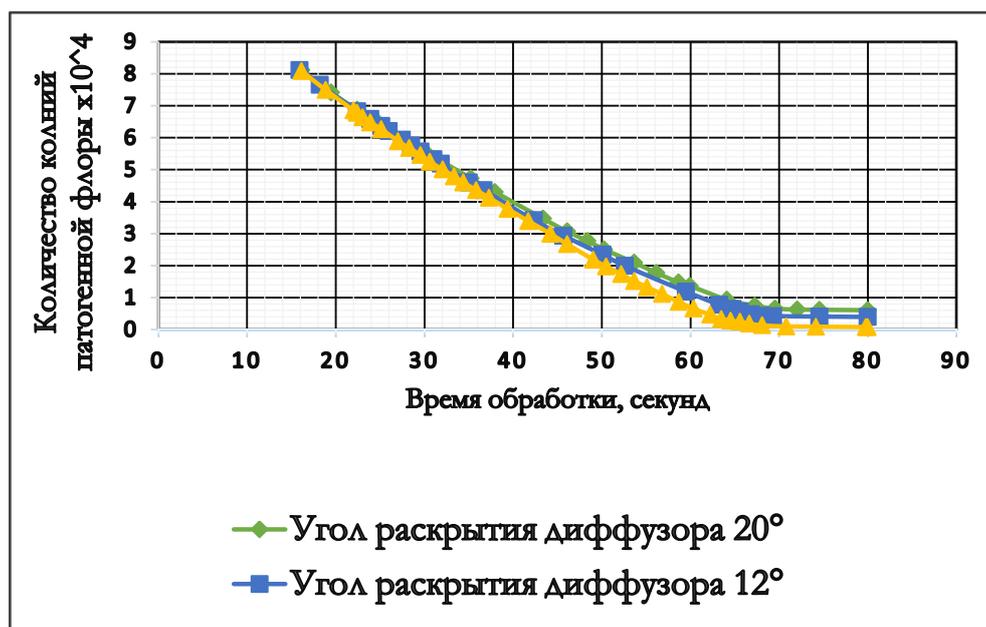


Рисунок 2 – Зависимость количества колоний патогенной флоры от времени обработки пробы в кавитационном поле

При обработке эффлюента в кавитационном генераторе, угол диффузора в 20° оказался наиболее эффективным, в котором за один проход количество колоний патогенной флоры снизилось в 28 раз, а коли-титр увеличился на один порядок.

**Выводы.** 1. При анаэробной переработке бесподстилочного навоза КРС, в рекомендуемом мезофильном режиме брожения, происходит лишь

частичное обеззараживание эффлюента, что не соответствует Ветеринарно-санитарным требованиям.

2. Лабораторные исследования процесса обеззараживания эффлюента в кавитационном поле, с целью последующего их использования в качестве удобрения и для орошения сельскохозяйственных культур, показали положительный эффект предлагаемого физического метода.

3. Скорость гибели микроорганизмов возрастает с увеличением времени воздействия и температуры.

#### Список литературы

1. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.

2. Пташкина-Гирина О.С. О возможности обеззараживания сточных вод животноводческих комплексов в кавитационном поле / О.С. Пташкина-Гирина, В.Д. Щирый // Достижения науки агропромышленному производству: Матер. LI междунар. науч.-практ. конф. // Челябинск: ЧГАА, 2012. – С. 135 – 138.

3. Шерьязов С.К. Анализ способов переработки навоза животных для получения биогаза / С.К. Шерьязов, Ж.Б. Телюбаев // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. // Екатеринбург: УрФУ, 2016. – С. 667-670.

4. Шерьязов С.К. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: Учебное пособие для вузов / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина – Челябинск: ЧГАА, 2013. – 280 с.

5. Шерьязов С.К. Методы повышения эффективности переработки биомассы в биогазовой установке / С.К. Шерьязов, В.В. Васенев, Ж.Б. Телюбаев // Достижения науки – агропромышленному производству: Матер LV междунар. науч.-техн. конф. // Челябинск: ЮУрГАУ, 2016. – С. 230 – 236.

6. Шерьязов С.К. Особенности использования возобновляемой энергии в сельском хозяйстве / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина // Вестник ЧГАА. – 2013. – Вып. 66. – С. 95 – 101.

7. Rosen Barry H. Waterborne Pathogens in Agricultural Watersheds / H. Rosen Barry. – Burlington: University of Vermont, 2000. – 64 p.

8. Strauch D. Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge / D. Strauch // Journal of Civil & Environmental Engineering. – 1991. – 34 p.

#### References

1. Gyunter L.I., Gol'dfarb L.L. *Metantenki* [Metantenki]. Moscow, 1991, 128 p.

2. Ptashkina-Girina O.S., Shchiryu V.D. *O vozmozhnosti obezzarazhivaniya stochnyh vod zhivotnovodcheskih kompleksov v kavitsionov pole* [About a possibility of disinfecting of sewage of livestock complexes in the cavitation field]. Chelyabinsk, 2012. pp. 135-138.

3. Sheryazov S.K., Telyubaev Zh.B. *Analiz sposobov pererabotki navoza zhivotnyh dlya polucheniya biogaza* [The analysis of ways of processing of a dung of animals for receiving biogas]. Ekaterinburg, 2016, pp. 667-670.

4. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S. *Ispol'zovanie vozobnovlyaemyh istochnikov energii v sel'skom hozyaystve* [Use of renewables in agriculture]. Chelyabinsk, 2013, 280 p.

5. Sheryazov S.K. et all. *Metody povysheniya effektivnosti pererabotki biomassy v biogazovoy ustanovke* [Methods of increase in effectiveness of processing of biomass in biogas installation]. Chelyabinsk, 2016, pp. 230 – 236.

6. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S. *Osobenosti ispol'zovaniya vozobnovlyaemoy energii v sel'skom hozyaystve* [Features of use of renewable energy in agriculture]. Vestnik CHGAA [bulletin of the Chelyabinsk state agroengineering academy], 2013, no. 66, pp. 95 – 101.

7. Rosen Barry H. *Waterborne Pathogens in Agricultural Watersheds*. Burlington: University of Vermont, 2000, 64 p.

8. Strauch D. *Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge*. Journal of Civil & Environmental Engineering, 1991, 34 p.

#### Сведения об авторах

**Пташкина-Гирина Ольга Степановна** – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов института агроинженерии. Южно-Уральский Государственный Аграрный Университет (454080, Россия, Челябинск, пр. Ленина 75, тел. 89193299233, e-mail: girina2002@mail.ru).

**Телюбаев Жаслан Барлыкович** – аспирант кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов института агроинженерии. Южно-Уральский Государственный Аграрный Университет (454080, Россия, Челябинск, пр. Ленина 75, тел. 89517761563, e-mail: telyubaev@yandex.ru).

**Шерьязов Сакен Койшыбаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов института агроинженерии. Южно-Уральский государственный аграрный университет (454080, Челябинск, пр. Ленина, 75, тел. 89127914712, e-mail: sakenu@yandex.ru).

#### Information about authors:

**Ptashkina-Girina Olga S.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes of the Institute of Agroengineering, South-Ural State Agrarian University (75, Lenin St., Chelyabinsk, Russia, 454080, tel. 89127914712, e-mail: girina2002@mail.ru).

**Telyubaev Zhaslan B.** – PhD student of Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes of the Institute of Agroengineering, South-Ural State Agrarian University (75, Lenin St., Chelyabinsk, Russia, 454080, tel. 89517761563, e-mail: telyubaev@yandex.ru).

**Cheryazov Saken K.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes of the Institute of Agroengineering, South-Ural State Agrarian University (75, Lenin St., Chelyabinsk, Russia, 454080, tel. 89127914712, e-mail: sakenu@yandex.ru).

УДК 631.362

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНО – СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

С.С. Ямпиров, С.В. Батуева, В.Б. Балданов, Ж.Б. Цыбенков

Восточно – Сибирский государственный университет технологий и управления,  
г. Улан – Удэ, Россия

В статье рассмотрено состояние современного мирового объема производства зерна. Приведен анализ зерно - семяочистительной техники в мире. В настоящее время проблемой зерно - семяочистительных машин является то, что за целые десятилетия конструктивные формы сепарирующих рабочих органов почти не изменились. Существующая практика комплектации семяперерабатывающих предприятий сложными семяочистительными машинами приводит к созданию громоздких и дорогостоящих строительных конструкций.

В этой связи представляется перспективным создание принципиально новых сепарирующих рабочих органов для комплектации зерноочистительных агрегатов.

*Ключевые слова:* производство зерна, зерно-семяочистительная техника, конструктивные формы сепарирующих рабочих органов.

**STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF GRAIN – SEEDING  
MACHINERY**

**Yampilov S.S., Batueva S.V., Baldanov V.B., Tsybenov Zh.B.**  
East Siberian State University of Technology and Management,  
*Ulan-Ude, Russia*

The article considers the current state of the world's grain production. The analysis of grain - seed cleaning technology in the world is given. At present, the problem of grain - seed cleaning machines is that for whole decades the constructive forms of the separating working organs have not changed much. The current practice of bundling seed processing plants with complex seed-cleaning machines leads to the creation of bulky and expensive building structures.

In this regard, it seems promising to create fundamentally new separating working elements for the assembly of grain cleaning units.

*Keywords:* grain production, grain-seed-cleaning technique, constructive forms of separating working organs.

Производство зерно – семяочистительной техники в мире определяется объемами мирового производства зерна и его структурой, также немаловажную роль играет покупательная способность потребителей машин.

В данное время производство зерна в мире имеет высокое развитие роста. Если, проанализировать за последние двадцать лет валовые сборы зерна, то мы наблюдаем значительный рост увеличения, с 1333 до 1942 млн. т., что составляет 45.7 %, а урожайность повысилась на 35.1 %. К примеру, если производство хлеба в мире примем за 100 %, то пшеница занимает 28.5 %, рис – 26.7 %, кукуруза – 24.4 %. Из этого наглядно видно, что 79.5 % валовых сборов зерна в мире приходится на три культуры, при этом пшеница занимает ведущую позицию.

Азия - является лидером по производству хлеба (рис. 1). По результатам анализа ФАО, в Азии собирают урожай порядка 46.1 % к мировому. На втором месте по производству хлеба находится Северная Америка, где выращивается около 400 млн. т. зерна, и в процентном соотношении составляет 20.5 %. 6 – 7 % производства зерна в мире принадлежит странам СНГ, и это за последние десятилетия. Объемы России по производству зерна составляют 2 – 4 % к мировому.

В настоящее время ведущее место в мире по производству зерна занимает КНР. Валовой сбор зерна в этой стране составляет свыше 400 млн. т, тем самым показывая значительный рост за последние годы. Соответственно выросла и урожайность на 76.1 % [1].

Америке отводится ведущее место в мире по производству кукурузы и пшеницы. В среднем, американские фермеры собирают урожай кукурузы – 250 млн. т., пшеницы – 70 млн. т., сои – 80 млн. т. США на сегодня является крупнейшей экспортной страной мира по поставкам зерновых культур.

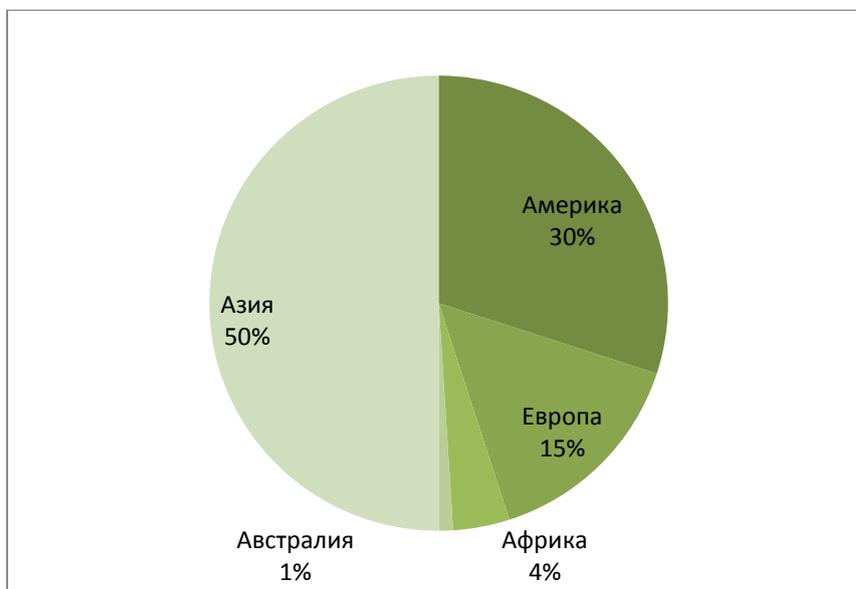


Рисунок 1 – Распределение валовых сборов зерна в мире

Известно, что прямая связь прослеживается между объемами производства зерна и уровнем потребления продуктов питания. Материальное благосостояние жизни народа повышается за счет увеличения валовых сборов зерна. Зная тот факт, что оптимальное потребление зерна на душу населения составляет около 1 т, то в этом случае мировой объем производства зерна в 3 – 4 раза меньше потребного [2].

Основное производство современной зерноочистительной техники находится в странах Европы, США и Канаде. В этих странах большинство фирм производящих зерно – семяочистительную технику ориентируется, в первую очередь, на прибыль от экспорта этих машин.

Это подтверждает тот факт, что крупные фирмы производят весь комплекс машин, начиная от сепаратора для предварительной очистки до машин для предпосевной подготовки семенного материала и целый ряд вспомогательного транспортного оборудования.

**Результаты исследований и выводы.** Системные исследования развития производства зерно – семяочистительной техники были проведены на компьютерных базах данных машин и технологий, также комплексов физико – механических свойств зерна, признаков делимости и разделения зерновых материалов. Компьютерные базы данных создаются по публикациям журнальных статей, патентов, проспектов и собственных исследований, основанных на анализе информации более, чем за столетний период.

1. Номенклатура зерно – семяочистительных машин весьма велика, и каждый тип машин представляет собой типоразмерный ряд (по 10 и более моделей) различной производительности от 50 кг до 250 т/ч. Максимальное количество исследовательских работ посвящено решетным сепараторам – 42 %, пневмосепараторам – 31 %, триерам – 11 %, вибропневмосепараторам – 10 % и машинам спецназначения – 6 % (рис. 2).

2. Выявлена тенденция создания комбинированных зерно – семяочистительных машин, в которые входят автономные блоки в виде устройства воздушно – решетной сепарации и триеров, а также скальператор и блок воздушно – решетной части. Для повышения эффективности их работы, используют фракционирование воздушным потоком и решетами.

3. Путем увеличения размеров традиционных сепарирующих рабочих органов и повышения их производительности, происходит снижение удельных показателей энергоемкости и металлоемкости машин. Этот метод повышения производительности зерно – семяочистительных машин нельзя признать перспективным, т.к. он малоэффективен. Существующая практика комплектации семяперерабатывающих предприятий сложными семяочистительными машинами приводит к созданию громоздких конструкций, требующих больших финансовых затрат.

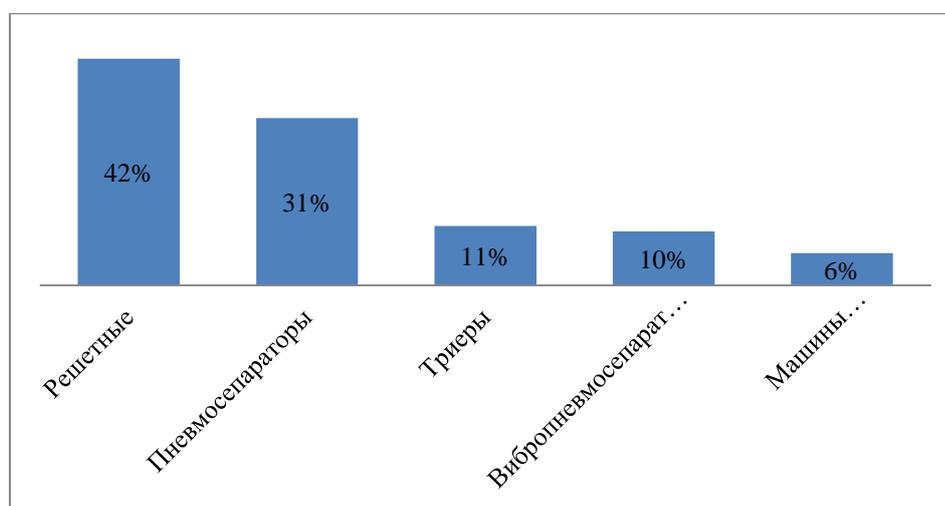


Рисунок 2 – Зависимость количества разработок машин от типов рабочих органов

Машины предварительной очистки как отечественного, так и зарубежного производства, имеют следующие удельные энергоемкости: 0.12 – 0.44 кВт·ч/т., которые находятся приблизительно в одинаковых пределах; универсальные воздушнорешетные машины 0.86 – 1.61; вибропневмосепараторы 1.88 – 3; триеры 0.22 – 0.29; машины специального назначения 1 – 13 (рис. 3). Удельные металлоемкости зерно – семяочистительных машин российского производства на 1.3 – 1.8 раза меньше, чем у аналогичных машин зарубежного производства, и находятся в пределах 30 – 700 кг·ч/т.

4. Зарубежные фирмы выпускающие зерносепазирующие машины, широко применяют унифицированные общемашиностроительные детали и узлы, которые производятся специализированными предприятиями. Массовый выпуск этих изделий способствует снижению стоимости самих машин. Данные конструкции малодетальны, экономичны и имеют высокую культуру проектирования. Зарубежная зерносепазирующая техника находится в постоянной модернизации. Разработка принципиально новых конструкций

сдерживается большим сроком окупаемости затрат при малом объеме выпуска.

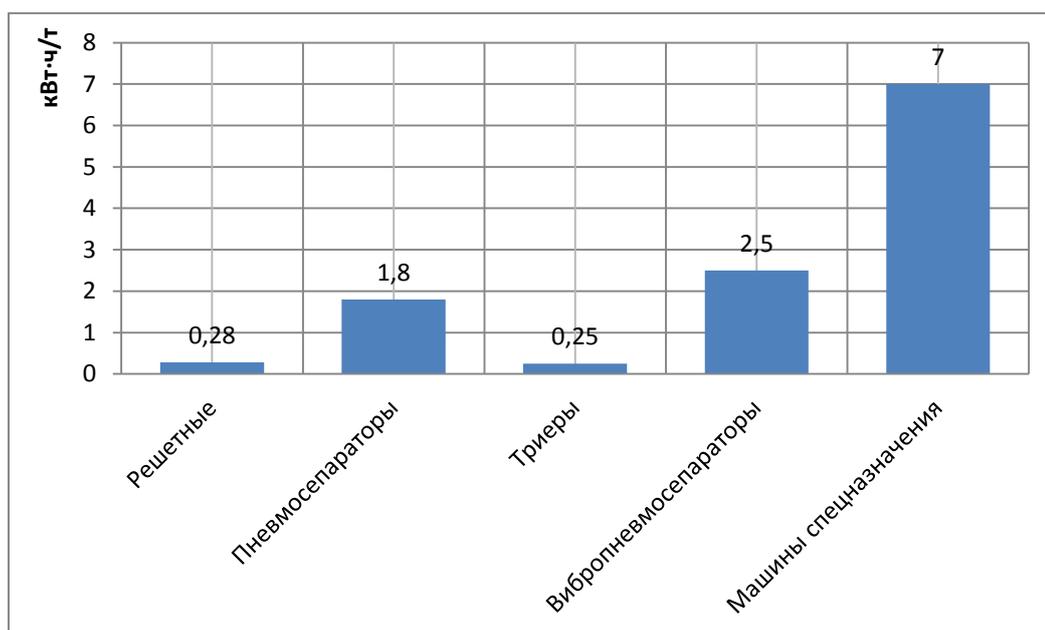


Рисунок 3 – Зависимость удельной энергоёмкости машин от типов рабочих органов

5. Зерноочистительно – сушильные агрегаты комплектуются зерноочистительными машинами, аналогичными тем, которые использовались и до появления поточных послеуборочных предприятий, т.е. принципиальная технологическая схема этих машин осталась неизменной. Как показывает практика, объединение нескольких сепарирующих рабочих органов в одну машину, целесообразно в том случае, если эта машина работает самостоятельно. Агрегат, включающий в себя пневмосепарирующее, решетное, триерное и транспортирующие устройства представляет собой очень сложную зерноочистительную машину. Однако, сложные компоновки этих машин, накладывают ограничения как при выборе конструктивных схем и форм рабочих органов, так и при осуществлении самого технологического процесса. Из всего этого следует, что за целые десятилетия, почти не изменились конструктивные формы сепарирующих рабочих органов, используемые в сложных зерно–семяочистительных машинах.

**Выводы.** 1. Анализ состояния зерно–семяочистительной техники показал необходимость создания принципиально новых сепарирующих рабочих органов для комплектации зерноочистительно–сушильных конструкций.

#### Список литературы

1. Дринча В.М. Направления производства конкурентоспособной техники для очистки зерна и семян / В.М. Дринча, С.С. Ямпилев // Техника и оборудование для села. – 2009. - № 3 – 4. – С. 10 – 13.
2. Ямпилев С.С. Интенсификация процесса сепарации зерна решетками / С.С. Ямпилев, Г.Ж. Хандакова – Улан – Удэ:Изд-во ВСГУТУ, 2014. – 155 с.

**References**

1 Drincha V.M., Jampilov S.S. *Napравlenija proizvodstva konkurentosposobnoj tehniki dlja ochistki zerna i semjan* [Directions for the production of competitive machinery for cleaning grain and seeds] *Tehnika i oborudovanie dlja sela*, 2009, no. 3 – 4. pp. 10 – 13.

2. Jampilov S.S., Handakova G.Zh. *Intensifikacija processa separacii zerna reshetami* [Intensification of the process of grain separation by sieves]. Ulan – Udje, 2014, 155 p.

**Сведения об авторах:**

**Балданов Вячеслав Баирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры биомедицинской техники. Процессы и аппараты пищевых производств. Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д.40В, строение 1, тел. 89148409971, e-mail: batueva-selmeg@mail.ru).

**Батуева Сэлмэг Валерьевна** – аспирант кафедры Биомедицинская техника, ПАПП. Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (670013, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д.40В, тел. 89834278638, e-mail: batueva-selmeg@mail.ru)

**Цыбенов Жаргал Борисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры Биомедицинская техника. Процессы и аппараты пищевых производств Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д.40В, строение 1, тел. 89148409971, e-mail: tsibenov@mail.ru).

**Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич** – доктор технических наук, профессор кафедры Биомедицинская техника. Процессы и аппараты пищевых производств. Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, строение 1, тел. 89025630975, e-mail: yampilovss@mail.ru).

**Information about authors:**

**Baldanov Vjacheslav B.** – Candidate of Technical Sciences, senior lecturer of the Department Biomedical engineering. Processes and Devices of Food Production. East Siberian State University of Technology and Management (Bild. 1, 40B, Kljuhevskaja St., Ulan-Ude, 670013, tel. 89148409971, e-mail: batueva-selmeg@mail.ru).

**Batueva Selmeg V.** – PhD student of the Department Biomedical engineering. Processes and Devices of Food Production. East Siberian State University of Technology and Management (Bild. 1, 40B, Kljuhevskaja St., Ulan-Ude, 670013, tel. 89834278638, e-mail: batueva-selmeg@mail.ru).

**Tsybenov Zhargal B.** – Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor of the Department Biomedical engineering. Processes and Devices of Food Production. East Siberian State University of Technology and Management (Bild. 1, 40B, Kljuhevskaja St., Ulan-Ude, 670013, tel. 89148409971, e-mail: tsibenov@mail.ru).

**Yampilov Senge S.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department Biomedical engineering. Processes and Devices of Food Production. East Siberian State University of Technology and Management (Bild. 1, 40B, Kljuhevskaja St., Ulan-Ude, 670013, tel. 89025630975, e-mail: yampilovss@mail.ru).

**Требования  
к статьям, публикуемым в научно-практическом журнале  
“Вестник ИрГСХА”**

**Условия опубликования статьи**

1. Статьи должны содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными (востребованными) на современном этапе научного развития, либо представлять научно-познавательный интерес, соответствовать основным направлениям журнала.

2. Соответствовать предъявляемым правилам оформления.

3. Для авторов, кроме студентов, аспирантов и магистрантов очной и заочной формы обучения, условием публикации статей является годовая подписка – 1500 руб., при этом объем статьи не должен превышать 8 страниц. Число авторов в статье – не более пяти.

4. Оформление подписки через бухгалтерию Иркутского ГАУ (ИНН 3811024304 КПП 382701001 УФК по Иркутской области (ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ Л/СЧ.20346Х05770) БАНК: ГРКЦ ГУ БАНКА РОССИИ по ИРКУТСКОЙ ОБЛ. г. ИРКУТСК БИК 042520001 Р/СЧ 40501810000002000001, КБК 000000000000000000130, ОКТМО 25612440, ОГРН 1023801535658 (за годовую подписку журнала “Вестник ИрГСХА”).

5. Автор может опубликовать две статьи в год самостоятельно или в соавторстве.

6. Поступившие в редакцию и принятые к публикации статьи не возвращаются. Редакция предполагает анонимное рецензирование, имеет право отклонять статьи, не соответствующие вышеуказанным требованиям и основным научным направлениям журнала.

7. За фактологическую сторону статей, юридическую и иную ответственность несут авторы.

**На отдельной странице** предоставляется информация об авторе: фамилия, имя, отчество (полностью) на русском языке, фамилия и инициалы на английском языке, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, e-mail и адрес организации (с указанием почтового индекса).

**Правила оформления статьи**

1. Статья направляется в редакцию журнала по адресу: 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского”, “Редакция научно-практического журнала “Вестник ИрГСХА” или по e-mail: nikulina@igsha.ru, тел. 8(3952)237125, 89500885005.

2. Статья представляется в бумажном виде и на электронном носителе (по e-mail или на электронном носителе) в формате MicrosoftWord. Бумажный вариант должен полностью соответствовать электронному. При наборе статьи необходимо учитывать следующее: форматирование по ширине; поля: справа и слева – по 23 мм, остальные – 20 мм, абзацный отступ – 10 мм.

3. Текст статьи должен быть тщательно вычитан и подписан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

4. Нумерация страниц обязательна.

#### **Структура статьи:**

1. Универсальный десятичный код (УДК) размещается в левом верхнем углу: полужирный шрифт, размер – 12 пт.

2. Название статьи (ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ), полужирный шрифт, 14 кегль, межстрочный интервал – 1.0.

3. Фамилия, имя, отчество автора, полужирный шрифт, 12 кегль.

4. Название организации, кафедры, 12 кегль, межстрочный интервал – 1.0.

5. Аннотация статьи должна отражать основные положения работы и содержать от 700 до 900 знаков (шрифт – TimesNewRoman, размер – 12 пт, интервал – 1.0).

6. После аннотации располагаются ключевые слова (шрифт – TimesNewRoman, курсив, размер – 12 пт.).

7. Далее: пункты 1, 2, 3, 4, 5, 6 дублируются на английском языке.

8. Основной текст статьи – шрифт TimesNewRoman, размер – 14 пт., межстрочный интервал – 1.0 пт. В тексте статьи автор сжато и четко излагает современное состояние вопроса, описание методики исследования и обсуждение полученных результатов; заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание; основной текст экспериментальных статей необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: объекты и методы, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение, выводы.

9. Иллюстрации к статье (при наличии) предоставляются в электронном виде, включенные в текст, в стандартных графических форматах с обязательным подрисуночным названием.

10. Таблицы набираются в редакторе WORD – 12 кегль, название таблицы полужирным шрифтом.

11. Формулы и специальные символы набираются с использованием пункта меню Символ и редактора формул MS-Equation 5.0.

12. В конце статьи размещается список литературы (по алфавиту) на русском языке, 12 кегль, межстрочный интервал – 1.0; в тексте указывается ссылка с номером.

13. Далее – транслитерация всего списка литературы.

14. Ссылки на литературу приводятся в тексте в квадратных скобках.

15. Благодарность(и) или указание(я) на какие средства выполнены исследования, приводятся в конце основного текста после выводов (шрифт TimesNewRoman, размер – 12 пт.).

16. Оформление графиков и таблиц согласно стандарту (ГОСТ 7.1-2003).

17. Сведения об авторе(ах): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место работы (место учебы или соискательство), контактные телефоны, e-mail, почтовый индекс и адрес учреждения.

#### **Сопроводительные документы к статье**

1. Заявление от имени автора (ров) на имя главного редактора научно-практического журнала “Вестник ИрГСХА”.

2. На каждую статью обязательны две рецензии (внутренняя и внешняя), составленные доктором или кандидатом наук по направлению исследований автора. Рецензии обосновывают новизну и актуальность научной статьи, логику и научность изложения текста, аргументированность выводов и заключений, включает в себя рекомендации рецензента по отношению к статье. Рецензии заверяются печатью соответствующего учреждения (организации), подписи рецензентов подтверждается начальником управления персоналом и содержит дату ее написания.

3. Заключение организации, где работает (ют) автор (ры), о возможности опубликовании материалов в открытой печати в научно-практическом журнале “Вестник ИрГСХА”, заверенное печатью и подписанное лицом (руководителем) организации, где работает автор (ы).

4. Для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук необходима рекомендация, подписанная лицом, имеющим ученую степень и заверенная печатью учреждения. В рекомендации отражается актуальность раскрываемой проблемы, оценивается научный уровень представленного материала и делаются выводы о возможности опубликования статьи в научно-практическом журнале “Вестник ИрГСХА”.

5. Все вышеперечисленные документы в отсканированном виде предоставляются в редакцию по e-mail: *nikulina@igsha.ru*.

### **Регистрация статей**

1. Поступившая статья регистрируется в общий список по дате поступления.
2. Автор(ы) извещаются по e-mail или по контактному телефону о публикации статьи(ей) в соответствующем выпуске.
3. Зам. главного редактора в течение 7 дней уведомляет автора(ов) о получении статьи.

### **Порядок рецензирования статей**

1. Научные статьи, поступившие в редакцию, проходят рецензирование.
2. Формы рецензирования статей:
  - внутренняя (рецензирование рукописей статей членами редакционной коллегии);
  - внешняя (направление на рецензирование рукописей статей ведущим специалистам в соответствующей отрасли).
3. Зам. главного редактора определяет соответствие статьи профилю журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию.
4. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются зам. главного редактора с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.
5. В рецензии должны быть освещены следующие вопросы:
  - соответствует ли содержание статьи заявленной в названии теме;
  - насколько статья соответствует современным достижениям научно-теоретические мысли;

– доступна ли статья читателям, на которых она рассчитана с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и т.д.;

– целесообразна ли публикация статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу научной литературы;

– в чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки; какие исправления и дополнения должны быть внесены автором;

– вывод о возможности опубликования данной рукописи в журнале: “рекомендуется”, “рекомендуется с учетом исправления отмеченных рецензентом недостатков” или “не рекомендуется”.

6. Рецензии заверяются в порядке, установленном в учреждении, где работает рецензент.

7. В случае отклонения статьи от публикации редакция направляет автору мотивированный отказ.

8. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычной почтой.

9. Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редакционной коллегией.

10. После принятия редколлегией решения о допуске статьи к публикации зам. главного редактора информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

11. Рецензии хранятся не менее 5 лет в бумажном и электронном вариантах и могут быть предоставлены в Министерство образования и науки РФ по запросу.

### **Порядок рассмотрения статей**

1. Представляя статью для публикации, автор тем самым выражает согласие на размещение полного ее текста в сети Интернет на официальных сайтах научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) и научно-практического журнала “Вестник ИрГСХА”.

2. Статьи принимаются по установленному графику:

– в № 1 (февраль) – до 1 ноября текущего года;

– в № 2 (апрель) – до 1 декабря текущего года;

– в № 3 (июнь) – до 1 февраля текущего года;

– в № 4 (август) – до 1 марта текущего года;

– в № 5 (октябрь) – до 1 апреля текущего года;

– в № 6 (декабрь) – до 1 мая текущего года.

В исключительных случаях, по согласованию с редакцией, срок приема статьи в ближайший номер может быть продлен, не более, чем на три недели.

3. Поступившие статьи рассматриваются редакционной коллегией в течение месяца.

4. Редакционная коллегия правомочна отправить статью на дополнительное рецензирование.

5. Редакционная коллегия правомочна осуществлять научное и литературное редактирование поступивших материалов, при необходимости сокращать их по согласованию с автором, либо, если тематика статьи представляет интерес для журнала, направлять статью на доработку автору.

6. Редакционная коллегия оставляет за собой право отклонить статью, не отвечающую установленным требованиям оформления или тематике журнала.

7. В случае отклонения представленной статьи редакционная коллегия дает автору мотивированное заключение.

8. Автор(ы) в течение 7 дней получают уведомление о поступившей статье. Через месяц после регистрации статьи, редакция сообщает автору(рам) о результатах рецензирования и о плане публикации статьи.

Подробную информацию об оформлении статей можно получить по e-mail: *nikulina@igsha.ru* или *andrey\_luzan86@mail.ru* тел. 8(3952)237657, 89500885005.

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**“ВЕСТНИК ИрГСХА”**

**Выпуск 80**

**Июнь**

**Технический редактор – Д.М. Лузан**  
**Литературный редактор – В.И. Тесля**  
**Перевод – С.В. Швецова**

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать 24.04.2017 г.

Усл. печ. л. 12.5.

Тираж 500. Заказ № 2881.

Цена договорная.

Почтовый адрес редакции:

664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный.