



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№2 (18) 2018

Иновации в АПК:

проблемы и перспективы

Теоретический и научно-практический журнал.
Основан в 2013 году. Выходит один раз в квартал.

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»
Официальный сайт: <http://www.bsaa.edu.ru>

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Турьянский А.В., д. э. н., профессор (Россия) – председатель;
Колесников А.В., д. э. н., доцент (Россия) – зам. председателя;
Дорофеев А.Ф., к. пед. н., доцент (Россия) – зам. председателя.

Члены научно-редакционного совета

Бондаренко Л.В., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Вереновская А., PhD э. н. (Польша);
Ерохин М.Н., д. т. н., профессор, академик РАН (Россия);
Кальницкий Б.Д., д. б. н., профессор, академик РАН (Россия);
Леммер А.Дж., д. с.-х. н. (Германия);
Простенко А.Н., к. э. н. (Россия);
Савченко Е.С., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Турусов В.И., д. с.-х. н., профессор, академик РАН (Россия);
Ушачев И.Г., д. э. н., профессор, академик РАН (Россия);
Яска Е., PhD э. н. (Польша).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Турьянский А.В., д. э. н., профессор

Заместители главного редактора

Колесников А.В., д. э. н., доцент;
Дорофеев А.Ф., к. пед. н., доцент

Члены редакционной коллегии

Азаров В.Б., д. с.-х. н., профессор;	Наседкина Т.И., д. э. н., профессор;
Андреева И.Г., к. э. н., доцент;	Наумкин В.Н., д. с.-х. н., профессор;
Аничин В.Л., д. э. н., профессор;	Пастухов А.Г., д. тех. н., профессор;
Бабинцев В.П., д. фил. н., профессор;	Романченко М.И., к. тех. н., доцент;
Белов А.А., к. соц. н., доцент;	Рыжков А.В., к. тех. н., доцент;
Вендин С.В., д. тех. н., профессор;	Скрятин Н.Ф., д. тех. н., профессор;
Груздова Л.Н., к. э. н., доцент;	Смуров С.И., к. с.-х. н.;
Добрунова А.И., к. соц. н., доцент;	Ступаков А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Дронов В.В., к. вет. н., доцент;	Токарь Е.В., д.э.н., профессор
Колесников А.С., к. тех. н., доцент;	Ужик В.Ф., д. тех. н., профессор;
Котлярова Е.Г., д. с.-х. н., профессор;	Черных А.И., к. э. н., доцент;
Кощарева Н.В., д. с.-х. н., доцент;	Ширяев А.В., к. с.-х. н., доцент;
Литсуков С.Д., д. с.-х. н., профессор;	Яхтангилова Ж.М., д. с.-х. н., профессор.
Ломазов В.А., д. физ.-мат. н., профессор;	

Технический редактор Потанов Н.К.

Дизайн-макет и компьютерная верстка Потанов Н.К.

Адрес редакции и издателя журнала

308503, ул. Вавилова, 1, п. Майский, Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
Тел.: +7 4722 39-22-68, Факс: +7 4722 39-22-62
Официальный сайт журнала: <http://www.journal-belgau.ru>

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-63038 от 10 сентября 2015 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
ISSN – 2311 – 9535

Подписной индекс в каталоге «Объединенный каталог. Пресса России.
Газеты и журналы» – 40760.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

*Материалы издания выборочно включаются в
реферативную базу данных Agris.*

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»
Подписано в печать 29.06.2018 г., дата выхода в свет – 10.07.2018 г.
Усл. п.л. 14 Тираж 1000 экз. Заказ № 1452 Свободная цена.
Адрес типографии: г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 137, корпус 1, офис 357
Тел. +7 4722 35-88-99*401, +7 910 360-14-99
e-mail: polyterra@mail.ru, официальный сайт: <http://www.polyterra.ru>

© Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина», 2018.

Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives

Theoretical, research and practice journal.
Based in 2013. Issued once per quarter.

FOUNDER

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin”
Official website: <http://www.bsaa.edu.ru>

EDITORIAL BOARD

Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor (Russia) – Chairman;
Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor (Russia) – Vice-Chairman;
Dorofeev A.F., Cand. Ped. Sci., associate professor (Russia) – Vice-Chairman.

Members of Editorial Board

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Werenowska A., PhD in economics (Poland);
Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Kal'nitskii B.D., Dr. Biol. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Lemmer A.J., Dr. Agr. Sci. (Germany);
Prostenko A.N., Cand. Econ. Sci. (Russia);
Savchenko E.S., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Turusov V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Ushachev I.G., Dr. Econ. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Jaska E., PhD in economics (Poland).

EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor

Deputy editors

Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor;
Dorofeev A.F., Cand. Ped. Sci., associate professor

Members of Editorial Staff

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor;	Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;
Andreeva I.G., Cand. Econ. Sci., as prof.;	Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;
Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor;	Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;
Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor;	Romanchenko M.I., Cand. Tech. Sci., as pr.;
Belov A.A., Cand. Soc. Sci., as prof.;	Ryzhkov A.V., Cand. Tech. Sci., as prof.;
Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor;	Skuriantin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;
Gruzдова L.N., Cand. Econ. Sci., as prof.;	Smurov S.I., Cand. Agr. Sci.;
Dobrunova A.I., Cand. Soc. Sci., as prof.;	Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Dronov V.V., Cand. Vet. Sci., as prof.;	Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor
Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as prof.;	Uzhik V.F., Dr. Tech. Sci., professor;
Kotlyarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor;	Chernykh A.I., Cand. Econ. Sci., as prof.;
Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as prof.;	Shiriaev A.V., Cand. Agr. Sci., as prof.;
Litsukov S.D., Dr. Agr. Sci., professor;	Iakhtangivova Zh.M., Dr. Agr. Sci., professor.
Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof.;	

Executive editor Potapov N.K.

Design layout and computer-aided makeup Potapov N.K.

Editorial board and journal publisher

ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia
Tel.: +7 4722 39-22-68, Fax: +7 4722 39-22-62
Official website of the journal: <http://www.journal-belgau.ru>

Registration Certificate: ПИ № ФС 77-63038 of 10 September 2015
issued by the Federal service for supervision in the sphere of Telecom,
information technologies and mass communication (Roscomnadzor)
ISSN – 2311 – 9535

Subscription Index in the directory “The United catalogue. The Russian Press.
Newspapers and magazines” – 40760.

The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (RISC).

*Scientific papers are selectively included in
Agris abstract database.*

Printed in (Limited liability company) Publication and printing center “POLYTERRA”
Signed for publication 29.06.2018, date of publication 10.07.2018.
Conventional printed sheet 14 Circulation 1000 copies Order № 1452 Free price
Address of printing: pr. B. Khmel'nitskogo, 137, site 1, room 357, Belgorod, Russia
tel. +7 4722 35-88-99*401, +7 910 360-14-99
e-mail: polyterra@mail.ru, Official website: www/polyterra.ru

© Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education «Belgorod State Agricultural
University named after V. Gorin», 2018

СОДЕРЖАНИЕ	
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ	
<i>С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕСИММЕТРИИ И НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4-10 КВ.....	3
<i>В.А. Гулевский, А.А. Вертий</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕМ С ШАРНИРНО ПОДВЕШЕННЫМИ КОМБИНИРОВАННЫМИ НОЖАМИ.....	19
<i>И.Н. Кравченко, А.А. Коломейченко, М.А. Глинский</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАЛЬЦЕВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК JOHN DEERE МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ.....	28
<i>О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова</i> НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ «ВАЛ-ВТУЛКА СО ШПОНКОЙ» РЕДУКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	37
<i>М.И. Романченко</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ТРАКТОРА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ.....	42
<i>В.Ф. Уэсик, О.А. Чехунов</i> ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССАЖА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ.....	51
ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА	
<i>В.Н. Лебедев, Е.А. Иголка, Д.Ю. Чугай</i> МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ.....	66
<i>О.В. Святова, Р.В. Солошенко, Д.А. Зюкин</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СВЕКЛОСАХАРНЫМ ПОДКОМПЛЕКСОМ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ.....	73
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ	
<i>Р.М. Василенко, И.Н. Степанова</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБАМИД-АММИАЧНОЙ СМЕСИ (КАС) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОРГО САХАРНОГО.....	80
<i>В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, А.Н. Крюков, А.М. Хлопяников, Н.А. Лопачев, В.А. Стебаков</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ.....	85
<i>Т.В. Олива, С.Д. Лицуков, С.И. Панин, Е.Н. Прокуркина</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ТОМАТА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА.....	92
Нашим авторам.....	106

CONTENTS	
AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY	
<i>S.V. Solovev, S.V. Kilin, S.V. Vendin</i> EVALUATION OF EFFICIENCY OF MEASURES TO REDUCE NONMMETRY AND NONINUSUALITY IN DISTRIBUTION NETWORKS 0,4-10 kV.....	3
<i>V.A. Gulevsky, A.A. Vertij</i> THE RESULTS OF EXPERIMENTAL-TEORETICAL STUDIES OF THE ENERGY-INTENSITY OF THE PROCESS OF MILLING STABLE FODDER BY A MIXER WITH SHARPNESS-SUPPORTED COMBINED KNIVES.....	19
<i>I.N. Kravchenko, A.A. Kolomeychenko, M.A. Glinskiy</i> DEVELOPMENT OF PNEUMATICAL SEEDING-MACHINE PINS RECONDITION TECHNOLOGY BY HIGH THICKNESS COATINGS PLASMA SPRAYING WITH RESIDUAL STRESSES REGULATION.....	28
<i>O.A. Leonov, Yu.G. Vergazova</i> RATIONING OF ACCURACY OF CONNECTIONS "SHAFT SLEEVE WITH KEY" GEARBOXES AGRICULTURAL MACHINERY.....	37
<i>M.I. Romanchenko</i> MODELING THE INTERACTION PARAMETERS OF THE CATERPILLAR TRACKS OF THE TRACTOR WITH THE SUPPORTING SURFACE.....	42
<i>V.F. Uzhik, O.A. Chekhunov</i> THE JUSTIFICATION DEVICE FOR MASSAGE UDDER HEIFERS.....	51
INNOVATIVE ECONOMICS, MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SOCIAL DEVELOPMENT OF RURAL TERRITRIES	
<i>V.N. Lebed, E.A. Igoika, D.Yu. Chugay</i> METHODOLOGY OF INVESTIGATION OF PEASANTS (FARMERS).....	66
<i>O.V. Svyatova, R.V. Soloshienko, D.A. Zyukin</i> IMPROVEMENT OF THE STRATEGIC MANAGEMENT OF THE BEVERAGE SACCCEPTION COMPLEX ON THE BASIS OF THE SYNERGETIC MODEL OF DEVELOPMENT.....	73
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY	
<i>R.M. Vasilenko, I.N. Stepanova</i> THE EFFICIENCY OF USING UREA-AMMONIUM NITRATE (UAN) IN THE CULTIVATION OF SWEET SORGHUM.....	80
<i>V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, A.N. Kryukov, A.M. Hlopyanikov, N.A. Lopachev V.A. Stebakov</i> THEORETICAL FOUNDATIONS OF MANAGEMENT OF PRODUCTIVITY OF CULTURAL PLANTS IN ALTERNATIVE SAFE TECHNOLOGIES OF EMPLOYMENT.....	85
<i>T.V. Oliva, S.D. Litsukov, S.I. Panin, E.N. Proskurina</i> OPTIMIZATION OF EFFIECIENCY AND QUALITY OF A TOMATO OF THE PROTECTED GROUND.....	92
Our eviewers.....	106

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК621.314.632

С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕСИММЕТРИИ И НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4-10 КВ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по оценке эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ. Качество электроэнергии (КЭ) характеризуется отклонением показателей напряжения и частоты от норм, установленных ГОСТ Р 32144–2013; допустимые стандартом изменения показателей качества электроэнергии гарантируют нормальное функционирование всех элементов электрической сети. Ухудшение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) приводит к росту потерь электроэнергии, снижению эффективности работы и сокращению срока службы электрооборудования, уменьшению надёжности отдельных электроприёмников и энергосистемы в целом, а также снижению функциональной надёжности средств автоматики и связи. Поэтому выполнение требований ГОСТ Р 32144–2013 в РФ носит обязательный характер. Проведен анализ мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ, которые предусматривают различные технические и организационные решения в зависимости от особенностей схемных решений распределительных сетей. Снижение несинусоидальности напряжения обеспечивается либо рациональным построением схемы замещения электрической сети предприятия, при которой коэффициент несинусоидальности напряжения будет в допустимых пределах, либо применением специальных схем нелинейных нагрузок, либо использованием корректирующих устройств. Несимметрию напряжений можно ограничить схемными решениями и техническими средствами – симметрирующими устройствами (СУ). Предложена методика оценки потерь энергии от несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов для основных расчетных схем замещения электрических сетей и примеры расчета потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармоническими составляющими. Погрешность расчёта по рассмотренной методике не превышает допустимых 5%. Предложены основные расчетные модели распределительных сетей 0,4–10 кВ для Белгородских электрических сетей. Проведена экономическая оценка мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ. Установлено, что значения дополнительных потерь электроэнергии, вызываемых несимметричными и несинусоидальными режимами в распределительных сетях 0,4–10 кВ, в гораздо большей степени зависят от конфигурации и размеров сети, чем от уровня искажений напряжения. Потери достигают максимального значения в сети большой протяженности в крупном городе. Минимума же потери достигают в сельских распределительных сетях, это обусловлено малой мощностью трансформаторных подстанций и большой длиной линий, выполненных проводниками малых сечений. Потери мощности и электроэнергии, вызываемые несимметрией напряжений, превышают потери, обусловленные наличием высших гармоник напряжения. Допустимые затраты на реализацию схемных решений по снижению несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов в распределительных сетях 0,4–10 кВ превышают величину соответствующих допустимых стоимостей технических средств.

Ключевые слова: качество, распределительные сети, несинусоидальность, несимметрия, потери мощности, симметрирование.

EVALUATION OF EFFICIENCY OF MEASURES TO REDUCE NONMMETRY AND NONINUSUALITY IN DISTRIBUTION NETWORKS 0,4-10 kV

Abstract. In the article results of researches on an estimation of efficiency of actions on decrease of asymmetry and nonsinusiodality in distributive networks 0,4-10 kV are resulted. The quality of electricity (CE) is characterized by the deviation of voltage and frequency from the norms established by GOST R 32144-2013; permissible by the standard changes in the quality of electrical energy guarantee the normal operation of all elements of the electrical network. The deterioration in the quality of electricity (SCE) leads to an increase in electricity losses, a decrease in efficiency and a reduction in the service life of electrical equipment, a reduction in the reliability of individual electrical receivers and the power system as a whole, and a decrease in the functional reliability of automation and communication facilities. Therefore, compliance with the requirements of GOST R 32144-2013 in the Russian Federation is mandatory. The analysis of measures to reduce asymmetry and nonsinusiodality in 0.4-10 kV distribution networks was carried out, which envisages various technical and organizational solutions depending on the features of circuit solutions of distribution networks. Reduction of voltage nonsinusoidalty is provided either by rational construction of the circuit for replacing the company's electrical network, at which the voltage non-sinusoidal coefficient will be within the permissible limits, or by using special schemes of non-linear loads, or by using corrective devices. The asymmetry of stresses can be limited to circuit solutions and technical means - balancing devices (SS). A technique is proposed for estimating energy losses from asymmetry and nonsinusoidal voltages and currents for the main design schemes for the replacement of electrical networks and examples of calculating energy losses caused by higher harmonic components. The error in the

calculation according to the method is not more than 5%. Basic calculation models of 0.4-10 kV distribution networks for Belogrodsky electrical networks are proposed. An economic evaluation of measures to reduce asymmetry and nonsinusoidality in 0.4-10 kV distribution networks was carried out. It is established that the values of the additional power losses caused by asymmetric and non-sinusoidal modes in 0.4-10 kV distribution networks are much more dependent on the configuration and size of the network than on the voltage distortion level. Losses reach a maximum value in a network of a large extent in a large city. The minimum losses are achieved in rural distribution networks, this is due to the low power of transformer substations and the large length of lines made by conductors of small cross sections. The losses of power and electric power caused by the asymmetry of the voltages exceed the losses caused by the presence of higher voltage harmonics. The permissible costs for implementing circuit solutions to reduce asymmetry and nonsinusoidal voltages and currents in 0.4-10 kV distribution networks exceed the value of the corresponding allowable costs of technical equipment.

Keywords: quality, distribution networks, non-sinusoidal, asymmetry, power losses, balancing.

Введение. Основной задачей любого энергообъединения является обеспечение всех потребителей электроэнергией в требуемом объёме и при надлежащем её качестве, которое во всём мире регламентируется различными нормативно-техническими актами. В Российской Федерации такими документами являются – ГОСТ Р 32144–2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [1], ГОСТ Р 53333-2008 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [2] и Гражданский Кодекс РФ (ст. 542 и 547) [3].

Качество электроэнергии (КЭ) характеризуется отклонением показателей напряжения и частоты от норм, установленных ГОСТ Р 32144–2013; допустимые стандартом изменения показателей качества электроэнергии гарантируют нормальное функционирование всех элементов электрической сети. Ухудшение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) приводит к росту потерь электроэнергии, снижению эффективности работы и сокращению срока службы электрооборудования, уменьшению надёжности отдельных электроприёмников и энергосистемы в целом, а также снижению функциональной надёжности средств автоматики и связи. Поэтому выполнение требований ГОСТ Р 32144–2013 в РФ носит обязательный характер.

В распределительных сетях 0,4–10 кВ вопросы обеспечения надлежащего качества электроэнергии в последнее время приобрели особую остроту, поскольку значительно увеличился объём компьютерного и офисного оборудования, представляющего собой нелинейную электрическую нагрузку. Кроме того, в соответствии с энергосберегающей политикой в настоящее время происходит повсеместная замена ламп накаливания, являющихся линейной нагрузкой, энергосберегающими лампами (в основном газоразрядными и светодиодными), которые значительно влияют на синусоидальность напряжений и токов.

Электрическая энергия является товаром, т.е. объектом экономических взаимоотношений между поставщиком (энергоснабжающей организацией) и потребителем, следовательно, она должна отвечать определённым требованиям к её качеству. Это закреплено Постановлением Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 982 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации...», согласно которому электрическая энергия подлежит обязательной сертификации по показателям качества электроэнергии, установленным ГОСТ Р 32144–2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Но в отличие от всех остальных видов товаров, качество которых зависит только от производителя или поставщика товара, на качество электроэнергии (КЭ) влияет как энергоснабжающая организация, так и потребитель ЭЭ. Это обусловлено непрерывностью процесса производства, распределения и потребления ЭЭ. Ещё одна особенность КЭ заключается в том, что один потребитель может влиять на качество ЭЭ, получаемой другим потребителем.

В настоящее время для определения дополнительных потерь электроэнергии, вызываемых несимметричными и несинусоидальными режимами, используются выражения, представляющие собой зависимости значений потерь от напряжений или токов высших гармоник и обратной последовательности. При этом в соответствии с [1,2] результаты контроля и ис-

питаний электрической энергии на соответствие требованиям ГОСТ Р 32144–2013 представляются в виде наибольших значений коэффициентов искажения. Следовательно, целесообразна разработка выражений для определения дополнительных потерь электроэнергии, вызываемых несимметричными и несинусоидальными режимами, в которых будут использоваться результаты измерений ПКЭ, приводимые в «Протоколе испытаний (контроля) электрической энергии» [2]. Кроме этого расчёты между энергоснабжающими организациями и потребителями за потреблённую электроэнергию производятся практически без учёта качества электроэнергии.

Всё вышеперечисленное обуславливает необходимость экономического анализа КЭ с целью разрешения вопросов, возникающих между потребителями и энергоснабжающими организациями и относящихся к области КЭ.

Объект и методы исследования. Проблемам качества электрической энергии в настоящее время уделяется достаточно много внимания. Отечественными основоположниками научного направления, посвященного КЭ, являются широко известные специалисты: И. В. Жежеленко, Ю. С. Железко, В. Г. Курбацкий, А. К. Шидловский, В. Г. Кузнецов, А. Н. Висящев, И. И. Карташов и многие другие. Из зарубежных авторов стоит отметить работы авторов: Хабигер Э., Арриллага Д., Бредли Д., Боджер Г. В целом основные технические и организационные мероприятия сводятся к следующему.

Снижение несинусоидальности напряжения обеспечивается либо рациональным построением схемы замещения электрической сети предприятия, при которой коэффициент несинусоидальности напряжения будет в допустимых пределах, либо применением специальных схем нелинейных нагрузок, либо использованием корректирующих устройств.

Схемные решения можно разделить на следующие группы [4]:

- а) подключение нагрузки к системе с большей мощностью КЗ;
- б) раздельное питание линейных и нелинейных нагрузок;
- в) увеличение числа фаз выпрямления ВП.

Если схемные решения не дают требуемого уменьшения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения (K_U), то необходимо использовать специальные корректирующие устройства. К ним относятся силовые резонансные фильтры (СРФ), фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), фильтро-симметрирующие устройства (ФСУ), ненастроенные фильтры, комбинированные фильтры высших гармоник (КФВГ).

Несимметрию напряжений можно ограничить:

- а) схемными решениями;
- б) техническими средствами – симметрирующими устройствами (СУ).

Поскольку электрическая энергия является товаром, т.е. объектом экономических взаимоотношений между поставщиком (энергоснабжающей организацией) и потребителем, то она должна отвечать определённым требованиям к её качеству. Это закреплено постановлением Правительства России от 01.12.2009 г. №982, согласно этому документу электрическая энергия подлежит обязательной сертификации по показателям качества электроэнергии, установленным ГОСТ Р 32144–2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Но в отличие от всех остальных видов товаров, качество которых зависит только от производителя или поставщика товара, на качество электроэнергии (КЭ) влияет как энергоснабжающая организация, так и потребитель ЭЭ. Это обусловлено непрерывностью процесса производства, распределения и потребления ЭЭ. Ещё одна особенность КЭ заключается в том, что один потребитель может влиять на качество ЭЭ, получаемой другим потребителем.

Оценка потерь энергии от несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов. В существующих методах расчёта показателей качества электроэнергии принят целый ряд упрощений и допущений, например: при определении реактивных сопротивлений элементов сети на частотах высших гармоник учитывается только поверхностный эффект, несимметрия и несинусоидальность напряжений и токов рассчитываются отдельно. Всё это приводит к погрешности расчётов. Также нужно отметить, что в действующих в настоящее время нор-

мативных документах, регламентирующих контроль качества электроэнергии [2-2], не приводится методики определения виновника искажения качества электроэнергии и доли искажения, вносимого им.

При оценке показателей качества электроэнергии используются значения коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения и n-ой гармонической составляющей напряжения, то целесообразна разработка выражений для потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармониками тока, в которых будут использоваться значения K_U и $K_{(n)U}$.

Действующее значение n-ой гармонической составляющей напряжения $U_{(n)}$ можно определить по формуле[5]:

$$U_{(n)}=I_{(n)} \cdot Z_{(n)}, \quad (1)$$

где $I_{(n)}$ – ток n-ой гармоники; $Z_{(n)}$ – модуль сопротивления ветви электроснабжения объекта, присоединенного к ТОП, на частоте n-ой гармоники (в соответствии с рис. 1 [5; 6]).

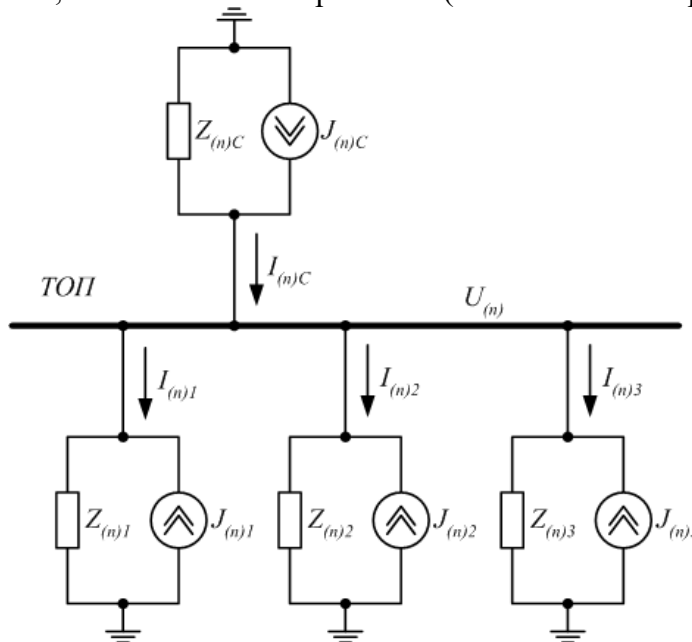


Рис. 1. Схема замещения субъектов, подключенных к точке общего присоединения

Следовательно, для коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения можно записать:

$$K_{(n)U} = \frac{U_{(n)}}{U_{ном}} = \frac{I_{(n)} Z_{(n)}}{U_{ном}} \quad (2)$$

Для активно-индуктивной нагрузки модуль сопротивления на частоте n-ой гармоники с учётом поверхностного эффекта и без учёта эффекта близости и распределённости параметров:

$$Z_{(n)} = |r_{(n)} + j \cdot x_{(n)}| = |r \cdot \sqrt{n} + j \cdot x \cdot n| = \sqrt{r_{(n)}^2 + x_{(n)}^2} = \sqrt{r^2 \cdot n + x^2 \cdot n^2}, \quad (3)$$

где $r_{(n)}$ и $x_{(n)}$ – активное и индуктивное сопротивление цепи на частоте n-ой гармоники, Ом; r и x – активное и индуктивное сопротивление цепи на основной частоте, Ом.

Обозначив

$$\operatorname{tg} \varphi_{(n)} = \frac{x_{(n)}}{r_{(n)}} = \frac{x \cdot n}{r \cdot \sqrt{n}} = \frac{x}{r} \cdot \sqrt{n} = \operatorname{tg} \varphi \cdot \sqrt{n}, \quad (4)$$

запишем выражение для $Z_{(n)}$ следующим образом:

$$Z_{(n)} = r_{(n)} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{x_{(n)}}{r_{(n)}}\right)^2} = r_{(n)} \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{(n)}} = r \cdot \sqrt{n} \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot n}. \quad (5)$$

Тогда значение тока какой-либо n-ой гармоники в интересующей ветви системы электроснабжения можно найти по значению коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения и сопротивлению ветви на основной частоте:

$$I_{(n)} = \frac{K_{(n)U} \cdot U_{ном}}{Z_{(n)}} = \frac{K_{(n)U} \cdot U_{ном}}{r \cdot \sqrt{n} \cdot \sqrt{1 + tg\varphi^2 \cdot n}} \quad (6)$$

Дополнительные потери активной мощности, вызываемые n-ой гармонической составляющей тока:

$$\Delta P_{(n)} = I_{(n)}^2 \cdot r_{(n)} = I_{(n)}^2 \cdot r \cdot \sqrt{n} \quad (7)$$

Подставляя в последнюю формулу ток n-ой гармоники, выраженный через коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, можно получить:

$$\Delta P_{(n)} = \frac{K_{(n)U}^2 \cdot U_{ном}^2}{r \cdot \sqrt{n} \cdot (1 + tg\varphi^2 \cdot n)} \quad (8)$$

Суммируя дополнительные потери активной мощности, вызываемые отдельными гармоническими составляющими, получаем формулу для дополнительных потерь активной мощности, вызываемых высшими гармоническими составляющими:

$$\Delta P_{вг} = \frac{U_{ном}^2}{r} \cdot \sum_{n=2}^{\infty} \frac{K_{(n)U}^2}{\sqrt{n} \cdot (1 + tg\varphi^2 \cdot n)} \quad (9)$$

В «Протоколах испытаний (контроля) электрической энергии по показателям качества» в соответствии с [2] указывается верхнее значение ПКЭ, соответствующее условию, что 95% измеренных значений ПКЭ лежат ниже этого значения, то необходимо оценить возможную погрешность при расчёте потерь электроэнергии по верхнему значению ПКЭ за суточный интервал измерения ПКЭ по сравнению с расчётом потерь электроэнергии по значениям ПКЭ, усредненным на интервалах времени, равных 1 минуте, и дающим наиболее точные результаты.

Для расчета потерь электроэнергии от несинусоидальности и несимметрии напряжений были проведены замеры ПКЭ в распределительных сетях 0,4–10(20) кВ Белгородской энергосистемы. Замеры проводились на шинах 6–10 кВ питающих подстанций (центров питания) и шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанций (ТП) 10(6)/0,4 кВ.

Результаты исследования и их обсуждение. Непосредственно для выполнения расчётов потерь электроэнергии предлагается следующая обобщенная модель участка распределительной электрической сети, показанная на рис. 2. Расчётная схема замещения обобщенной модели показана на рис. 3.

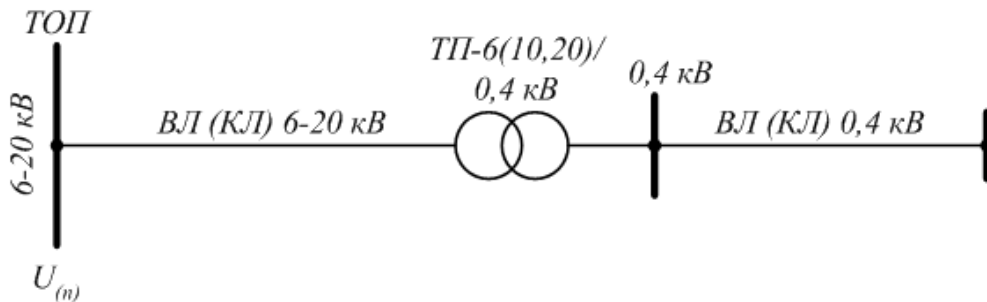


Рис. 2. Обобщенная модель участка распределительной электрической сети 6–10(20)/0,4 кВ

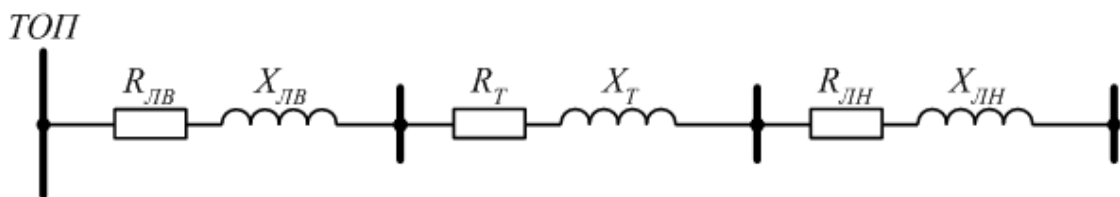


Рис. 3. Расчётная схема замещения обобщенной модели

К схеме, показанной на рисунке 3, путём последовательного эквивалентирования может быть сведена любая схема электроснабжения потребителей в распределительных электрических сетях 0,4–10 кВ.

Ниже приведен расчет потерь энергии при следующих параметрах схемы электроснабжения: ВЛИ 10 кВ, длиной 3 км, выполнена самонесущими изолированными проводами СИП–3–1х35, питает одотрансформаторную подстанцию 10/0,4 кВ, на которой установлен трансформатор ТМН–630/10/0,4; от шин 0,4 кВ отходят три кабеля с алюминиевыми жилами сечением 240 мм² в ПВХ изоляции, длиной 200 м.

Сопротивления элементов схемы на основной частоте [7,8,9], приведенные к уровню напряжения 10 кВ:

$$R_{ЛВ}=0,986 \cdot 3=2,958 \text{ Ом};$$

$$X_{ЛВ}=0,1 \cdot 3=0,300 \text{ Ом};$$

$$R_T=7600 \cdot \frac{10^2}{630^2}=1,915 \text{ Ом};$$

$$X_T=\frac{5,5}{100} \cdot \frac{10^2}{0,630}=8,730 \text{ Ом};$$

$$R_{ЛН}=\frac{1}{3} \cdot 0,13 \cdot 0,2 \cdot \frac{10^2}{0,4^2}=5,417 \text{ Ом};$$

$$X_{ЛН}=\frac{1}{3} \cdot 0,077 \cdot 0,2 \cdot \frac{10^2}{0,4^2}=3,208 \text{ Ом}.$$

Суммарное сопротивление схемы на основной частоте:

$$z=2,958+1,915+5,417+j(0,300+8,730+3,208)=10,290+j12,238 \text{ Ом};$$

$$r=10,290 \text{ Ом}; \quad x=12,238 \text{ Ом};$$

$$\text{tg}\varphi=12,238/10,290=1,189.$$

Расчёт дополнительных годовых потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармоническими составляющими, по значениям коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения, усреднённых на минутных интервалах, проводился по формулам:

$$\Delta W_{(n)}=\sum_{i=1}^{1440} \frac{\Delta P_{(n)i} \cdot 1}{60} = \sum_{i=1}^{1440} \frac{K_{(n)U}^2 \cdot U_{\text{ном}}^2}{r \cdot \sqrt{n} \cdot (1 + \text{tg}\varphi^2 \cdot n)} \cdot \frac{1}{60}; \quad (8)$$

$$\Delta W_{\text{сут}}=\sum_{n=2}^{40} \Delta W_{(n)}; \quad (9)$$

$$\Delta W_{\text{год}}=\frac{\sum \Delta W_{\text{сут}}}{k} \cdot 365, \quad (10)$$

где $\Delta W_{(n)}$ – суточные потери электроэнергии, вызванные действием n-ой гармонической составляющей, кВт·ч; i – номер замера ПКЭ; N=24·60=1440 – общее число измерений ПКЭ за сутки (24 часа) при усреднении на минутных интервалах; $\Delta W_{\text{сут}}$ – суточные потери электроэнергии, вызванные суммарным действием высших гармоник, кВт·ч; k – число суток, в течение которых проводились замеры.

Результаты расчётов, выполненных в программе MicrosoftOfficeExcel 2007 по формулам (8)–(11) приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчётов потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармоническими составляющими, по значениям коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения, усреднённых на минутных интервалах

Дата замера ПКЭ	Потери электроэнергии $\Delta W_{сут}$, Вт·ч	Потери электроэнергии $\Delta W_{сут.ср}$, кВт·ч	Потери электроэнергии $\Delta W_{год}$, кВт·ч
11.02.2015	5194,3	5,451	1989,6
12.02.2015	5795,4		
13.02.2015	5363,3		

Дополнительные потери электроэнергии, вызываемые высшими гармоническими составляющими, по аналогии с нагрузочными потерями целесообразно определять по упрощенной формуле:

$$\Delta W_{допВГ} = \Delta P_{ВГ} \cdot T_{max}, \quad (11)$$

где T_{max} – число часов использования наибольшей нагрузки, ч.

Число часов использования наибольшей нагрузки принимается по протоколам испытаний электрической энергии. В данном случае:

$$T_{max} = \frac{15}{24} \cdot 8760 = 5475 \text{ ч.}$$

Результаты расчётов, выполненных в программе MicrosoftOfficeExcel 2007, по формулам (8) и (11) приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчётов потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармоническими составляющими, по верхним (протокольным) значениям коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения

Дата замера ПКЭ	Потери мощности $\Delta P_{ВГ}$, Вт	Среднесуточное значение потерь мощности $\Delta P_{ВГ.ср}$, Вт	Потери электроэнергии $\Delta W_{допВГ}$, кВт·ч
11.02.2015	370,5	375,1	2053,7
12.02.2015	399,2		
13.02.2015	355,7		

Сравнение результатов точного (по всем значениям $K_{(n)U}$) и упрощенного (по верхним значениям $K_{(n)U}$, соответствующих условию, что 95% измеренных значений ПКЭ лежат ниже этих значений) расчётов потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармоническими составляющими, показывает, что погрешность расчёта при использовании протокольных значений $K_{(n)U}$ не превышает допустимых 5%:

$$\varepsilon = \frac{2053,7 - 1989,6}{1989,6} \cdot 100\% = 3,22\%.$$

Основные модели распределительных сетей 0,4–10 кВ БЭС. На основе анализа принципов построения распределительных сетей 0,4–10 кВ [10,11] и изучения существующих распределительных сетей 0,4–10 кВ БЭС были разработаны следующие модели наиболее распространенных типов распределительных сетей 0,4–10 кВ:

1) сельская распределительная сеть 0,4–10 кВ, запитанная от подстанции с трансформаторами мощностью 4÷10 МВА, конфигурация сети 10 кВ преимущественно радиальная, линии 10 кВ, числом $N_{10}=6\div 12$ и длиной 3÷6 км, выполнены сталеалюминиевыми проводами сечением 50÷120 мм² или самонесущими изолированными проводами СИП3 сечением 50÷150 мм²; на ТП–10/0,4 кВ установлены трансформаторы мощностью 100÷400 кВА, питающие по $n_{0,4}=4\div 12$ линий 0,4 кВ, длиной 0,5÷3 км, выполненных алюминиевыми проводами сечением 25÷120 мм² или самонесущими изолированными проводами сечением 25÷120 мм²; данной сети соответствует рис.4;

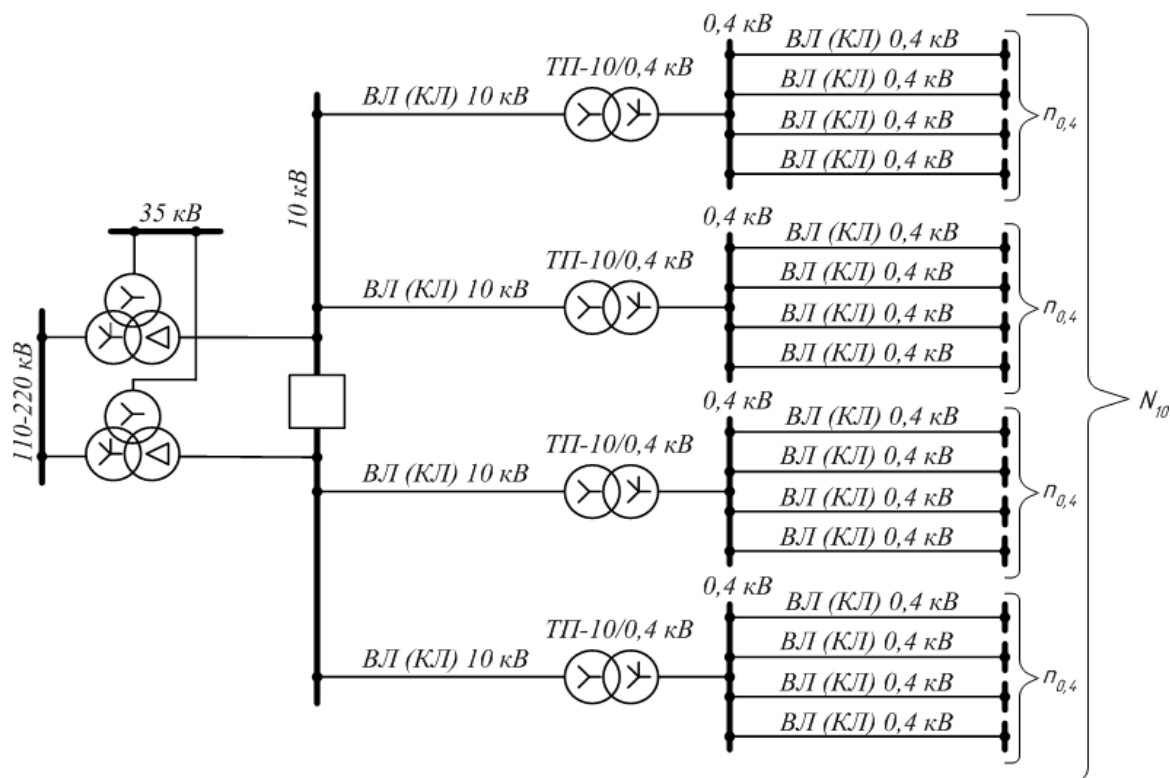


Рис.4. Расчетная схема сельской распределительной сети 0,4–10 кВ

2) сельская распределительная сеть 0,4–10 кВ, запитанная от подстанции с трансформаторами мощностью 4÷10 МВА, конфигурация сети 10 кВ преимущественно магистральная, линии 10 кВ, числом $N_{10}=4\div8$ и длиной 5÷12 км, выполнены сталеалюминиевыми проводами сечением 50÷150 мм² или самонесущими изолированными проводами СИПЗ сечением 50÷240 мм²; на ТП–10/0,4 кВ установлены трансформаторы мощностью 100÷400 кВА, питающие по $n_{0,4}=4\div12$ линий 0,4 кВ, длиной 0,5÷3 км, выполненных алюминиевыми проводами сечением 25÷120 мм² или самонесущими изолированными проводами сечением 25÷120 мм²; данной сети соответствует рис. 5;

3) городская распределительная сеть 0,4–10 кВ, запитанная от подстанции с трансформаторами мощностью 4÷10 МВА, питающая малоэтажную застройку; конфигурация сети 10 кВ преимущественно радиальная, линии 10 кВ, числом $N_{10}=6\div12$ и длиной 0,5÷3 км, выполнены сталеалюминиевыми проводами сечением 50÷150 мм², кабелем с алюминиевыми жилами сечением 25÷150 мм² или самонесущими изолированными проводами СИПЗ сечением 35÷150 мм²; на ТП–10/0,4 кВ установлены трансформаторы мощностью 250 и 400 кВА, питающие по $n_{0,4}=4\div12$ линий 0,4 кВ, длиной 50÷500 м, выполненных кабелями сечением 25÷185 мм² или самонесущими изолированными проводами сечением 25÷240 мм²; данной сети соответствует рис.5;

4) городская распределительная сеть 0,4–10 кВ, запитанная от подстанции с трансформаторами мощностью 6,3÷16 МВА, питающая малоэтажную застройку; конфигурация сети 10 кВ преимущественно магистральная или петлевая, линии 10 кВ, числом $N_{10}=4\div8$ и длиной 1,5÷6 км, выполнены сталеалюминиевыми проводами сечением 70÷185 мм², кабелем с алюминиевыми жилами сечением 50÷240 мм² или самонесущими изолированными проводами СИПЗ сечением 50÷240 мм²; на ТП–10/0,4 кВ установлены трансформаторы мощностью 250 и 400 кВА, питающие по $n_{0,4}=4\div12$ линий 0,4 кВ, длиной 50÷500 м, выполненных кабелями сечением 25÷185 мм² или самонесущими изолированными проводами сечением 25÷240 мм²; данной сети соответствует рис.5;

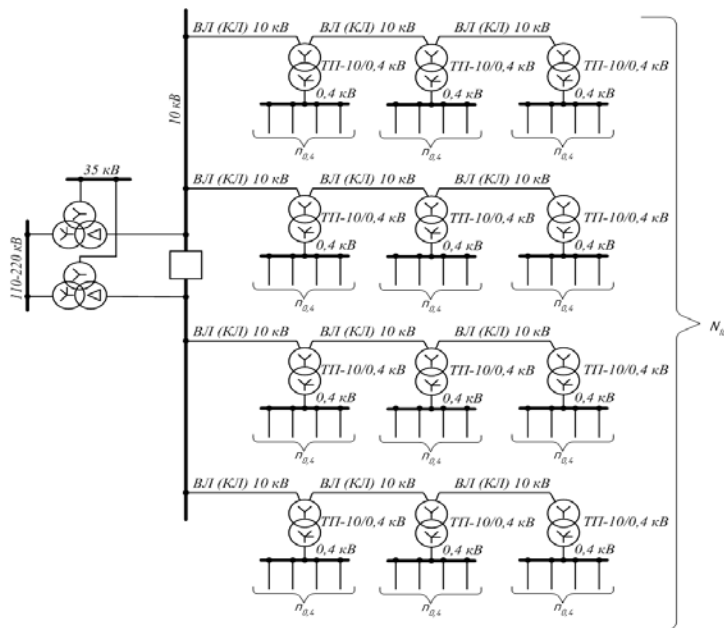


Рис.5. Основные расчетные схемы сельских и городских распределительных сетей 0,4–10 кВ

5) городская распределительная сеть 0,4–10 кВ, запитанная от подстанции с трансформаторами мощностью 10÷25 МВА, питающая многоэтажную застройку; конфигурация сети 10 кВ преимущественно магистральная или петлевая, линии 10 кВ, числом $N_{10}=6\div14$ и длиной 1,5÷6 км, выполнены сталеалюминиевыми проводами сечением 120÷185 мм², кабелем с алюминиевыми жилами сечением 70÷240 мм² или самонесущими изолированными проводами СИПЗ сечением 50÷240 мм²; на ТП–10/0,4 кВ установлены трансформаторы мощностью 250÷630 кВА, питающие по $n_{0,4}=6\div18$ линий 0,4 кВ, длиной 50÷500 м, выполненных кабелями сечением 35÷240 мм² или самонесущими изолированными проводами сечением 25÷240 мм²; данной сети соответствует рис.5;

6) городская распределительная сеть 0,4–10 кВ, запитанная от подстанции с трансформаторами мощностью 16÷40 МВА, питающая многоэтажную застройку и/или промышленных потребителей; конфигурация сети 10 кВ преимущественно магистральная или петлевая, линии 10 кВ, числом $N_{10}=10\div20$ и длиной 1,5÷6 км, выполнены сталеалюминиевыми проводами сечением 120÷185 мм², кабелем с алюминиевыми жилами сечением 70÷240 мм² или самонесущими изолированными проводами СИПЗ сечением 50÷240 мм²; на ТП–10/0,4 кВ установлены трансформаторы мощностью 400÷1000 кВА, питающие по $n_{0,4}=6\div18$ линий 0,4 кВ, длиной 50÷500 м, выполненных кабелями сечением 35÷240 мм² или самонесущими изолированными проводами сечением 25÷240 мм²; данной сети соответствует рис.5.

Ниже приведены расчёты потерь электроэнергии, вызванных несинусоидальностью и несимметрией напряжений, проведенные с использованием разработанных моделей распределительных сетей и с учётом результатов вероятностного анализа ПКЭ в плане несинусоидальности и несимметрии напряжений в распределительных сетях 0,4–10 кВ БЭС в программе MathCad.

Для наглядности на рис.6-9 построены совмещенные графики потерь мощности и электроэнергии (за год) от нарушения КЭ при различных уровнях несимметрии и несинусоидальности напряжений в распределительных сетях 6-10 кВ БЭС.

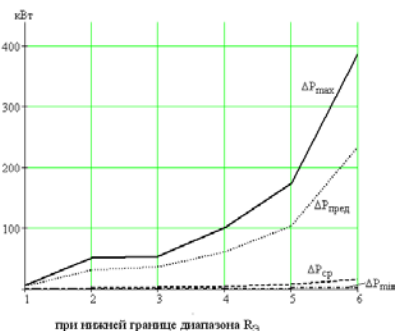


Рис.6. Графики потерь мощности от нарушения КЭ при различных уровнях несимметрии и несинусоидальности напряжений (по оси абсцисс указаны номера моделей сети)

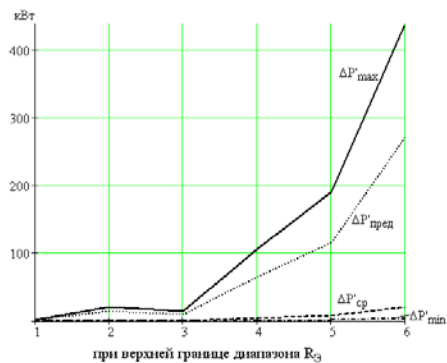


Рис.7. Графики потерь мощности от нарушения КЭ при различных уровнях несимметрии и несинусоидальности напряжений (по оси абсцисс указаны номера моделей сети)

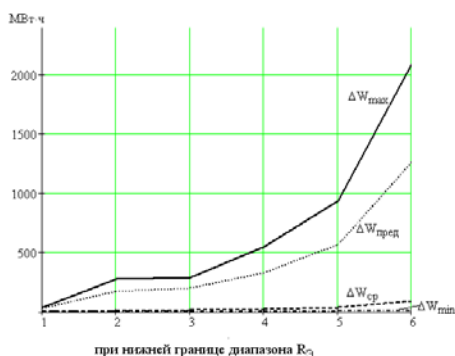


Рис.8. Графики годовых потерь электроэнергии, вызванных нарушениями при различных уровнях несимметрии и несинусоидальности напряжений (по оси абсцисс указаны номера моделей сети)

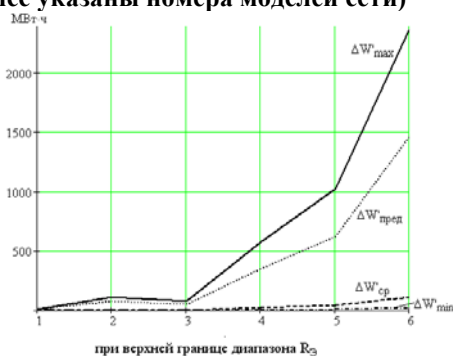


Рис.9. Графики потерь электроэнергии, вызванных нарушениями КЭ при различных уровнях несимметрии и несинусоидальности напряжений (по оси абсцисс указаны номера моделей сети)

Графики, построенные на рис.6-9, наглядно показывают, что значения дополнительных потерь электроэнергии, вызываемых несимметричными и несинусоидальными режимами в распределительных сетях 0,4–10 кВ, в гораздо большей степени зависят от конфигурации и размеров сети, чем от уровня искажений напряжения. Видно, что при одном и том же уровне коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициентной гармонической составляющей напряжения $K_{(n)U}$ потери резко возрастают при переходе от радиальной сети 10 кВ малой протяженности в районе малоэтажной застройки (3 модель) к сети средней протяженности в районе малоэтажной застройки (4 модель), затем к сети в районе многоэтажной застройки (больше единичная мощность ТП–10/0,4 кВ, 5 модель), и, наконец, потери достигают максимального значения в сети большой протяженности в крупном городе (6 модель). Отношение величины потерь в 6 модели сети к потерям в 3 модели колеблется от 5,9 до 7,2 (при различных уровнях искажений). Минимума же потери достигают в сельских распределительных сетях, это обусловлено малой мощностью трансформаторных подстанций и большой длиной линий, выполненных проводниками малых сечений.

Также необходимо отметить, что потери мощности и электроэнергии, вызываемые несимметрией напряжений, превышают потери, обусловленные наличием высших гармоник напряжения.

Экономическая оценка мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4–10 кВ. Оценить эффективность энергосберегающих мероприятий по симметрированию и устранению несинусоидальности напряжений и токов в распределительных сетях 0,4–10 кВ можно используя классические показатели экономической эффективности [12].

Рассматривать возможность проведения энергосберегающих мероприятий целесообразно при выполнении условия:

$$Z > Z_m, (12)$$

где Z и Z_m – суммарная величина дисконтированных затрат за расчётный период для рассматриваемой распределительной сети до и после проведения энергосберегающих мероприятий соответственно.

Дисконтированные затраты по сети до проведения энергосберегающих мероприятий можно определить следующим образом [10]:

$$Z = E \cdot K + I + Y, \quad (13)$$

где E – коэффициент дисконтирования, численно равный банковской ставке [10]; K – капитальные затраты по сети (стоимость основных фондов); $I = \alpha \cdot K$ – годовые эксплуатационные издержки по сети; α – суммарная доля ежегодных отчислений от капитальных затрат на эксплуатацию; Y – ущерб, обусловленный дополнительными потерями электроэнергии, вызванными несимметрией и несинусоидальностью напряжений и токов.

Следовательно, дисконтированные затраты по сети после проведения энергосберегающих мероприятий:

$$Z_m = E \cdot (K + K_m) + \alpha \cdot (K + K_{об}) + Y_m, \quad (14)$$

где K_m – суммарная стоимость проведения энергосберегающих мероприятий, включающая стоимость необходимого оборудования $K_{об}$ и дополнительных затрат Z на проведение исследований, разработку проектов, проведение энергосберегающих мероприятий, несвязанных с установкой технических средств (схемные решения), транспортировку и монтаж оборудования; $K_{об}$ – стоимость оборудования, устанавливаемого в сети в ходе проведения энергосберегающих мероприятий; Y_m – величина ущерба от дополнительных потерь электроэнергии, вызванных несимметрией и несинусоидальностью напряжений и токов, после проведения энергосберегающих мероприятий.

Учитывая условие (12) можно записать:

$$E \cdot K + I + Y > E \cdot (K + K_m) + \alpha \cdot (K + K_{об}) + Y_m; \quad (15)$$

$$\Delta Y = Y - Y_m > E \cdot K_m + \alpha \cdot K_{об}, \quad (16)$$

где ΔY – снижение величины ущерба от несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов в результате проведения энергосберегающих мероприятий.

Так как ущерб, обусловленный дополнительными потерями электроэнергии, зависит от стоимости потерь электроэнергии β , то необходимым, но недостаточным условием для проведения энергосберегающих мероприятий по симметрированию и устранению несинусоидальности напряжений и токов является:

$$\delta \Delta W_{доп} > \frac{E \cdot K_m + \alpha \cdot K_{об}}{\beta}, \quad (17)$$

где $\delta \Delta W_{доп} = \Delta W_{доп} - \Delta W_{доп.м}$ – разница между дополнительными потерями электроэнергии, обусловленными несимметрией и несинусоидальностью напряжений и токов, до ($\Delta W_{доп}$) и после ($\Delta W_{доп.м}$) проведения энергосберегающих мероприятий, т.е. снижение дополнительных потерь электроэнергии, вызываемых ВГ и несимметрией напряжений, в результате проведения энергосберегающих мероприятий.

В том случае если энергосберегающие мероприятия сводятся к установке специальных корректирующих устройств (для снижения несинусоидальности и несимметрии напряжений (фильтров, симметрирующих устройств), т.е. $K_m = K_{об}$, условие (17) можно записать в следующем виде:

$$\delta \Delta W_{доп} > \frac{E + \alpha}{\beta} \cdot K_{об}. \quad (18)$$

Из последнего выражения можно определить максимально допустимую стоимость идеального корректирующего оборудования, принимая, что после его установки уровень ВГ и несимметрии напряжений будет стремиться к нулевому значению, т.е. $\Delta W_{доп.м} = 0$, тогда:

$$K_{об\max} = \frac{\Delta W_{доп} \cdot \beta}{E + \alpha}. \quad (19)$$

В том случае если энергосберегающие мероприятия будут ограничиваться только схемными решениями ($K_{об}=0$), условие (6) примет вид:

$$\delta\Delta W_{доп} > \frac{E}{\beta} \cdot K_M \quad (20)$$

Для принятия окончательного решения по эффективности проведения энергосберегающих мероприятий по симметрированию и устранению несинусоидальности напряжений и токов достаточно рассчитать срок окупаемости затрат на проведение этих мероприятий [13] и сравнить с допустимым:

$$T_{ок} = \frac{K_M}{\delta\Delta W_{доп} \cdot \beta - \alpha \cdot K_{об}} \leq T_{ок.доп}, \quad (21)$$

где $T_{ок}$ – срок окупаемости; $T_{ок.доп}=7 \div 10$ лет – допустимый срок окупаемости.

Из условия (21) можно найти величину срока окупаемости реализации только схемных решений без установки технических средств для снижения уровней несинусоидальности и несимметрии напряжений:

$$T_{ок} = \frac{K_M}{\delta\Delta W_{доп} \cdot \beta} \leq T_{ок.доп}. \quad (22)$$

Необходимо отметить, что при уровне несимметрии и несинусоидальности напряжений, превышающем нормы ГОСТ Р 32144–2013, мероприятия по симметрированию напряжений и устранению ВГ должны проводиться независимо от их эффективности с экономической точки зрения. Поэтому для оценки допустимой стоимости энергосберегающих мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4–10 кВ был рассмотрен случай, когда показатели КЭ, относящиеся к гармоническим составляющим напряжения и несимметрии напряжений, равны предельно допустимым ГОСТ Р 32144-2013 нормам. Расчёты стоимости энергосберегающих мероприятий проводились по формулам (8) и (9) по данным таблицы 3, при этом было принято следующее:

- 1) $E=0,1$ (что соответствует максимально допустимому сроку окупаемости – 10 лет [13]);
- 2) $\alpha=0,059$ [14];
- 3) $\beta=192,69$ руб./(МВт·ч) – ставка на оплату нормативных технологических потерь электрической энергии в электрических сетях на территории Белгородской области на уровне напряжения СН-II.[14].

Результаты расчётов по формулам (21) и (22) при проведении энергосберегающих мероприятий на одной подстанции, являющейся центром питания (ЦП) распределительной сети 0,4–10 кВ, приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 - Потери мощности и электроэнергии (за год) от нарушения КЭ при предельно допустимом уровне несимметрии и несинусоидальности напряжений в распределительных сетях 10 кВ

Модель сети	Характеристика сети	ΔP_{max} , кВт	ΔW_{max} , кВт·ч	ΔP_{max} , кВт	ΔW_{max} , кВт·ч
		нижнее значение R_{Σ}		верхнее значение R_{Σ}	
1	Село, средняя протяженность сетей 0,4–10 кВ	5,05	27294	1,31	7057
2	Село большой площади или несколько сел, значительная протяженность сетей 0,4–10 кВ	32,19	173809	14,32	77327
3	Небольшой город, район малоэтажной застройки, радиальная сеть малой протяженности, $S_{T\Sigma}=1,5 \div 4,8$ МВА	36,70	198204	9,72	52487
4	Средний город, район малоэтажной застройки, сеть средней протяженности, $S_{T\Sigma}=3 \div 9,6$ МВА	61,79	333678	65,53	353884
5	Средний город, район многоэтажной застройки, сеть средней протяженности, $S_{T\Sigma}=4,5 \div 26,4$ МВА	104,9 1	566500	116,03	626571
6	Крупный город, район многоэтажной застройки, пром. нагрузка, сеть большой протяженности, $S_{T\Sigma}=12 \div 60$ МВА	235,1 6	1269843	273,34	147601 8

Таблица 4 - Максимально допустимые стоимости технических средств для снижения несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов в распределительных сетях 0,4–10 кВ Белгородской области в расценках 2015г

Модель сети	Мощность СТ в ЦП, МВА	Нахождение ПС	$\Delta W_{\text{доп}}$, МВт·ч	$K_{\text{обмах}}$, тыс. руб.
1	2×(4÷10)	Село, ПС	7,1÷27,3	8,6÷33,1
2	2×(4÷10)	Село большой площади или несколько сел	77,3÷173,8	93,7÷210,6
3	2×(4÷10)	Небольшой город, район малоэтажной застройки	52,5÷198,2	63,6÷240,2
4	2×(6,3÷16)	Средний город, район малоэтажной застройки	333,7÷353,9	404,4÷428,9
5	2×(10÷25)	Средний город, район многоэтажной застройки	566,5÷626,6	686,5÷759,3
6	2×(16÷40)	Крупный город, район многоэтажной застройки, пром. нагрузка	1269,8÷1476,0	1538,9÷1788,8

Из таблицы 4 видно, что допустимые затраты на установку технических средств корректировки несинусоидальности и несимметрии напряжений и токов увеличиваются по мере роста мощности трансформаторов в ЦП. Сравнение полученных значений $K_{\text{обмах}}$ с ценами на различные специальные корректирующие устройства (СРФ, ФКУ, ФСУ, фильтры, комбинированные и пр.) показало, что установка технических средств корректировки несинусоидальности и несимметрии напряжений в распределительных сетях 0,4–10 кВ является экономически оправданной, например, стоимость фильтросимметрирующего трансформатора ТСТ 2–10 кВА составляет 31 тыс. руб., а ФСУ ТСТ 2–1000 кВА – 640 тыс. руб. [15].

Таблица 5 - Максимально допустимые затраты на реализацию схемных решений по снижению несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов в распределительных сетях 0,4–10 кВ для Белгородской области в расценках 2015 г

Модель сети	Мощность СТ на ПС, МВА	Нахождение ПС	$\Delta W_{\text{доп}}$, МВт·ч	$K_{\text{ммах}}$, тыс. руб
1	2×(4÷10)	Село, ПС	7,1÷27,3	13,6÷52,6
2	2×(4÷10)	Село большой площади или несколько сел	77,3÷173,8	149÷334,9
3	2×(4÷10)	Небольшой город, район малоэтажной застройки	52,5÷198,2	101,1÷381,9
4	2×(6,3÷16)	Средний город, район малоэтажной застройки	333,7÷353,9	643÷681,9
5	2×(10÷25)	Средний город, район многоэтажной застройки	566,5÷626,6	1091,6÷1207,3
6	2×(16÷40)	Крупный город, район многоэтажной застройки, пром. нагрузка	1269,8÷1476,0	2446,9÷2844,1

Из таблиц 2 и 3 видно, что величина допустимых затрат на реализацию схемных решений по снижению несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов в распределительных сетях 0,4–10 кВ превышает величину соответствующих допустимых стоимостей технических средств.

Заключение. На основе проведенных исследований по оценке эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ отметим следующие полученные результаты.

Ухудшение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) приводит к росту потерь электроэнергии, снижению эффективности работы и сокращению срока службы электрооборудования, уменьшению надёжности отдельных электроприёмников и энергосистемы в целом, а также снижению функциональной надёжности средств автоматики и связи. Поэтому выполнение требований ГОСТ Р 32144–2013 в РФ носит обязательный характер.

Проведен анализ мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ, которые предусматривают различные технические и организационные решения в зависимости от особенностей схемных решений распределительных сетей. Снижение несинусоидальности напряжения обеспечивается либо рациональным по-

строением схемы замещения электрической сети предприятия, при которой коэффициент несинусоидальности напряжения будет в допустимых пределах, либо применением специальных схем нелинейных нагрузок, либо использованием корректирующих устройств. Несимметрию напряжений можно ограничить схемными решениями и техническими средствами – симметрирующими устройствами (СУ).

Предложена методика оценки потерь энергии от несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов для основных расчетных схем замещения электрических сетей и примеры расчета потерь электроэнергии, вызываемых высшими гармоническими составляющими. Погрешность расчёта по рассмотренной методике не превышает допустимых 5%.

Предложены основные расчетные модели распределительных сетей 0,4–10 кВ для Белгородских электрических сетей.

Проведена экономическая оценка мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4–10 кВ. Установлено, что значения дополнительных потерь электроэнергии, вызываемых несимметричными и несинусоидальными режимами в распределительных сетях 0,4–10 кВ, в гораздо большей степени зависят от конфигурации и размеров сети, чем от уровня искажений напряжения. При одном и том же уровне коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициентов n -ой гармонической составляющей напряжения $K_{(n)U}$ потери резко возрастают при переходе от радиальной сети 10 кВ малой протяженности в районе малоэтажной застройки к сети средней протяженности в районе малоэтажной застройки, затем к сети в районе многоэтажной застройки. Потери достигают максимального значения в сети большой протяженности в крупном городе. Минимума же потери достигают в сельских распределительных сетях, это обусловлено малой мощностью трансформаторных подстанций и большой длиной линий, выполненных проводниками малых сечений. Потери мощности и электроэнергии, вызываемые несимметрией напряжений, превышают потери, обусловленные наличием высших гармоник напряжения. Допустимые затраты на реализацию схемных решений по снижению несимметрии и несинусоидальности напряжений и токов в распределительных сетях 0,4–10 кВ превышают величину соответствующих допустимых стоимостей технических средств.

Библиография

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. N 400-ст.
2. Национальный стандарт ГОСТ Р 53333-2008 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 декабря 2008 г. N 787-ст
3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 28.12.2013)// Российская газета. - N 23. - 06.02.1996.- N 24. - 07.02.1996; N 25. - 08.02.1996; N 27. - 10.02.1996.
4. Карташев, И. И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения / Под ред. М.А. Калугиной. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 120 с., ил.
6. Качество электрической энергии в мегаполисе: Учебник / О.Г. Гриб, О.Н. Довгальук, М.Н. Нестеров, А.В. Сапрыка, Г.А. Сендерович, В.А. Сапрыка. – БГТУ, Белгород.: 2010. – 297 с.
5. РД 153-34.0-15.502-2002. Методические указания по контролю и анализу качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии. ООО «Научный центр ЛИНВИТ», 2002.
7. Неклепаев, Б. Н., Крючков, И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб.пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.
8. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ.ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. И. Н. Орлов). – 9-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 518 с.
9. Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В. П. Шеховцов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 136 с.
10. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кудрин. – 2-е изд. – М.: Интермент Инжиниринг, 2006. – 276 с.: ил.

11. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.3. Кн. 1. Производство, передача и распределение электрической энергии/Под общ.ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
12. Жежеленко, И.В., Саенко, Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с., 74 ил.
13. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышпредприятий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с., ил.
14. Кожевников, Н. Н., Басова, Т. Ф., Чинакаева, Н. С. и др. Экономика промышленности: Учеб.пособие для вузов. – В 3-х т. Т 2. Экономика и управление энергообъектами. Кн. 2. РАО «ЕЭС России». Электростанции. Электрические сети / Н. Н. Кожевников, Т. Ф. Басова, Н. С. Чинакаева и др.; Под ред. А. И. Барановского, Н. Н. Кожевникова, Н. В. Пирадовой. – М.: Издательство МЭИ, 1998. – 368 с.: ил.
15. Железко, Ю. С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. М.: Энергоатомиздат, 1985.

References

1. The national standard of the Russian Federation GOST R 32144-2013 "Electric energy. Compatibility of technical means is electromagnetic. Norms of quality of electric energy in general-purpose power supply systems " Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of July 22, 2013 N 400-st.
2. National standard GOST R 53333-2008 "Electric energy. Compatibility of technical means is electromagnetic. Quality control of electrical energy in general-purpose power supply systems ". Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 25, 2008 N 787-st
3. The Civil Code of the Russian Federation (Part Two) of 26.01.1996 No. 14-FZ (as amended on December 28, 2013) // The Russian Newspaper. - N 23. - 06.02.1996. - N 24. - 07.02.1996; N 25. - 08.02.1996; N 27. - 10.02.1996.
4. Kartashev, II Quality of electricity in power supply systems. Methods of its control and provision / Ed. M.A. Kalugina. - M. : Publishing house MPEI, 2000. - 120 p., Ill.
6. The quality of electrical energy in a megacity: Textbook / O.G. Mushroom, ON Dovgalyuk, M.N. Nesterov, A.V. Sapryka, G.A. Senderovich, V.A. Sapryka. - BSTU, Belgorod. : 2010. - 297 with.
5. RD 153-34.0-15.502-2002. Methodical instructions for monitoring and analyzing the quality of electricity in general-purpose power supply systems.Part 2.Analysis of the quality of electrical energy.LLC "Scientific Center LINVIT", 2002.
7. Neklepaev, BN, Kryuchkov, IP Electric part of power plants and substations: Reference materials for course and diploma design: Proc. manual for universities. - 4 th ed., Pererab. and additional. - Moscow: Energoatomizdat, 1989. - 608 p. : ill.
8. Electrotechnical handbook: In 4 vol. T. 2. Electrotechnical products and devices / Under the total. Ed. professors MEI VG Gerasimov and others (edited by I. N. Orlov). - 9 th ed., Sr. - Moscow: Publishing house MPEI, 2003. - 518 p.
9. Shekhovtsov, V.P Reference manual on electrical equipment and power supply / VP Shekhovtsov. - Moscow: FORUM: INFRA-M, 2006. - 136 p.
10. Kudrin, B.I. Electrosupply of industrial enterprises: textbook for students of higher educational institutions / BI Kudrin. - 2 nd ed. - Moscow: Intergrain Engineering, 2006. - 276 p. : ill.
11. Electrotechnical handbook: In 3 vol. T.3. Book. 1. Production, transmission and distribution of electrical energy / Under the general. Ed. professors MEI VG Gerasimov, PG Grudinskii, LA Zhukov and others - M. : Energoatomizdat, 1982.
12. Zhezhelenko, I.V, Sayenko, YL. Indicators of power quality and their control at industrial enterprises. - 3rd ed., Pererab. and additional. - Moscow: Energoatomizdat, 2000. - 252 pp., 74 ill.
13. Zhezhelenko, I.V Higher harmonics in power supply systems for industrial enterprises. - 4 th ed., Pererab. and additional. - Moscow: Energoatomizdat, 2000. - 331 p., Ill.
14. Kozhevnikov, NN, Basova, TF, Chinakaeva, NS, and others. The Economics of Industry: Proc. manual for universities. - In 3 T. T. 2. Economics and management of energy facilities.Book.2.RAO UES of Russia.Power stations. Electric networks / NN Kozhevnikov, TF Basova, NS Chinakaeva, etc. ; Ed. A. I. Baranovsky, N. N. Kozhevnikov, N. V. Piradova. -M. : Publishing house MPEI, 1998. - 368 p. : ill.
15. Zhelezko, Yu. S. Compensation for reactive power and improving the quality of electricity. Moscow: Energoatomizdat, 1985.

Сведения об авторах

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, +7-4722-39-11-36, E-mail: elapk@mail.ru.

Килин Станислав Витальевич, старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, +7-920-561-09-74, E-mail: Kilin.St87@yandex.ru.

Соловьёв Сергей Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, +7-904-531-18-47, E-mail: ser-solovyev@mail.ru.

Information about authors

Vendin Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnologies in Agroindustrial Complex, FGBOU VO Belgorod State University, ul. Vavilova, 1, Maisky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, + 7-4722-39-11-36, E-mail: elapk@mail.ru.

Kilin Stanislav V., senior lecturer of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnologies in Agroindustrial Complex, FGBOU VO Belgorod State University, ul. Vavilova, 1, Maisky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, + 7-920-561-09-74, E-mail: Kilin.St87@yandex.ru.

Solovev Sergey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, senior lecturer of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnologies in Agroindustrial Complex, FGBOU VO Belgorod State University, ul. Vavilova, 1, Maisky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, +7-904-531-18-47, E-mail: ser-solovyev@mail.ru.

УДК 631.362.36:635.62

В.А. Гулевский, А.А. Вертуй

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕМ С ШАРНИРНО ПОДВЕШЕННЫМИ КОМБИНИРОВАННЫМИ НОЖАМИ

Аннотация. Эффективность отрасли молочного и мясного скотоводства в значительной степени зависит от качества кормов. В основе рациона крупного рогатого скота (КРС) лежат грубые стебельчатые корма. Для того чтобы КРС тратил как можно меньше энергии на переваривание стебельчатых кормов их необходимо качественно измельчать. Под качественно измельченным стебельчатым кормом понимают сечку с длиной частиц 30–50 мм. Для измельчения стебельчатых кормов нами разработан и изготовлен новый измельчитель, рабочий орган которого снабжен шарнирно подвешенными комбинированными ножами. Процесс измельчения стеблей таким рабочим органом осуществляется с минимальными затратами энергии, поскольку эффективно используется совместное действие скользящего резания и расщепляющего действия рубки. Измельчитель эффективно измельчает как тонкостебельные корма, так и стебли кукурузы и сорго любой влажности. Нами предложены новые математические выражения для расчета производительности и затрат мощности на измельчение, а также проведены экспериментальные исследования. Наибольшее влияние на энергоёмкость процесса измельчения в предложенном измельчителе оказывает подача стебельчатых кормов к рабочему органу. В результате экспериментально-теоретических исследований установлено, что в рациональном интервале частот вращения рабочего органа 950 – 1030 об/мин производительность нового измельчителя составляет 947 кг/ч, а удельная энергоёмкость процесса измельчения составляет 1,08 кВтч/т измельченных стеблей. При этом обеспечивается необходимая длина сечки. Удельная энергоёмкость минимальная, поскольку в рациональном интервале частот вращения рабочего органа производительность нового измельчителя максимальна, а затраты мощности наименьшие. Расхождение результатов, полученных теоретически и экспериментально не превышает 5%.

Ключевые слова: измельчитель кормов, комбинированные ножи, производительность работы установок, энергоёмкость резки стеблей.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL-THEORETICAL STUDIES OF THE ENERGY-INTENSITY OF THE PROCESS OF MILLING STABLE FODDER BY A MIXER WITH SHARPNESS-SUPPORTED COMBINED KNIVES

Annotation. The efficiency of the dairy and beef cattle industry largely depends on the quality of the feed. The basis of the ration of cattle is coarse stalked feed. In order for the cattle to spend as little energy as possible on the digestion of the stalk feeds, they must be crushed qualitatively. By qualitatively crushed stalked forage means a cut with a particle length of 30-50 mm. For grinding the stalk feeds, we designed and manufactured a new chopper, the working organ of which is equipped with pivotally suspended combined knives. The process of shredding stalks in such a working body is carried out with a minimum expenditure of energy, as it effectively uses the combined action of sliding cutting and cleaving steps of the cabin. The shredder effectively grinds both thin-stemmed forage and corn stalks of any moisture. We have proposed new mathematical expressions for calculating the productivity and cost of power for grinding, and also carried out experimental studies. The greatest influence on the energy consumption of the grinding process in the proposed shredder stalked feed provides the feed to the working body. As a result of experimental and theoretical studies, it is established that in a rational interval of rotation of the working body of the 950 – 1030 rpm the productivity of the new shredder is 947 kilograms per hour, and the specific energy intensity of the grinding process is 1,08 kilowatt hours per ton of crushed stems. This ensures the necessary length of the cut. The specific energy is minimal, because in a rational interval of rotation of the working body of the performance of the new shredder maximum, and power costs the least. The discrepancy does not exceed 5% between the results obtained theoretically and experimentally.

Keywords: feed chipper, combination knives, the work's efficiency of the machine, the energy intensity of the cutting of the stems.

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия выращивают большое количество разнообразных сельскохозяйственных культур, после уборки урожая которых остается значительная масса стебельчатого материала. К таким культурам можно отнести кукурузу и сорго. Стебли данных культур нецелесообразно использовать как органическое удобрение, поскольку для их перегнивания в поле необходимо произвести измельчение, затратив недопустимо большое количество энергии. Кроме того, перегнивание измельченных стеблей в почве протекает очень медленно.

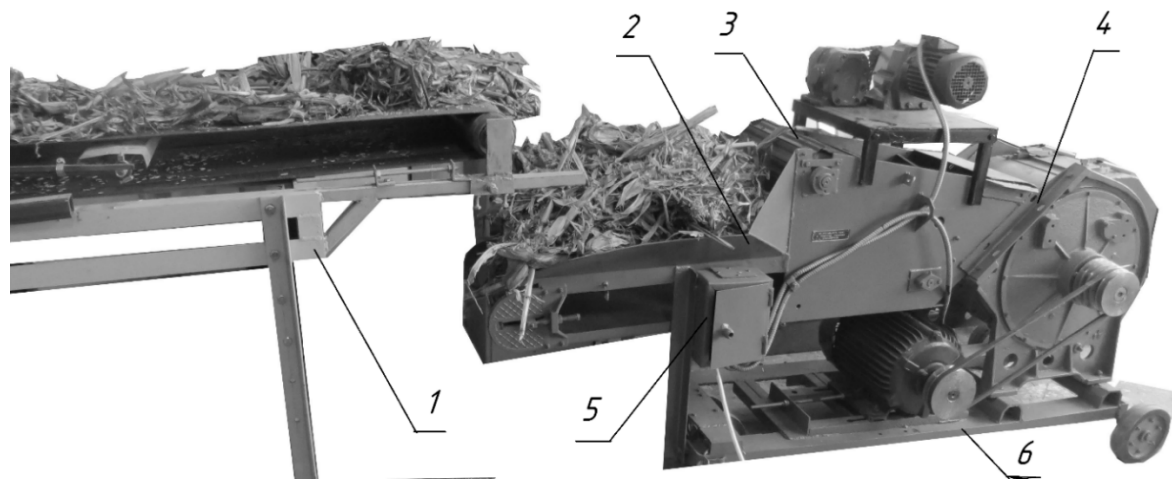
Более эффективно данную стебельчатую массу скормить животным, а в качестве удобрения применить навоз.

Практически все отечественные и зарубежные измельчители грубых кормов разрабатываются для работы со стеблями злаковых культур. Когда возникает необходимость их применения для измельчения прочных толстых стеблей кукурузы или сорго, поступивших на измельчение после уборки их зерновой части, данные измельчители начинают работать крайне неэффективно.

Для решения этой проблемы нами предлагается новая конструкция измельчителя стебельчатых кормов [1–3]. В качестве рабочего органа в новом измельчителе предложен барабан со свободно подвешенными комбинированными ножами, включающими вертикальные клиновидные и поперечные серповидные лезвия [4, 5]. Рабочий орган обеспечивает совмещение способа резания пуансоном (рубки) и резание со скольжением.

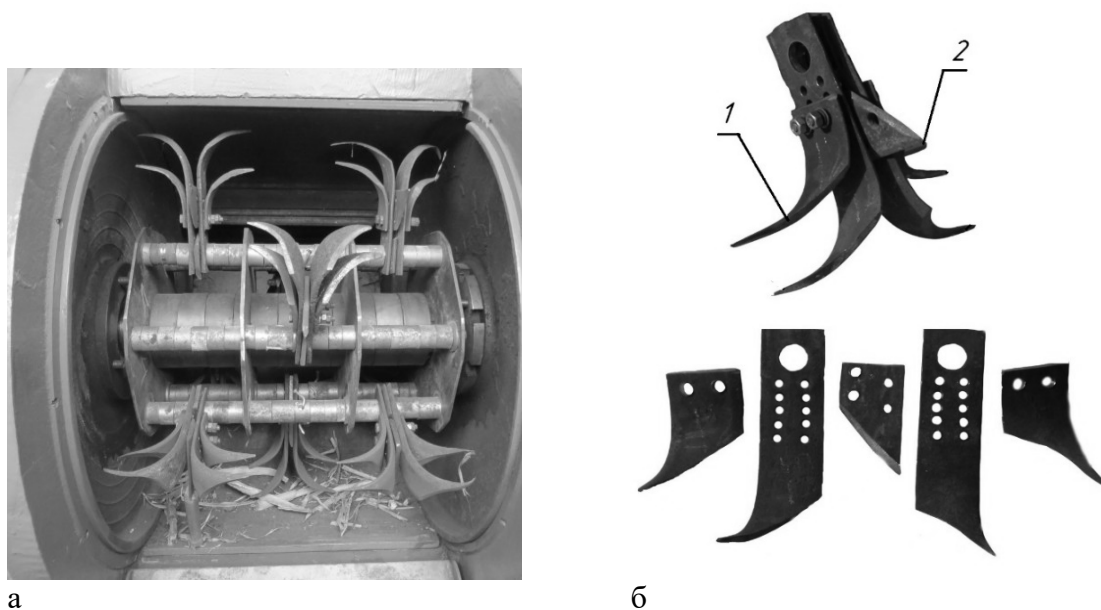
Измельчитель (рисунок 1) работает следующим образом. Неизмельченные стебли укладываются оператором на горизонтальный транспортёр, в результате они, перемещаясь, сжимаются посредством прижимного транспортёра и в спрессованном виде подаются в измельчающий аппарат (рисунок 2), где осуществляется опорное резание [6-9].

Вертикальные клиновидные лезвия расщепляют часть стеблей в продольном направлении, комбинированные ножи теряют скорость, при этом обеспечиваются необходимые условия для скользящего резания поперечными серповидными лезвиями. Это предопределяет снижение сопротивления резанию слоя. [10-12]. Однако ударное действие (рубка) частично сохраняется и отсекаемые частицы стебля расщепляются на куски в результате разрыва армирующих прожилок стебля. Измельченные частички стеблей воздушным потоком выводятся через выгрузную горловину, в которой установлено решето. Решето позволяет недопустимо длинные частички стеблей отправить на доизмельчение.



1 – подающий транспортёр; 2 – питающий транспортёр измельчителя; 3 – наклонный транспортёр измельчителя; 4 – камера измельчения; 5 – пульт управления; 6 – общая рама с системой привода узлов.

Рис. 1. Измельчитель стебельчатых кормов



а – барабан в сборе; б– свободно подвешенный комбинированный нож барабана; 1 – поперечные серповидные лезвия; 2 – вертикальное клиновидное лезвие.

Рис. 2. Рабочий орган нового измельчителя

Производительность предложенного измельчителя определяется из выражения:

$$W_{mv} = \rho_c \cdot K_{ПН} \frac{\beta_1}{\beta_2} \cdot \frac{v_{cl} \cdot \theta}{l_0 \cdot 2\pi} \cdot \psi \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{bl_0}{a} (X_A + X_B 2a) - \frac{2(2a^2 - X_B^2 - X_A^2)}{3 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - (l_0 + (X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha \varphi_0) \cdot (\varphi_B - \varphi_A) + (2\varphi_0 l_0 + (X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha \varphi_0) \cdot k \cdot (\varphi_B^2 - \varphi_A^2) + (l_0 + (X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot k^3 (\varphi_B^3 - \varphi_A^3) \right), \text{ кг/с}, \quad (1)$$

где ρ_c – объёмная масса корма, уплотненная питающим аппаратом, кг/м³;

$K_{ПН}$ – количество поперечных лезвий;

β_1 – угол установки ножей первого яруса до удара, град;

β_2 – угол установки ножей второго яруса после удара, град;

v_{cl} – скорость подачи слоя на измельчение, м/с;

θ – центральный угол между ножами;

l_0 – длина стебля от кромки до точки касания режущего инструмента;

ψ – коэффициент, учитывающий снижение пропускной способности барабанного измельчителя из-за несовершенства питающего аппарата ($\psi = 0,5-0,7$);

φ_0 – начальное угловое положение, архимедовой спирали в полярной системе координат;

φ_A, φ_B – углы поворота луча, по которым перемещается точка, описывающая траекторию спирали;

k – смещение точки по лучу;

a и b – полуоси эллипса, полученного в поперечном сечении стебля при его сжатии;

X_A и X_B – координаты точек исходного условия.

Подробный вывод выражения (1) опубликован в источнике [2].

На основании (1) построена теоретическая зависимость производительности нового измельчителя от частоты вращения его рабочего органа (рисунок 3).

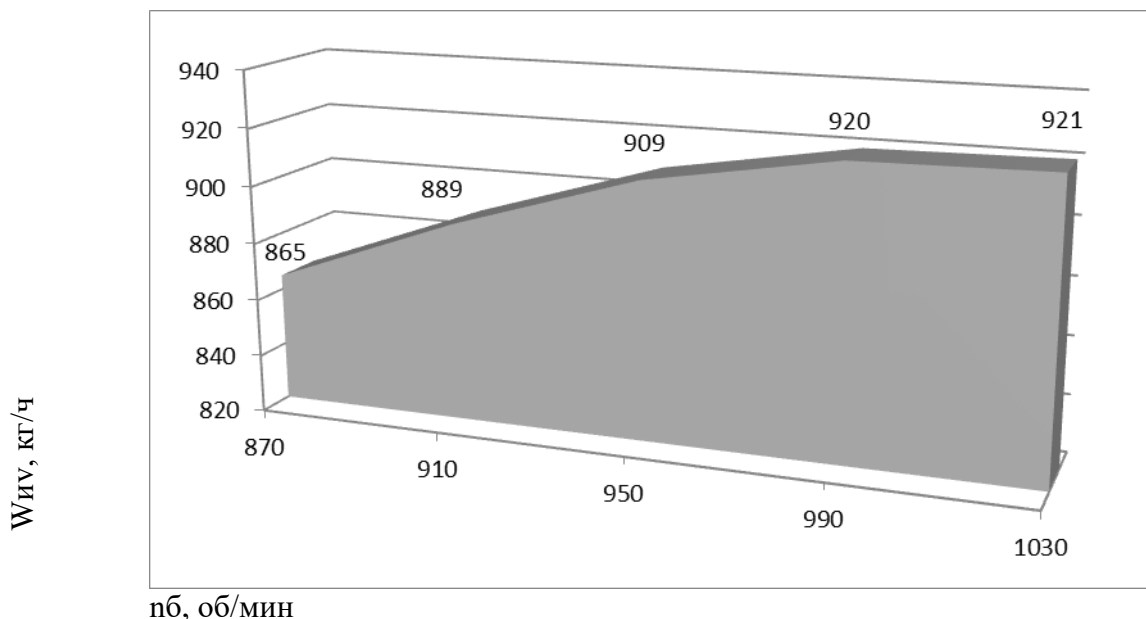


Рис. 3. Теоретическая зависимость производительности нового измельчителя от частоты вращения его рабочего органа

Анализ представленной теоретической зависимости производительности нового измельчителя от частоты вращения его рабочего органа показал, что максимальная производительность достигается в интервале частот вращения рабочего органа 950–1030 об/мин. При этом максимальная теоретическая производительность измельчителя предлагаемой конструкции достигает 921 кг/ч. Также видно, что после 990 об/мин производительность существенно не изменяется. Это указывает на то, что второй ярус лезвий на комбинированных ножах начинает работать неэффективно из-за увеличенного угла установки второго яруса лезвий после удара первым ярусом о стебель.

Увеличение угла установки второго яруса лезвий приводит к тому, что лезвия ножей перестают воздействовать на стебель режущей кромкой и начинают перебивать стебель плоскостью, подобно молоткам. В таких условиях принцип скользящего резания становится неосуществим и эффективность процесса снижается. Увеличение частоты вращения рабочего органа выше 1030 об/мин нецелесообразно, поскольку ножи второго яруса будут работать неэффективно, как следствие измельчающий аппарат, не справляясь с подачей, начнет забиваться и производительность снизится. Влияние угла установки второго яруса лезвий на эффективность процесса измельчения требует дальнейших исследований.

Затраты мощности на измельчение стебельчатых кормов новым измельчителем определяются выражением:

$$N_{\sigma} = \frac{K_{\text{ПН}} \cdot n_{\sigma}}{\Delta S \cdot 60} \cdot \left(\frac{\Delta h_i' \cdot E' \cdot \Sigma S_{\text{II}}}{h_i'} + \frac{\Delta h_i'' \cdot E'' \cdot \Sigma S_o}{h_i''} + \sum_{i=1}^n F_i \right) \times$$

$$\left(\frac{b}{2a} \left(x_A \sqrt{a^2 - x_A^2} + x_C \sqrt{a^2 - x_C^2} \right) + \right.$$

$$\times \left. \frac{ab}{2} \left(\arcsin \frac{x_A}{a} + \arcsin \frac{x_C}{a} \right) - \right.$$

$$\left. - 1,5ab\pi + 0,5x_A y_A (\varphi_o + k\pi)^2 \operatorname{tg} \varphi \right)$$

Вт, (2)

где ΔS – загруженная часть лезвия ножа, м;

пб – частота вращения барабана, об/мин;

hi/ – эквивалентная толщина измельчаемого слоя прожилки стебля, м;

Δh_i – абсолютная деформация измельчаемого слоя прожилок, вызывающая появление разреза, м;

E_i – модуль упругости материала прожилок, МПа;

h_i – толщина измельчаемого слоя основного материала стебля, м;

Δh_i – абсолютная деформация основного материала, вызывающая появление разреза м;

E – модуль упругости основного материала, МПа.

$$\sum_{i=1}^n F_i = F_1 + F_2 + F_3, \quad \text{Н.} \quad (3)$$

где F_1 – абсолютное значение силы трения материала о тыльную часть лезвия, Н;

F_2 – абсолютное значение силы трения материала о вертикальную часть лезвия, Н;

F_3 – абсолютное значение силы трения материала о режущую кромку лезвия, Н.

Подробный вывод выражения (2) опубликован в источнике [3].

На основании (2) построена теоретическая зависимость затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов от частоты вращения его рабочего органа (рисунок 4).

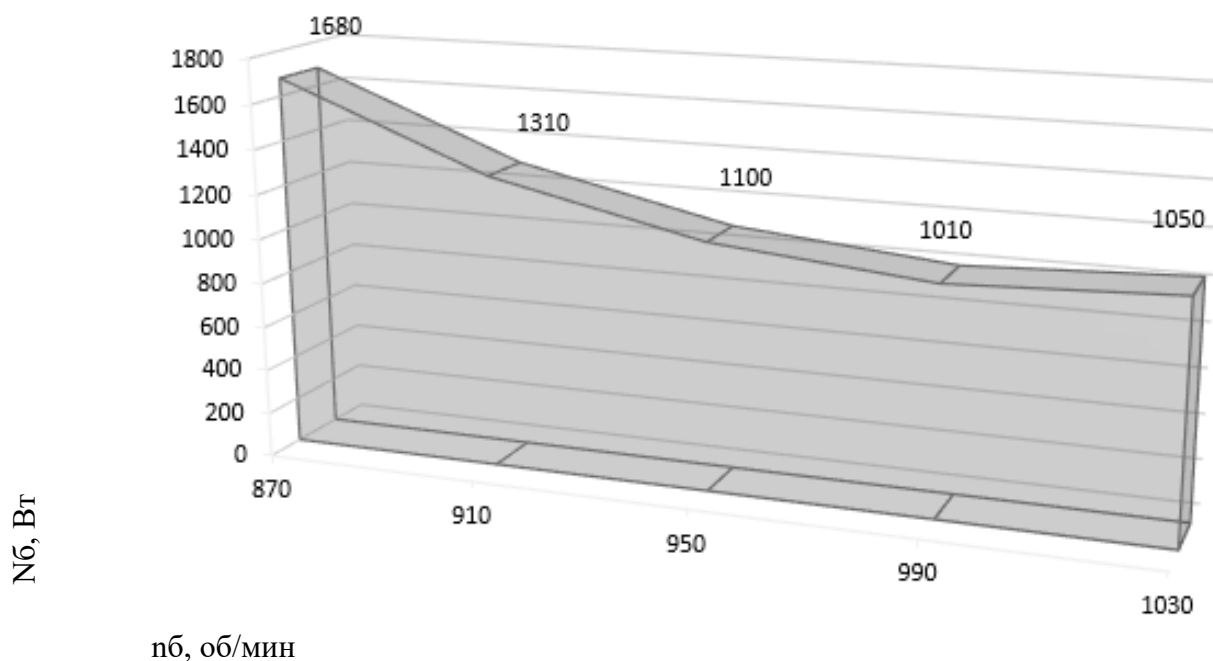


Рис. 4. Теоретическая зависимость затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов от частоты вращения его рабочего органа

Анализируя графическую зависимость (см. рисунок 4) видно, что рациональным является интервал частот вращения рабочего органа 950 – 1030 об/мин. В данном рациональном интервале функция затрат мощности достигает своего минимума (нижний экстремум функции) при частоте вращения рабочего органа 990 об/мин. При уменьшении или увеличении частоты вращения рабочего органа относительно точки нижнего экстремума значение мощности начинает плавно возрастать, что указывает на начало преобладания рубки над скользящим резанием, в следствие чего нерационально используется рабочая часть лезвия (уменьшается его загруженная часть) и увеличиваются абсолютные значения сил трения. [10].

Зная производительность нового измельчителя и затраты мощности на измельчение, можно определить удельную энергоёмкость процесса. Энергоёмкость является показателем эффективности процесса и ее теоретические значения целесообразно сравнивать с экспериментальными данными для определения адекватности теории. [9]. Теоретическая зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения стебельчатых кормов от частоты вра-

щения его рабочего органа приведена на рисунке 5. Зависимость построена на основании вышеприведенных данных.

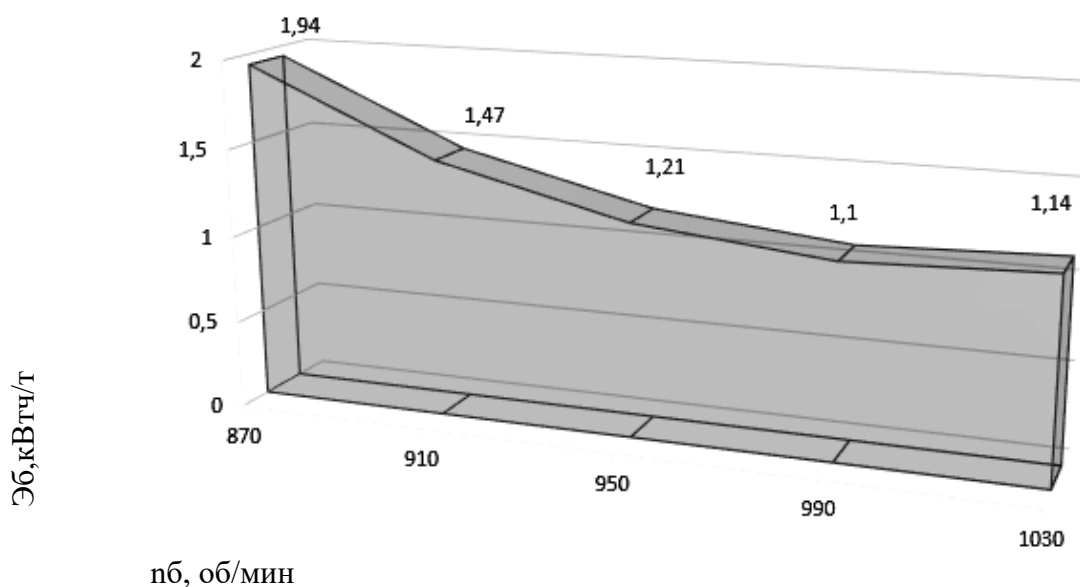


Рис. 5. Теоретическая зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения стебельчатых кормов от частоты вращения его рабочего органа

Анализируя графическую зависимость (см. рисунок 5) видно, что в рациональном интервале частот вращения рабочего органа 950 – 1030 об/мин удельная энергоёмкость минимальная и составляет 1,1 – 1,21 кВтч/т. Удельная энергоёмкость минимальная, поскольку в рациональном интервале частот вращения рабочего органа производительность нового измельчителя максимальна, а затраты мощности наименьшие. [7].

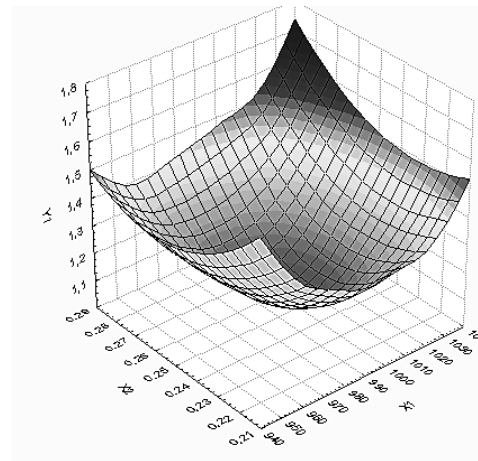
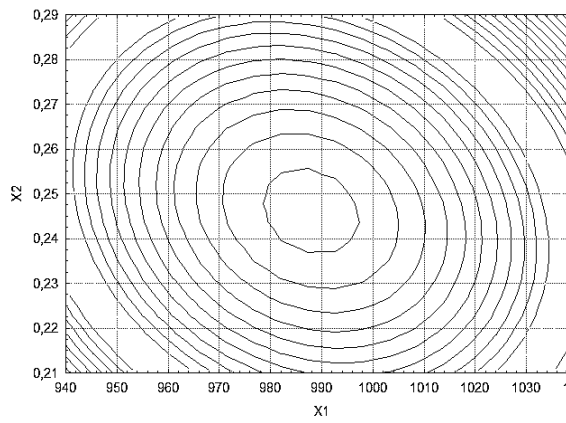
Следующим этапом был проведен трехфакторный эксперимент. Факторы и интервалы их варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Факторы эксперимента и интервалы их варьирования

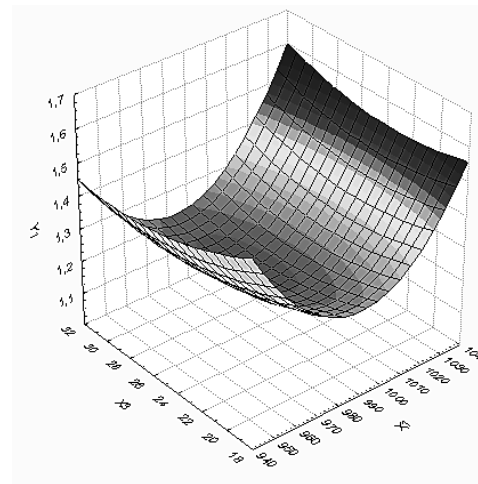
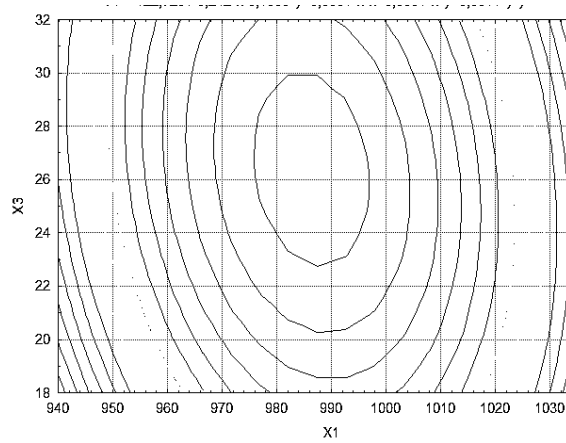
Наименование	Значения		
	Х1 – частота вращения барабана, пб, об/мин.	Х2 - подача кормов в камеру измельчения, qc, кг/с.	Х3 - зазор между серповидными лезвиями ножа, h, мм.
Базовый уровень	990	0,25	25
Интервал варьирования	40	0,03	5
Верхний уровень фактора	1030	0,28	30
Нижний уровень фактора	950	0,22	20
Функция отклика	У – энергоёмкость процесса измельчения грубых и стебельчатых кормов, ЭУ, кВт·ч/т		

Был реализован план Бокса-Бенкина для трех факторов [9]. В результате получены соответствующие поверхности отклика (рисунок 6) и уравнение регрессии в раскодированном виде:

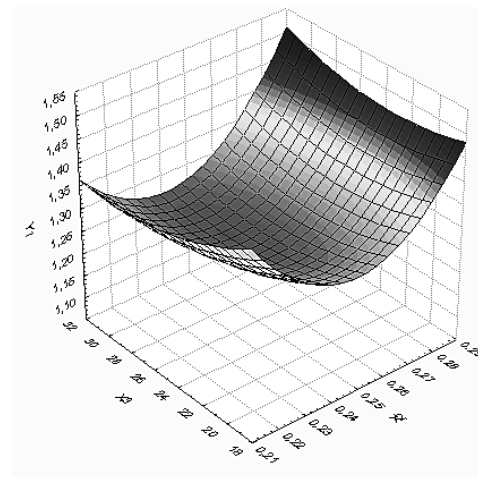
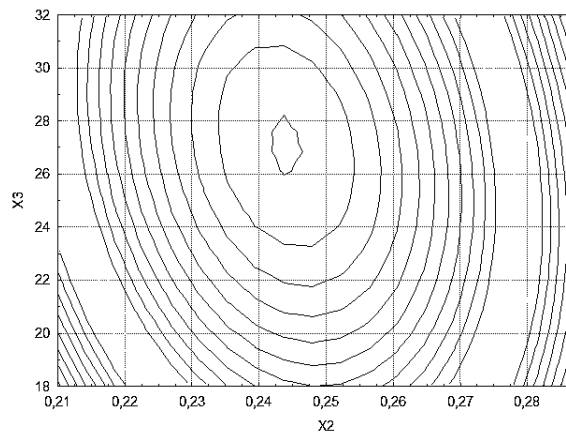
$$\begin{aligned}
 \text{ЭУ} = & 147,799219 - 0,264146 \cdot \text{пб} + 0,000127 \cdot \text{пб}^2 - 109,750000 \cdot \text{qc} + \\
 & + 125,000000 \cdot \text{qc}^2 - 0,213042 \cdot \text{h}^4 - 0,001400 \cdot \text{h}^4 + 0,045833 \cdot \text{пб} \cdot \text{qc} + \\
 & + 0,000112 \cdot \text{пб} \cdot \text{h}^4 + 0,116667 \cdot \text{qc} \cdot \text{h}^4, \text{ кВт·ч/т.}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$



а



б



в

а - X3 ($h_4 = 24$ мм); б - X2 ($q_c = 0,263$ кг/с); в - X1 ($n_b = 988$ об/мин)

Рис. 6. Энергоемкость процесса измельчения стебельчатых кормов при фиксированном значении одного фактора

Графоаналитический анализ экспериментальных данных позволил рассчитать оптимальное сочетание факторов (таблица 2).

Наибольшее влияние на энергоемкость процесса измельчения в предложенном измельчителе оказывает подача стебельчатых кормов к рабочему органу, о чем свидетельствует максимальный коэффициент регрессии (см. выражение 4). Минимально возможная удельная энергоемкость процесса измельчения составляет 1,08 кВт·ч/т.

Таблица 2 - Результаты расчета оптимальных значений факторов

Наименование фактора	Частота вращения барабана, пб, об/мин.	Подача кормов в камеру измельчения, кг/с.	Зазор между серповидными лезвиями ножа, h, мм.	Затраты мощности, Вт
Значение фактора	988	0,263	24	1023
Энергоемкость процесса измельчения ЭУ = 1,08 кВт·ч/т				

В качестве сравнения следует отметить, что энергоёмкость процесса измельчения стебельчатых кормов серийным измельчителем РСС-6Б составляет как минимум 1,7кВт·ч/т [4]. Следовательно, предложенная конструкция измельчителя позволяет получить значительный экономический эффект от экономии электрической энергии.

Результаты экспериментальных исследований согласуются с данными полученными расчетным путем по разработанным ранее математическим моделям. Расхождение результатов теоретических и экспериментальных данных не превышает 5%.

Из вышеизложенного следует, что измельчитель стебельчатых кормов, конструкция рабочего органа которого оснащена шарнирно подвешенными комбинированными ножами, включающими вертикальные клиновидные и поперечные серповидные лезвия, эффективна [5]. Процесс измельчения стеблей таким рабочим органом осуществляется с минимальными затратами энергии, поскольку эффективно используется совместное действие скользящего резания и расщепляющего действия рубки [3]. Экспериментально-теоретическим путем установлено, что оптимальная частота вращения рабочего органа составляет 988 об/мин. При данной частоте вращения достигается наименьшая энергоёмкость процесса измельчения, которая составляет 1,08 кВт·ч/т. Данная энергоёмкость обеспечивается производительностью 946,8 кг/ч (0,263 кг/с) при затратах энергии на измельчение 1,023 кВт.

Библиография

1. Василенко П.М., Василенко И.И. Механизация и автоматизация процесса приготовления и дозирования кормов. М.: Агропромиздат, 1985. 140 с.
2. Вольвак С.Ф., Бахарев Д.Н., Вертий А.А. Теоретические исследования измельчителя стебельчатых кормов с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 3 (11). С. 24-34.
3. Вольвак С.Ф., Бахарев Д.Н., Вертий А.А., Корчагина Е.Е. Теоретическое обоснование затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 1 (13). С. 23-32.
4. Горячкин В.П. Собрание сочинений: в 3 т. М.: Колос, 1968. 484 с.
5. Гулевский В.А., Шацкий В.П. Краткий курс теоретической механики: учебное пособие Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. 178 с.
6. Завражнов А.И. Николаев Д.И. Механизация приготовления и хранения кормов: учеб. пособие для вузов по спец. «Механизация сел. хоз-ва». М.: Агропромиздат, 1990. 336 с.
7. Карпов В.В., Гулевский В.А. Анализ сил взаимодействия рабочих органов гофрощеточных барабанов очистителя кормовых корнеплодов с объектами очистки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. №2 (53). С. 121-127.
8. Машины для измельчения грубых кормов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.newtechagro.ru/inform2/mehanizatsiya_prigotovleniya_kormov/mashinj_dlya_izmelcheniya_grubjh_kormov.html.
9. Мельников С.В. Алешкин В.П., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1980. 168 с.
10. Ревенко И.И. Хмелевский В.С. Совершенствование и обоснование параметров измельчителя и смесителя кормов // Механизация сельскохозяйственного производства. Киев, 1999, С. 139-142.
11. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов М.: Машиностроение, 1975. 311 с.
12. Шипачев В.С. Справочник по высшей математике: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт, 2009. 478 с.

References

1. Vasilenko P.M., Vasilenko I.I. Mechanization and automation of the preparation and dosing of feeds. M.: Agropromizdat, 1985. 140 p.
2. Volvak SF, Bakharev DN, Verti AA Theoretical studies of the shredder of stalked forages with pendant hinged knives // Innovations in the agroindustrial complex: problems and prospects. 2016. No. 3 (11). Pp. 24-34.

3. Volvak SF, Bakharev DN, Verti AA, Korchagina E.E. Theoretical justification of the power costs for crushing stalked forages with a shredder with pendant hinged knives // Innovations in the agroindustrial complex: problems and prospects. 2017. No. 1 (13). Pp. 23-32.
4. Goryachkin V.P. Collected works: in 3 volumes. Moscow: Kolos, 1968. 484 p.
5. Gulevsky VA, Shatsky V.P. A Short Course in Theoretical Mechanics: A Training Manual Voronezh: Voronezh State University of Civil Aviation, 2009. 178 p.
6. Zavrazhnov A.I. Nikolaev D.I. Mechanization of cooking and storing feeds. M.: Agropromizdat, 1990. 336 p.
7. Karpov VV, Gulevsky VA Analysis of the interaction forces of the working organs of corrugated drum drums of the forage root cleaner with cleaning objects // Vestnik Voronezh State Agrarian University. 2017. №2 (53). Pp. 121-127.
8. Machines for grinding coarse feed. [Electronic resource]. - Access mode: http://www.newtechagro.ru/inform2/mehanizatsiya_prigotovleniya_kormov/mashinj_dlya_izmelcheniya_grubjh_kormov.html.
9. Melnikov S.V. Aleshkin VP, Roshchin PM Planning an experiment in research on agricultural processes. L.: Kolos., 1980. 168 p.
10. Revenko I.I. Khmelevsky V.S. Perfection and justification of parameters of a shredder and a feed mixer // Mechanization of agricultural production. Kiev, 1999, Pp. 139-142.
11. Reznik N.E. The theory of blade cutting and the basis for calculating cutting machines. M.: Mashinostroenie, 1975. 311 p.
12. Shipachev V.S. A handbook on higher mathematics: a textbook for high schools. M.: Yurayt, 2009. 478 p.

Сведения об авторах

Гулевский Вячеслав Анатольевич, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I, профессор, доктор технических наук, Воронеж, Российская Федерация, тел. +78(473) 253-81-68

Вертий Александр Анатольевич, заместитель директора по учебной работе государственного бюджетного образовательного учреждения среднего профессионального образования «Краснолучский горнопромышленный колледж», Красный Луч, ЛНР тел.+38(066)4854076, e-mail aleksander-vertij@ya.ru.

Information about authors

Vyacheslav A. Gulevsky, Vice-Rector for Scientific Work of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Professor, Doctor of Technical Sciences, Voronezh, Russian Federation, tel. +78 (473) 253-81-68

AlexanderA.Vertij, deputy director on educational work of State Educational Institution of secondary vocational education «Krasnoluchsky mining and industrial College», Krasnyi Luch, LPR, tel. +38(066)4854076, e-mail: aleksander-vertij@ya.ru

УДК 621.793.14

И.Н. Кравченко, А.А. Коломейченко, М.А. Глинский

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАЛЬЦЕВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК JOHN DEERE МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

Аннотация. На основании условий эксплуатации пневматических сеялок фирмы John Deere 730 в работе приведена информация по ориентировочному ресурсу до замены изношенных пальцев 219468 на новые изделия, а также представлены результаты обработки полученных статистических опытных данных по изношенной информации. Анализ полученных данных показал, что от 86 до 94% дефектованных рабочих наружных цилиндрических поверхностей деталей требуют восстановления. Разработана технология восстановления данной номенклатуры деталей сельхозтехники с помощью плазменного напыления покрытий повышенной толщины путем регулирования остаточных напряжений. Приводятся данные расчета оптимальных режимов напыления покрытий из W, Al₂O₃ и шпинели (MgAl₂O₃ + 30% Al₂O₃) на алюминиевые и стальные подложки. Представлены результаты напыления покрытий максимально возможной толщины до отслаивания при интенсивном охлаждении подложки разбрызгиванием воды из пульверизатора. Приводятся результаты напыления керамики на металл для снижения остаточных напряжений на границе покрытия с основой с использованием технологии нанесения подслоев с промежуточными значениями механических характеристик. Анализ полученных результатов показывает, что применение усовершенствованной технологии позволяет получить гарантированные покрытия из оксида алюминия толщиной 2,5 мм со средним значением прочности сцепления, равным 40 МПа. Результаты анализа данных по получению гарантированного покрытия необходимой толщины из W на Al сплаве при наложении термоупругих напряжений показывают, что применение усовершенствованной технологии плазменного напыления с использованием наложения термоупругих напряжений позволило получить покрытие из вольфрама на алюминиевой основе толщиной в 2–3 раза большей, чем по традиционной технологии. На основе проведенных исследований предложена новая технология получения эрозиянностойких и износостойких покрытий повышенной толщины из керамики Al₂O₃ и ZrO₂ толщиной 2–2,5 мм и тугоплавких металлов W и Mo толщиной 3–4 мм.

Ключевые слова: рабочие поверхности, деталь, выборка, исследование, статистические данные, износ, теоретический закон распределения, плазменное напыление.

DEVELOPMENT OF PNEUMATICAL SEEDING-MACHINE PINS RECONDITION TECHNOLOGY BY HIGH THICKNESS COATINGS PLASMA SPRAYING WITH RESIDUAL STRESSES REGULATION

Abstract. Based on John Deere 730 pneumatical seeding-machine's operating conditions information on the estimated pin's 219468 lifetime represented in the article with the statistical experimental wear data analysis results. Data analysis has showed that from 86 to 94% of examined part's cylindrical surfaces requires reconditioning. Current agricultural machine's parts nomenclature reconditioning technology was developed by the high thickness coatings plasma spraying method with residual stresses regulation. The results of optimal spraying technological parameters calculating for W, Al₂O₃ and spinel (MgAl₂O₃ + 30% Al₂O₃) coatings on aluminum and steel substrates are represented. Results of coatings spraying with maximum possible thickness before peeling with intensive substrate cooling by water splatting from the pulverizer are represented. Results of ceramics spraying on metal substrates to lower the residual stresses on the coating-substrate interface with the applied technology of sublayer spaying with the intermediate mechanical characteristics are represented. Analysis of results received shows that using the proposed improved reconditioning technology allows to produce guaranteed quality coatings from aluminum oxide 2.5 mm thickness with average adhesion strength equal to 40 MPa, Analysis results received of producing of guaranteed quality and required thickness W coatings on Al alloy with thermoelastic stresses application shows that improved technological process with thermoelastic stresses application allows to produce W coatings on Al alloy substrate with thickness 2...3 times higher than for traditional technology. Based on undertaken researches was proposed the new technology of erosion-resistant and wearproof coatings producing with thickness 2...3 times higher than for traditional technology (for ceramics Al₂O₃ и ZrO₂ thickness is 2...2,5 mm and for refractory metals W and Mo thickness is 3...4 mm).

Keywords: work surface, part, selection, research, statistical data, wear, theoretical law of distribution, plasma spraying.

Введение. Наружные цилиндрические рабочие поверхности деталей сельскохозяйственной техники, вследствие абразивного изнашивания, а также атмосферной коррозии, подвергаются значительным износам, приводящим к потере работоспособного состояния (рисунок 1). Ориентировочный ресурс до замены изношенных деталей на новые изделия должен составлять (по данным сервисных предприятий Орловской области): 4000 гектар на один метр ширины захвата орудия.

Общая характеристика оборудования. На рис. 1 представлен изношенный палец 219468 пневматической сеялки John Deere 730 фирмы John Deere. 730. Сеялка используется вместе с пневмоприцепом John Deere 1910. Деталь установлена в узле высевающей секции (двухдисковый сошник). На ней крепится кронштейн опорно-прикатывающего колеса. Количество пальцев зависит от ширины сеялки и междурядья. Сеялки бывают шириной 8,5 метров, 11 метров и 13,4 метра, а междурядье 15 см или 19 см.



Рис. 1. Изношенный палец 219468 пневматической сеялки John Deere 730

Статистические исследования опытных данных по износу. Для получения достоверной информации об износах рабочих наружных цилиндрических поверхностей перечисленных деталей была продефектована выборка в количестве 50 штук. Обработку полученных статистических данных проводили с использованием компьютерного расчета. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Статистические показатели, полученные в результате расчета

Наименование изношенной детали	Теоретический закон распределения (ТЗР) износов	Параметры ТЗР					
		среднеквадратическое отклонение (σ)	коэффициент вариации (V)	износ минимальный (I_{\min}), мм	износ средний ($I_{\text{ср}}$), мм	износ максимальный (I_{\max}), мм	отклонение, %
Пальцы 219468 пневматических сеялок John Deere 730 фирмы John Deere	ЗРВ	0,798	0,670	0,035	0,190	2,500	22,75

Анализ полученных данных показал, что от 86 до 94% продефектованных рабочих наружных цилиндрических поверхностей деталей требуют своего восстановления (рис. 2).

Выбор метода восстановления. Разработано достаточно много перспективных методов восстановления и упрочнения изношенных рабочих поверхностей деталей машин различного назначения [1-12]. Одним из них является нанесение плазменных покрытий. Плазменные покрытия обладают свойствами, существенно отличающимися от свойств исходного материала, что при правильном выборе порошкового материала будет способствовать увеличению ресурса восстановленных рабочих наружных цилиндрических поверхностей деталей машин различного назначения [1, 7, 13-24].

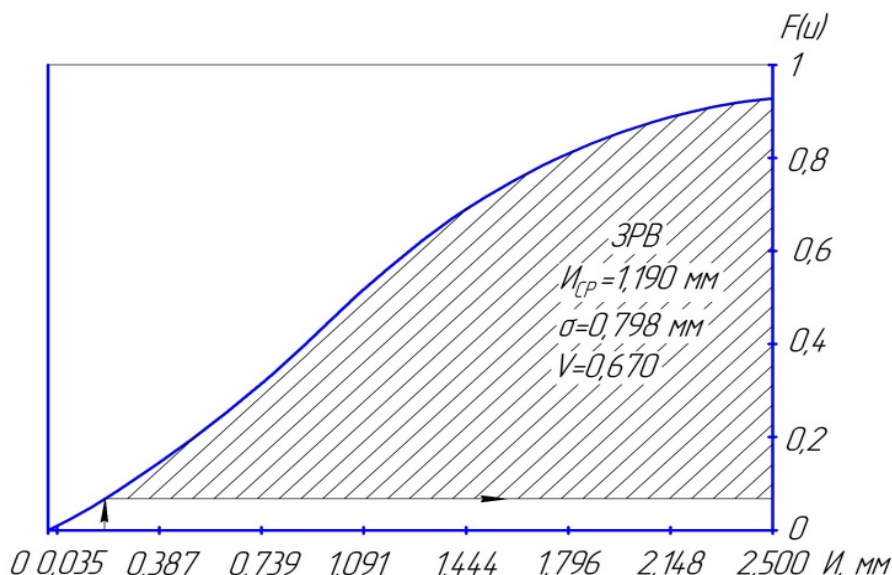


Рис. 2. Теоретическая интегральная кривая распределения износов пальцев 219468 пневматических сеялок John Deere 730

Разработка технологии восстановления. Нами была разработана технология плазменного напыления эрозионно- и износостойких покрытий повышенной толщины путем регулирования внутренних напряжений.

В качестве метода подготовки напыляемой поверхности детали принята дробеструйная обработка.

Основным этапом разработанной технологии является оптимизация режимов напыления V и S , обеспечивающих минимум остаточных напряжений. Данные расчета оптимальных режимов напыления W , Al_2O_3 и шпинели ($MgAl_2O_3 + 30\% Al_2O_3$) на алюминиевые и стальные подложки представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Оптимальные режимы напыления

Материал покрытия	Материал подложки	Расход порошка, г/с	Скорость плазмотрона, мм/с
Вольфрам W	Сталь 10X17H13M2T	0,3...0,4	80...100
	Алюминиевый сплав Д-16	0,2...0,3	60...80
Оксид алюминия Al_2O_3	Сталь 10X17HГ3M2T	0,3...0,4	200...250
	Алюминиевый сплав Д-16	0,1...0,2	150...200
Шпинель $MgAl_2O_3 + 30\% Al_2O_3$	Сталь 10X17H13M2T	0,3...0,4	200...250
	Алюминиевый сплав Д-16	0,2...0,3	180...220

Напыление контрольных образцов с покрытиями максимально возможной толщины до отслаивания показали, что при интенсивном охлаждении подложки разбрызгиванием воды из пульверизатора гарантированного покрытия необходимой толщины удастся достигнуть лишь при напылении W на стальную подложку (рис. 3).

На рисунке 4 представлены зависимости прочности сцепления на отрыв покрытия из вольфрама на стали от толщины покрытия по традиционной технологии с обдувом подложки сжатым воздухом (линия 1) и на оптимальных режимах с охлаждением подложки разбрызгиванием воды (линия 2).

При напылении керамики на металл для снижения остаточных напряжений на границе покрытия с основой, имеющих повышенный уровень из-за большой разницы в КЛР материалов, используют нанесение подслоев с промежуточными значениями механических характеристик.

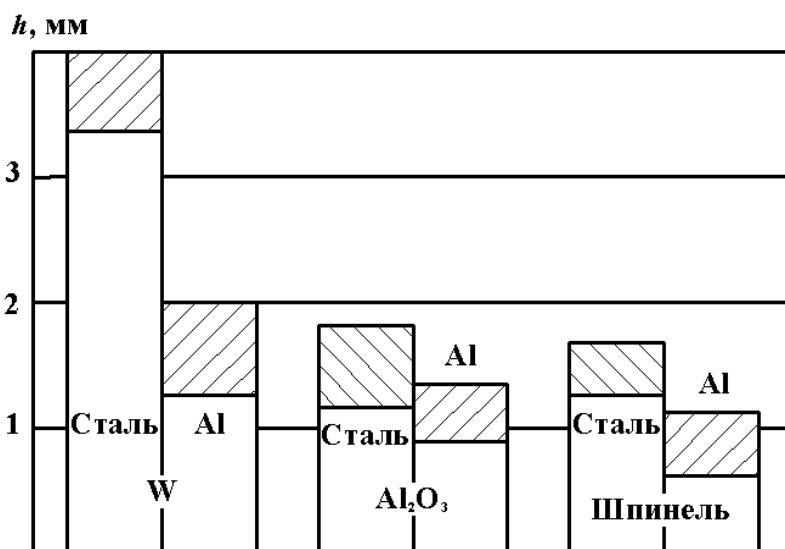


Рис. 3. Максимальные толщины покрытий до отслаивания, полученные при напылении на стальные и алюминиевые подложки с охлаждением водой

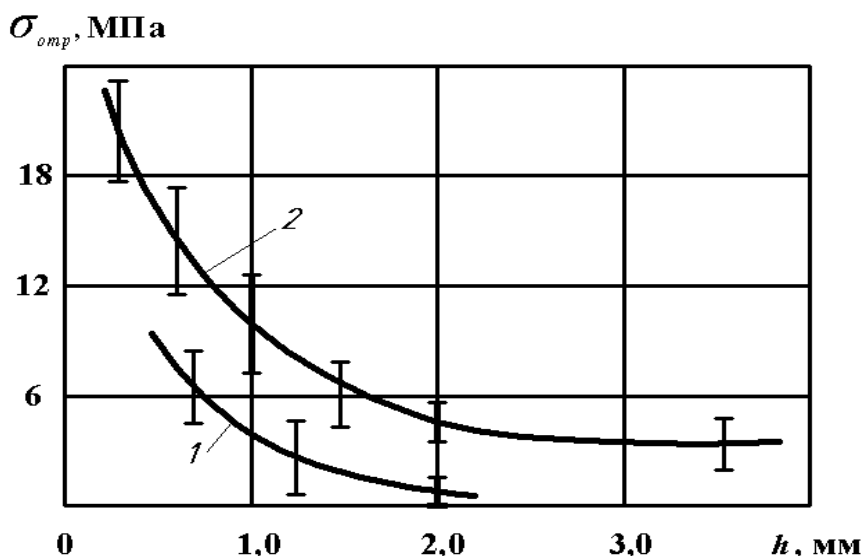


Рис. 4. Зависимость прочности сцепления от толщины покрытия из W со сталью:
 1 – при охлаждении подложки сжатым воздухом
 2 – при интенсивном охлаждении подложки разбрызгиванием воды

На рисунке 5 представлено влияние подслоев на прочность сцепления на отрыв покрытий толщиной $h = 0,7...0,8$ мм из Al_2O_3 на стали и алюминиевом сплаве Д-16 при толщине подслоя $h_{ps} = 0,1$ мм. Наиболее предпочтительным материалом подслоя при напылении Al_2O_3 на сталь является NiAl, а при напылении на алюминиевый сплав – NiCr.

Зависимости прочности сцепления на отрыв покрытия Al_2O_3 с основой из алюминиевого сплава от толщины покрытия без подслоя (линия 1) и с подслоем из NiCr (линии 2 и 3) приведены на рисунке 6.

Анализ результатов исследований нанесенных покрытий. Анализ полученных результатов показывает, что применение усовершенствованной технологии позволяет получить гарантированные покрытия из оксида алюминия толщиной 2,5 мм со средним значением прочности сцепления, равным 40 МПа.

При напылении вольфрама на алюминиевый сплав нанесение подслоев на никелевой основе не привело к существенному повышению прочности сцепления (рис. 7). Гарантированное покрытие из W на Al сплаве необходимой толщины получено при наложении термостойких напряжений.

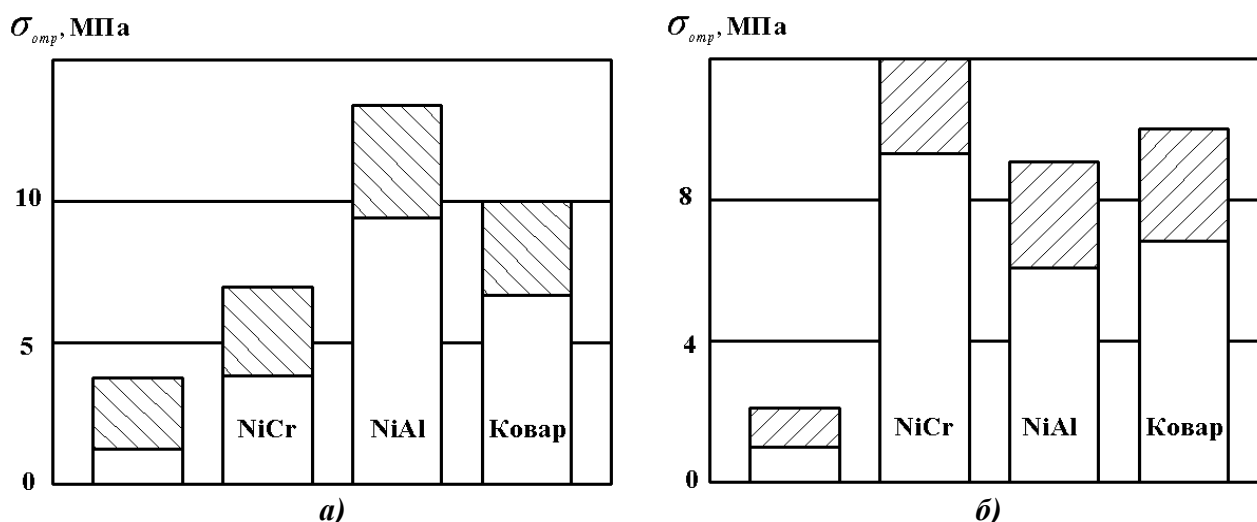


Рис. 5. Влияние материала подслоя толщиной $h = 0,1$ мм на прочность сцепления покрытий из Al_2O_3 на стали (а) и алюминии (б)

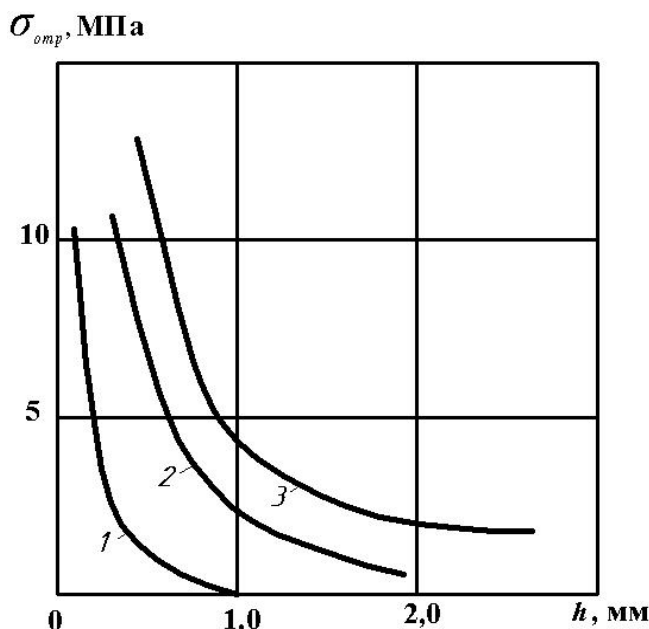


Рис. 6. Зависимость прочности сцепления от толщины покрытия из Al_2O_3 с алюминиевой основой:
 1 – без подслоя; 2 – с подслоем из NiCr толщиной 0,1 мм;
 3 – с подслоем из NiCr, напыленного на оптимальных режимах

Для этого проведен расчет остаточных напряжений в системе «покрытие-основа» с наложением термоупругих напряжений и выявлена температура нагрева равная $320^{\circ}C$, при которой на границе вольфрамового покрытия с алюминиевой основой имеется минимальное напряженное состояние.

На рисунке 8 представлена зависимость прочности сцепления на отрыв от толщины покрытия по обычной технологии (линия 1) и с наложением термоупругих напряжений (линия 2). Представленные зависимости показывают, что применение усовершенствованной технологии напыления с использованием наложения термоупругих напряжений позволило получить покрытие и из вольфрама на алюминиевой основе толщиной в 2...3 раза большей, чем по традиционной технологии.

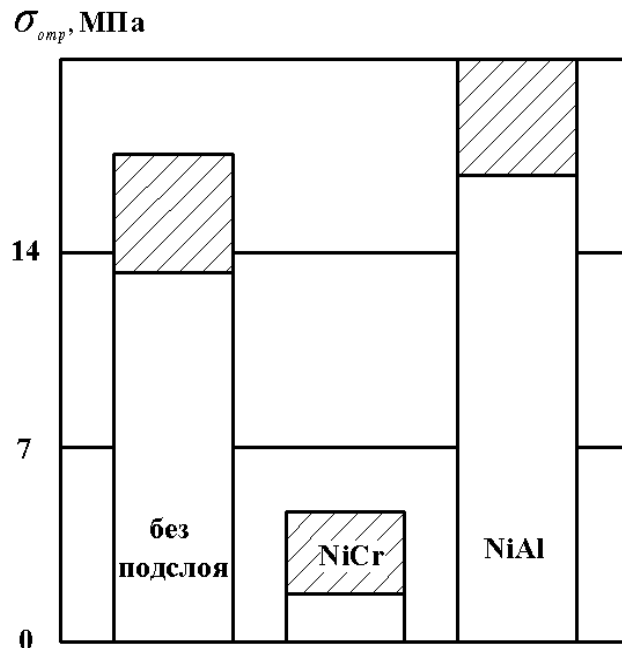


Рис. 7. Влияние материала подслоя толщиной $h = 0,1$ мм на прочность сцепления покрытий из W на алюминии

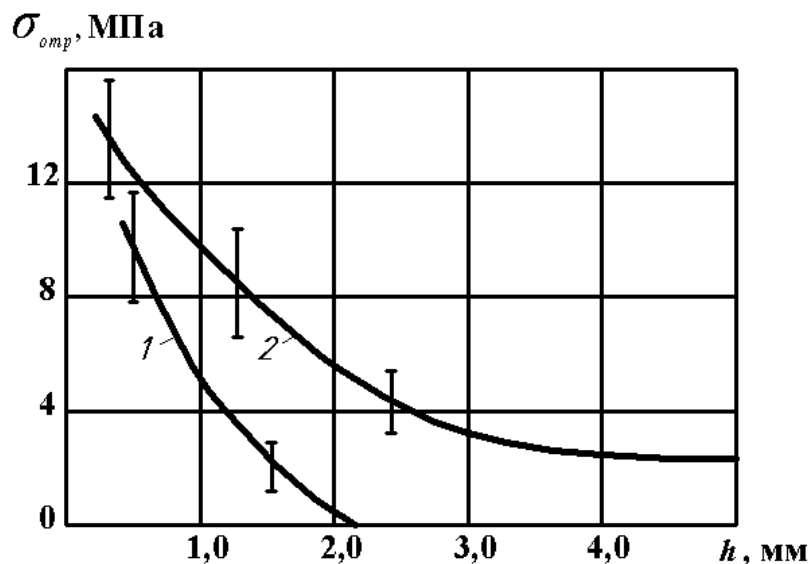


Рис. 8. Зависимость прочности сцепления от толщины покрытия из W с алюминиевой основой: 1 – без наложения термоупругих напряжений; 2 – с наложением термоупругих напряжений

Общие выводы. На основе проведенных исследований разработана новая технология получения эрозионностойких и износостойких покрытий повышенной толщины – в 2-3 раза большей толщины, чем по традиционной технологии (из керамики Al_2O_3 и ZrO_2 толщиной 2...2,5 мм и тугоплавких металлов W и Mo толщиной 3...4 мм). Это позволило увеличить срок службы деталей в 2 раза при обеспечении заданных параметров качества. При этом варьирование режимами позволяет снизить уровень остаточных напряжений при достижении минимума в 3...5 раз.

Библиография

1. Ли, Р.И. Технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники и оборудования перерабатывающих предприятий: учебное пособие / Р.И. Ли – Липецк, Мич ГАУ, 2008. - 322 с.
2. Титов, Н.В. Восстановление и упрочнение стрелчатых лап почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко // Тракторы и сельхозмашины. - 2014. - № 1. - С. 42-43.
3. Коломейченко, А.В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами с применением микродугового оксидирования: монография / А.В. Коломейченко. - Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2013. - 230 с.

4. Литовченко, Н.Н. Нанометаллокерамические порошковые композиты - эффективный материал для упрочнения рабочих органов машин / Н.Н. Литовченко, Н.В. Титов, А.В. Коломейченко [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2013. - № 8. - С. 36-37.
5. Михальченков, А.М. Восстановление отвалов абразивостойким дисперсионно-упрочненным композитом на основе эпоксидной смолы / А.М. Михальченков, Р.Ю. Соловьев, Я.Ю. Бирюлина // Тракторы и сельхозмашины. - 2015. - №3. - С. 49-51.
6. Михальченков, А.М. Влияние технологии двухслойной наплавки низкоуглеродистыми электродами на интенсивность изнашивания и ресурс восстановленных плужных лемехов / А.М. Михальченков, А.А. Локтев, М.А. Михальченкова // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2017. - Т. 13. - № 7 (151). - С. 296-298.
7. Коломейченко, А.В. Технология ремонта машин. Лабораторный практикум: учебное пособие. Часть II. / А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, Н.В. Титов [и др.]. - Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2013. - 156 с.
8. Коломейченко, А.В. Теория и практика электроискрового упрочнения режущих деталей машин аморфными и нанокристаллическими сплавами: монография / А.В. Коломейченко, И.С. Кузнецов. - Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2015. - 174 с.
9. Новиков, А.Н. Технология ремонта машин: учебное пособие для курсового проектирования / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева, А.В. Коломейченко. - Орел: Изд-во ГУ-УНПК, 2003. - 59 с.
10. Коломейченко, А.В. Применение газодинамического напыления и МДО для восстановления с упрочнением деталей сельскохозяйственной техники / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов, В.Н. Логачев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2013. - № 2. - С. 03-05.
11. Коломейченко, А.В. Исследование технологических возможностей карбовибродугового метода упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов, Н.А. Кондрахин [и др.]. // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 2 (212). - С. 24-26.
12. Михальченков, А.М. Влияние приемов сварки на уровень остаточных напряжений при заделке трещин в корпусных деталях из серого чугуна / А.М. Михальченков, В.П. Лялякин, Р.Ю. Соловьев // Сварочное производство. - 2017. - № 4. - С. 27-32.
13. Кравченко, И.Н. Модель определения остаточных напряжений в плазменных покрытиях / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, Ю.Н. Баранов [и др.]. // Сварочное производство. - 2016. - № 12. - С. 30-34.
14. Пузряков, А.Ф. Исследование свойств плазменных покрытий на основе применения регрессионного анализа / А.Ф. Пузряков, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко [и др.]. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - №10. - 2015. - С. 28-32.
15. Кравченко, И.Н. Тепловая эффективность при плазменной наплавке порошковыми материалами / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, Р.Ю. Соловьев [и др.]. // Технология машиностроения. - 2016. - № 12. - С. 38-47.
16. Кравченко, И.Н. Исследование процесса плазменного напыления самофлюсующихся сплавов выносной дугой с оплавлением покрытия / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, А.А. Коломейченко [и др.]. // Сварочное производство. - 2016. - № 10. - С. 22-25.
17. Пузряков, А.Ф. Новые подходы к повышению ресурса деталей машиностроения методами газотермического напыления наноструктурированных материалов / А.Ф. Пузряков, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко [и др.]. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2014. - № 6. - С. 32-35.
18. Кравченко, И.Н. Исследование износостойкости плазменных покрытий в абразивной среде / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, Р.Ю. Соловьев [и др.]. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2016. - № 10. - С. 9-11.
19. Kravchenko, I.N. Plasma spraying of self-fluxing alloys with a remote arc with melting of the coating / I.N. Kravchenko, A.A. Kolomeychenko, D.M. Butenko, A.V. Kolomeichenko // Welding International. 2017. Т. 31. № 9. С. 722-724.
20. Kravchenko, I.N. A model for determination of residual stresses in plasma coatings / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, I.E. Pupavtsev, Y.N. Baranov, A.A. Puzryakov, R.Y. Solovev // Welding International. 2017. Т. 31. № 10. С. 809-813.
21. Kravchenko, I.N. Thermal efficiency of plasma-jet deposition of powder materials // I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, I.E. Pupavtsev, R.Y. Solovev, Y.N. Baranov // Welding International. 2018. Т. 32. № 1. С. 54-61.
22. Кравченко, И.Н. Оценка остаточных напряжений и прочности покрытий повышенной толщины при послойном их формировании / И.Н. Кравченко, О.В. Закарчевский, Ю.В. Катаев, А.А. Коломейченко // Труды ГОСНИТИ. - 2017. - Т. 127. - С. 171-175.
23. Кравченко, И.Н. Многокритериальная оценка прочности системы «покрытие-основа» при сложнонапряженном состоянии / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, А.А. Пузряков, А.А. Коломейченко // Технология машиностроения. - 2015. - № 11. - С. 33-37.
24. Кравченко, И.Н. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования: учебное пособие / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, В.М. Корнеев [и др.]. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 346 с.

References

1. Li, R.I. Agricultural machines and reprocessing factories equipment's parts reconditioning: tutorial / R.I. Li – Ljpetsk, Mich GAU, 2008. - 322 p.
2. Titov, N.V. Soil-cultivating machines A-hoe blades reconditioning and hardening with metal-ceramic materials / N.V. Titov, A.V. Kolomeychenko // Tractors and agricultural machines. - 2014. - № 1. - p. 42-43.
3. Kolomeychenko, A.V. Machine parts durability increase technology by combined methods work surfaces reconditioning and hardening with micro-arc oxide coating usage: monography / A.V. Kolomeychenko. - Orel: Publ. Orel GAU, 2013. - 230 p.
4. Litovchenko, N.N. Nanometal-ceramic powder composites – effective material for machine's operating elements hardening / N.N. Litovchenko, N.V. Titov, A.V. Kolomeychenko [and others] // Repair. Reconditioning. Modernization. - 2013. - № 8. - p. 36-37.
5. Mikhhalchenkov, A.M. Blades reconditioning by abrasion resistant dispersion-hardened composite based on epoxy resin / A.M. Mikhhalchenkov, R.Yu. Solovyov, Ya.Yu. Biryulina // Tractors and agricultural machines. - 2015. - №3. - p. 49-51.
6. Mikhhalchenkov, A.M. Double-layer low-carbon electrodes welding influence on wear intensity and lifetime of reconditioned plough shares / A.M. Mikhhalchenkov, A.A. Loktev, M.A. Mikhhalchenkova // Hardening technologies and coatings. - 2017. - v. 13. - № 7 (151). - p. 296-298.
7. Kolomeychenko, A.V. Machine's repair technology: Laboratory session: tutorial. Part II. / A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev, N.V. Titov [and others]. - Orel: Publ. Orel GAU, 2013. - 156 p.
8. Kolomeychenko, A.V. Theory and practice of machine's cutting parts electrical-discharge hardening with amorphous and nanocrystal alloys: monography / A.V. Kolomeychenko, I.S. Kuznetsov. - Orel: Publ. Orel GAU, 2015. - 174 p.
9. Novikov, A.N. Machine's repair technology: tutorial for design coursework / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva, A.V. Kolomeychenko. - Orel: Publ. GU-UNPK, 2003. - 59 p.
10. Kolomeychenko, A.V. Gas-dynamic spraying and micro-arc oxide coating application for agricultural technics reconditioning with hardening / A.V. Kolomeychenko, N.V. Titov, V.N. Logachev // Repair. Reconditioning. Modernization. - 2013. - № 2. - p. 03-05.
11. Kolomeychenko, A.V. Research of carbobibro-arc method capabilities for soil-cultivating machine's operating elements hardening / A.V. Kolomeychenko, N.V. Titov, N.A. Kondrakhin [and others]. // Technics and equipment for the village. - 2015. - № 2 (212). - p. 24-26.
12. Mikhhalchenkov, A.M. Impact of the welding techniques on the residual stresses level within the cracks sealing in the body parts made from grey iron / A.M. Mikhhalchenkov, V.P. Lyalyakin, R.Yu. Solovyov // Welding facilities. - 2017. - № 4. - p. 27-32.
13. Kravchenko, I.N. Model of residual stresses determination in plasma coatings / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, Yu.N. Baranov [and others]. // Welding facilities. - 2016. - № 12. - p. 30-34.
14. Puzryakov, A.F. Plasma coating properties investigation based on regression analysis approach / A.F. Puzryakov, I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko [and others]. // Repair. Reconditioning. Modernization. - №10. - 2015. - p. 28-32.
15. Kravchenko, I.N. Thermal effectiveness during powder materials plasma welding / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, R.Yu. Solovyov [and others]. // Manufacturing engineering. - 2016. - № 12. - p. 38-47.
16. Kravchenko, I.N. Research of plasma spraying process of self-fluxing alloys with remote arc with coating washing / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, A.A. Kolomeychenko [and others]. // Welding facilities. - 2016. - № 10. - p. 22-25.
17. Puzryakov, A.F. New approaches for machine part's lifetime increase by the nanostructured materials thermal gas spraying methods / A.F. Puzryakov, I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko [and others]. // Repair. Reconditioning. Modernization. - 2014. - № 6. - p. 32-35.
18. Kravchenko, I.N. Wear resistance investigation of plasma coatings in the abrasive environment / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, R.Yu. Solovyov [and others]. // Repair. Reconditioning. Modernization. - 2016. - № 10. - p. 9-11.
19. Kravchenko, I.N. Plasma spraying of self-fluxing alloys with a remote arc with melting of the coating / I.N. Kravchenko, A.A. Kolomeychenko, D.M. Butenko, A.V. Kolomeychenko // Welding International. 2017. T. 31. № 9. C. 722-724.
20. Kravchenko, I.N. A model for determination of residual stresses in plasma coatings / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, I.E. Pupavtsev, Y.N. Baranov, A.A. Puzryakov, R.Y. Solovev // Welding International. 2017. T. 31. № 10. C. 809-813.
21. Kravchenko, I.N. Thermal efficiency of plasma-jet deposition of powder materials // I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, I.E. Pupavtsev, R.Y. Solovev, Y.N. Baranov // Welding International. 2018. T. 32. № 1. C. 54-61.
22. Kravchenko, I.N. Residual stresses and adhesive strength estimation of high thickness coatings within layer-by-layer formation / I.N. Kravchenko, O.V. Zakarchevskiy, Yu.V. Kataev, A.A. Kolomeychenko // GOSNITI memoirs. - 2017. - v. 127. - p. 171-175.
23. Kravchenko, I.N. Multicriterial estimation of "coating-substrate" system strength under complex stress condition / I.N. Kravchenko, A.F. Puzryakov, A.A. Puzryakov, A.A. Kolomeychenko // Manufacturing engineering. - 2015. - № 11. - p. 33-37.

24. Kravchenko, I.N. Technological processes in machines and equipment technical service: tutorial / I.N. Kravchenko, A.F. Puzryakov, V.M. Korneev [and others]. - М.: INFRA-M, 2017. - 346 p.

Сведения об авторах

Кравченко Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис в АПК», Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

Коломейченко Анастасия Александровна, инженер, аспирант кафедры «Технический сервис в АПК», Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. E-mail: kolom.anastasiya@gmail.com

Глинский Максим Александрович, инженер, соискатель кафедры «Технический сервис в АПК», Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. E-mail: maximagl@yandex.ru

Information about authors

Kravchenko Igor Nikolayevich, Doctor of Technical Science, professor of chair «Technical service in agricultural complex», Russian state agricultural university – MACA named K.A. Timiryazev; 49, Timiryazevskaya str, Moscow, Russia. E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru.

Kolomeychenko Anastasia Alexandrovna, engineer, research student of chair «Technical service in agricultural complex», Russian state agricultural university – MACA named K.A. Timiryazev; 49, Timiryazevskaya str, Moscow, Russia. E-mail: kolom.anastasiya@gmail.com

Glinskiy Maxim Alexandrovich, engineer, research student of chair «Technical service in agricultural complex», Russian state agricultural university – MACA named K.A. Timiryazev; 49, Timiryazevskaya str, Moscow, Russia. E-mail: maximagl@yandex.ru

УДК 621.886.63

О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ «ВАЛ-ВТУЛКА СО ШПОНКОЙ» РЕДУКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. Рассмотрены особенности применения в сельскохозяйственной технике и характеристики посадок соединений «вал – втулка со шпонкой». Надежность этих соединений низкая, что связано не только с качеством материалов изготовления деталей, но и с видом посадок. Наличие зазора, в начале эксплуатации таких соединений, приводит к фреттингу, микросрывам, образованию частиц износа внутри соединений и увеличению скорости изнашивания. В открытых соединениях в зазор попадают и частицы пыли, влаги и почвы. Все это приводит не только к значительному износу поверхностей деталей, но и к коррозии. Разработана методика расчета посадок с учетом ограничения величины наибольшего натяга по условиям возможной разборки-сборки в полевых условиях, ограничения величин шероховатостей отверстия и вала для формирования качественной площади контакта для цикла разборки – сборки, а также учета влияния консольной и радиальной сил, которые могут не только раскрывать стык соединения в пределах упругой деформации контактирующих поверхностей деталей при малых величинах натягов, но и влиять на допускаемые величины давлений в посадке. Усовершенствованы рекомендации по тепловому расчету измерений размеров деталей в посадке для случая отличия сопрягаемых материалов. В расчет наибольшего натяга введен динамический коэффициент посадки. Выбраны посадки для соединений унифицированных редукторов Н090.20 АО «Моссельмаш». В результате анализа динамики изнашивания выявлено, что интенсивность изнашивания расчетного соединения звездочки с валом $\varnothing 30H6/v6$ при переходе к гарантированным натягам снизилась 12 раз по сравнению с серийным $\varnothing 30^{+0,17/-0,05}$, а интенсивность изнашивания расчетного соединения шестерни редуктора $\varnothing 40H9/x8$ снизилась в 3 раза по сравнению с серийным $\varnothing 40H7/k6$.

Ключевые слова: посадка, натяг, допуск размера, допуск посадки, шероховатость поверхности, относительная износостойкость, способы восстановления.

RATIONING OF ACCURACY OF CONNECTIONS "SHAFT SLEEVE WITH KEY" GEARBOXES AGRICULTURAL MACHINERY

Abstract. The special aspect of ‘‘shaft bushing with key’’ were discussed. The reliability of such connections is low, it connects not only because of the material quality for details, but with the class of fit. The presence of a gap at the beginning of the operation of such compounds immediately leads to fretting, microbursts, the formation of wear particles inside the joints, and an increase in the rate of wear. In open joints there are dust particles, wet and ground residues. All of these can cause the corrosion. A special procedure for calculating landings has been developed, taking into account the limitation of the maximum tightness due to the condition of possible disassembly - assembling in the field, limiting the values of the roughness of the hole and shaft to form a qualitative contact area for the disassembly - assembly cycle, and also taking into account the influence of cantilever and radial forces that may not only to reveal the junction of the joint within the elastic deformation of the contacting surfaces of the parts at low values of the interference, but also to influence the permissible values of the pressures to fit. The recommendations on the thermal calculation of the measurement of the dimensions of parts in the landing are improved in the case of a difference in the mating materials. In calculating the maximum fits, a dynamic landing factor. Landings for fits of standardized reducers - Н090.20 АО «Mossemash». As a result of the dynamics of wear, it was found that the wear rate of the calculated connection of the sprocket with the shaft $\varnothing 30H6/v6$, at transition to the guaranteed ferrules it has decreased 12 times, on an equal basis with a serial $\varnothing 30^{+0,17/-0,05}$, wear rate of the gear reducer gear connection $\varnothing 40H9/x8$ has decreased 3 times, than at serial $\varnothing 40H7/k6$.

Keywords: fit, allowance, dimension tolerance, fit tolerance, rub, relative wear resistance, restoring methods.

Актуальность темы. Концепция модернизации инженерно-технической системы сельского хозяйства России до 2020 года предусматривает постоянный рост показателей безотказности сельхозмашин [1], а задачи повышения производственной надежности приводов и трансмиссий машин, используемых в АПК России, остаются особо актуальными [2], [3]. Отказы и простои техники, особенно в периоды сезонных сельскохозяйственных работ, приводят к значительным экономическим потерям, а повышение их долговечности приносит ощутимый экономический эффект [4]. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества – это многоцелевая задача, которая решается с помощью новых методов и технологий [5]. Следует обращать внимание и на изменения в международной единой системе допусков и посадок (ЕСДП) [6].

В различных сельскохозяйственных машинах универсального и специального назначения в агрегатах и узлах, при передаче вращений и моментов используются редукторы, ременные и цепные передачи. В этих типах приводов чаще всего применяются цилиндрические соединения со шпонкой [7].

Надежность цилиндрических соединений со шпонкой низкая, это связано не только с качеством материалов изготовления деталей, но и с видом посадок [8]. Взаимосвязь точности и надежности соединений выражается в модели параметрического отказа [9]. Анализ нормативной документации показывает, что посадки с зазором в этих соединениях применяются в 60 % случаев, а переходные посадки имеют применяемость в 40 % случаев, посадок с натягом практически нет. Наличие зазора в начале эксплуатации таких соединений сразу приводит к фреттингу, микросрывам, образованию частиц износа внутри соединений и увеличению скорости изнашивания. В открытых соединениях в зазор попадают и частицы пыли, влаги и почвы. Все это приводит не только к значительному износу поверхностей деталей, но и к коррозии. Увеличение зазора, в свою очередь, приводит к биениям, снятиям поверхностей и пластическим деформациям. Данные изменения в цилиндрическом соединении оказывают негативное влияние на износ шпонки и ее пазов.

Результаты исследований и их анализ. Расчет натягов по классической методике для данного типа соединений использовать нерационально в связи с тем, что требуется обеспечить возможность разборки и последующей сборки соединений в рабочих условиях – на поле, с ручным инструментом – съемником [10]. Возникает необходимость разработки специальной методики, когда требуется определять величину наибольшего натяга по условию возможной разборки, ограничения величин шероховатостей отверстия и вала для формирования качественной площади контакта для цикла разборки – сборки, а также нужно учесть при расчете влияние консольной и радиальной сил, которые могут не только раскрывать стык соединения в пределах упругой деформации контактирующих поверхностей деталей при малых величинах натягов, но и влиять на допускаемые величины давлений в посадке.

Усовершенствованы рекомендации по тепловому расчету измерения размеров деталей в посадке в случае отличия сопрягаемых материалов. С целью учета условий функционирования, беря за основу методику расчета и выбора посадок циркуляционно-нагруженного кольца подшипника качения, в зависимости по расчету наибольшего натяга предложено ввести динамический коэффициент посадки [11]. Для ответственных соединений со шпонкой унифицированных редукторов Н090.20 АО «Моссельмаш» были определены величины натягов по разработанной методике. Результаты расчета приведены в табл. 1. Условие разборки – сборки необходимо соблюдать только для соединения звездочки с валом, а соединение шестерни с валом установлено в закрытом редукторе, который подлежит ремонту только на специализированных предприятиях.

Анализ динамики изнашивания соединений с серийными и расчетными посадками показал, что скорость изнашивания расчетного соединения звездочки на вал $\varnothing 30H6/v6$ в 12 раз меньше, чем скорость изнашивания серийного соединения $\varnothing 30 (+0,17/-0,05)$, что обусловлено наличием наибольшего зазора $S_{\max}=0,22$ мм в серийной посадке, что гарантированно ведет к износу. Скорость изнашивания расчетного соединения шестерни $\varnothing 40H9/x8$ в 3 раза меньше, чем скорость изнашивания серийного соединения $\varnothing 40H7/k6$, которое начинает работу с наибольшего зазора $S_{\max}=0,023$ мм.

Существенное снижение скорости изнашивания соединения звездочки с валом $\varnothing 30$ мм обусловлено корректировкой точностных параметров посадки, так как допуски уменьшились в 5 и более раз, произошла стабилизация параметров, а при переходе в посадке от зазоров к гарантированным натягам отсутствует фреттинг и не формируются продукты износа. Но такие качества в посадке требуют обоснованного выбора средств измерений для контроля качества обработки и соблюдения отклонений размеров [12].

Таблица 1 - Расчет посадок для соединений валов с втулкой звездочки и валов с втулкой шестерни унифицированных редукторов Н090.20

Параметр	Ед. изм.	Обозначение	Значение	
			Соединение звездочки	Соединение шестерни
Диаметр соединения	м	d_n	0,03	0,04
Наибольший момент	Н·м	T	150	150
Радиальная сила	Н	P_r	3590	3880
Наименьшее давление	Па	$p_{r \min(l)}$	$26,53 \cdot 10^6$	$11,05 \cdot 10^6$
Наименьшее давление	Па	$p_{r \min(r)}$	$2,99 \cdot 10^6$	$2,16 \cdot 10^6$
Коэффициент Ламе вала	–	C_d	0,97	0,72
Коэффициент Ламе втулки	–	C_D	2,38	2,22
Поправка на смятие шероховатости	мкм	ΔN_R	16,8 (13,1)*	3,9
Допустимое значение поправки на смятие шероховатости	мкм	$[\Delta N_R]$	13,1	13,1
Температурная поправка	мкм	ΔN_t	-1,6...0,8	–
Наибольший технологический натяг из условия разбитаемости	мкм	N_{Tmax}	73,6	–
Наибольший технологический натяг из условия прочности	мкм	N_{Tmax}	–	121,2
Наименьший технологический натяг из условия отсутствия сдвига	мкм	N_{Tmin}	39,4	15,4
Наименьший технологический натяг из условия отсутствия раскрытия стыка	мкм	N_{Tmin}	15,4	5,2
Стандартная посадка из условия отсутствия сдвига	–	–	$\varnothing 30H6/v6$	$\varnothing 40H9/x8$
Стандартная посадка из условия отсутствия раскрытия стыка	–	–	$\varnothing 30H8/u7$	$\varnothing 40H9/v8$

* Значения шероховатости поверхности и поправки после корректировки.

В соединении шестерни с валом $\varnothing 40$ мм, вместо ранее применяемых ИТ7 и ИТ6 качества точности, был выбран ИТ8, что незначительно снизило точность, но сохранена стабильность посадки по условию площади контакта деталей. Наличие гарантированных натягов в посадке позволило существенно увеличить долговечность.

Таблица 2 - Посадки для способов восстановления цилиндрических соединений со шпонкой

Способ восстановления, способ обработки	Срок службы, сезонов	ε	ВБР	Расчетный допуск посадки, мкм	Посадка
1.0 Заводское соединение - № 1 Вал – Сталь 45 + Ш Втулка – Сталь 40X + P	16	1,00	0,95	87	$\varnothing 40H8/x8$
1.1 Вал – Приварка контактной ленты + Ш Втулка – Обработка под PP (P)	16	0,87	0,95	91	$\varnothing 40H8/x8$
1.2 Вал – Наплавка Нп–30ХГСА(CO ₂) + ППД Втулка (новая) – Сталь 40X+P	16	0,97	0,95	88	$\varnothing 40H8/x8$
2.0 Заводское соединение - № 2 Вал – Сталь 45 + Т Втулка – ВЧ60–2 + 3	16	1,00	0,95	39	$\varnothing 30H6/v6$
2.1 Вал – Контактная приварка ленты + Т Втулка – Обработка под PP (З)	16	0,85	0,95	42	$\varnothing 30H6/v6$
2.2 Вал – Наплавка Нп–30ХГСА(CO ₂) + ППД Втулка (новая) – ВЧ60-2 + 3	14	1,07	0,95	37	$\varnothing 30H6/v6$

Условные обозначения: ВБР – вероятность безотказной работы; ε – относительная износостойкость вала, отверстия и соединения, Т – точение; P – развертывание; Ш – шлифование; З - зенкерование.
Примечание: способ № 1 – для соединения шестерни с валом $\varnothing 40$ мм, способ № 2 – для соединения звездочки с валом $\varnothing 30$ мм.

Проведем оценку конкурентоспособности мероприятий технического сервиса [13], но в более простом виде, с технической точки зрения, оценив износостойкость и срок службы. Самые распространенные способы восстановления деталей – отверстия и вала, образующих цилиндрические соединения со шпонкой, приведены в табл. 2. В результате расчета допус-

ков по модели параметрического отказа [14] для приведенных сочетаний способов восстановления и последующей механической обработки поверхностей деталей, образующих соединение, были получены данные, приведенные в табл. 2 и на рис. 1. Уменьшение допуска посадки в зависимости от срока эксплуатации машины, где установлены соединения, объясняется необходимостью компенсировать рост величины износа и его вероятного рассеяния. Расчётные посадки обеспечивают срок службы серийных соединений до 8 лет, а при использовании способов восстановления, повышающих износостойкость деталей соединений, до 16 лет.

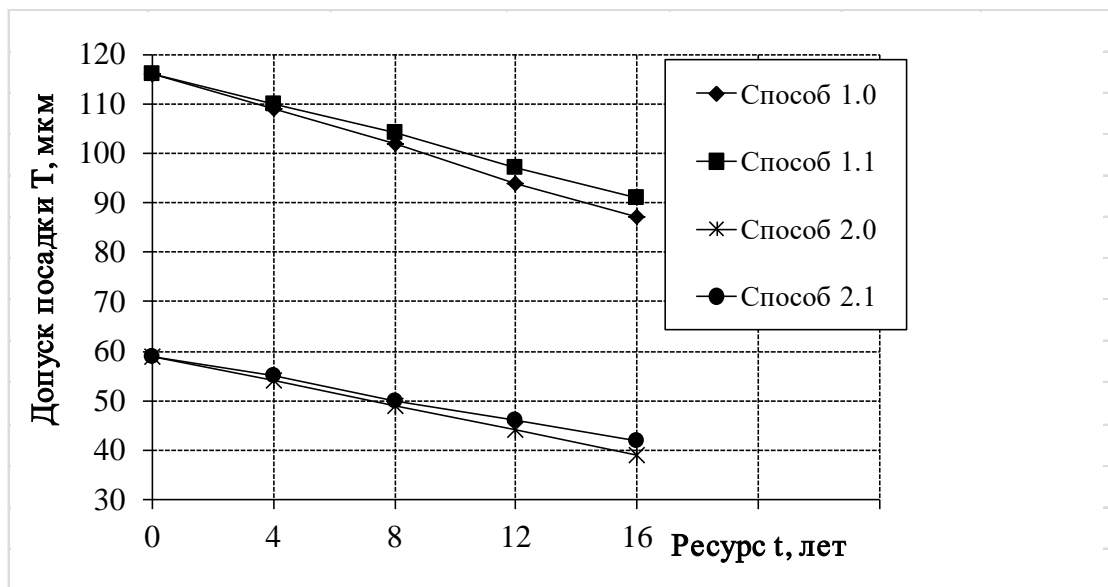


Рис. 1. Изменение допуска посадки от времени работы (номера способов совпадают с обозначением в табл. 2)

Заключение. Таким образом, для наиболее часто применяемых в сельскохозяйственном машиностроении соединений валов с втулками при наличии шпонок разработана методика расчета наибольшего и наименьшего натяга для обеспечения разборочно-сборочных работ в процессе эксплуатации, с учетом предотвращения возможного раскрытия стыка от действия радиальных и консольных нагрузок и с ограничением шероховатости поверхностей деталей для формирования стабильной площади контакта. По полученным данным выбраны посадки для соединений унифицированных редукторов Н090.20 АО «Моссельмаш». В результате анализа динамики изнашивания выявлено, что интенсивность изнашивания расчётного соединения звездочки с валом $\varnothing 30H6/v6$, при переходе к гарантированным натягам снизилась в 12 раз, по сравнению с серийным $\varnothing 30^{+0.17/-0.05}$, а интенсивность изнашивания расчётного соединения шестерни редуктора $\varnothing 40H9/h8$ снизилась в 3 раза, по сравнению с серийным $\varnothing 40H7/k6$.

Библиография

1. Черноиванов В.И., Лачуга Ю.Ф., Ежевский А.А. Концепция модернизации инженерно-технической системы сельского хозяйства России на период до 2020 года. М.: Изд-во «Росинформагротех», 2010. 46 с.
2. Пастухов А.Г. Повышение надежности карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники. Дис. ... докт. техн. наук. М., 2008. 341 с.
3. Пастухов А.Г. Оценка совершенства агрегатов механических трансмиссий // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 4. С. 40-44.
4. Пастухов А.Г. Расчет экономического эффекта при повышении надежности агрегатов механических трансмиссий сельскохозяйственной техники (на примере карданных передач) // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 2. С. 152-153.
5. Ерохин М.Н. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // В сборнике: Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. 2005. С. 234-238.

6. Бондарева Г.И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 12. С. 39-42.
7. Ерохин М.Н. Детали машин и основы конструирования. М.: Изд-во КолосС, 2005. 462 с.
8. Вергазова Ю.Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014. № 3. С. 17-19.
9. Ерохин М.Н. Взаимосвязь точности и надежности соединений при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2006. № 2. С. 22-25.
10. Леонов О.А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров. Дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004. 324 с.
11. Белов В.М. Расчет точностных параметров сельскохозяйственной техники. М.:МИИСП, 1990. 121 с.
12. Шкаруба Н.Ж. Технико-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники: монография. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. 118 с.
13. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П. Методика оценки конкурентоспособности мероприятий технического сервиса карданных шарниров // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. № 2. С. 79-83.
14. Леонов О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2010. № 2. С. 106-109.

References

1. Chernoiivanov V.I., Lachuga U.F., Ejevsky A.A. The concept of modernization of the engineering and technical system of agriculture in Russia for the period until 2020 [Text]. М.: «Rosinformagrotech», 2010. 46 p.
2. Pastukhov A.G. Increase of reliability of cardan gears of agricultural machinery transmissions [Text] / Pastyhov A.G. // Thesis for a scientific degree of Doctor of Technical sciences. Moscow. - 2008. 341 p.
3. Pastukhov A.G. Assessment of the perfection of aggregates of mechanical transmissions// Tractors and agricultural machinery. 2008. № 4. p. 40-44.
4. Pastukhov A.G. Calculation of the economic effect with increasing reliability of aggregates of mechanical transmissions of agricultural machinery (using the example of cardan gears) // Vestnik MSAU. 2008. № 2. p.152-153.
5. Erohin M.N. Repair of agricultural machinery from the position of quality assurance // Collected book: Ecology and agricultural machinery . Abstracts of the 4th scientific conferention. 2005. p. 234-238.
6. Bondareva G. I. Changes in the standard of uniform system of admissions and landings // Tractors and agricultural machinery. 2016. № 12. p. 39-42.
7. Erohin M.N. Machine parts and design basics . М. KolosS, 2005. 462 p.
8. Vergazova U.G. The influence of precision and technological parameters on the durability of the "shaft-bushing" connection // Vestnik MSAU. 2014. № 3. p. 17-19.
9. Erohin M.N. Interrelation of accuracy and reliability of joints during repair of agricultural machinery// Vestnik MSAU. 2006. № 2. p. 22-25.
10. Leonov O.A. Maintenance of quality of repair of the unified connections of agricultural machinery by methods of calculation of exact parameters [Text] / Leonov O.A. // Thesis for a scientific degree of Doctor of Technical sciences. Moscow. 2004. 324 p.
11. Belov V.M. Calculation of precision parameters of agricultural machinery. Moscow. MIISP, 1990. 121 p.
12. Shkaruba N.ZH. Technical and economic criteria for selecting universal measuring instruments for the repair of agricultural machinery Monography. Moscow MSAU, 2009. 118 p.
13. Pastukhov A.G, Timashov E.P. Method for assessing the competitiveness of technical cardan joint service activities // Vestnik MSAU, 2009. № 2. p. 79-83.
14. Leonov O.A. The theoretical basis for calculating the tolerances of planting during the repair of agricultural machinery // Vestnik MSAU. 2010. № 2. p. 106-109.

Сведения об авторах

Леонов Олег Альбертович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия, 127550, (499) 976-44-74, metr@rgau-msha.ru

Вергазова Юлия Геннадьевна, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия, 127550, (499) 976-44-74, metr@rgau-msha.ru

Information about authors

Leonov Oleg Albertovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - MAAA named after K.A. Timiryazev, Str. Timiryazevskaya, 49, Moscow, Russia, 127550, (499) 976-44-74, metr@rgau-msha.ru

Vergazova Julia Gennadievna, Senior Lecturer of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - MAAA named after K.A. Timiryazev, Str. Timiryazevskaya, 49, Moscow, Russia, 127550, (499) 976-44-74, metr@rgau-msha.ru

УДК 629.114.2

М.И. Романченко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ТРАКТОРА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. Установлена целесообразность использования аналогии взаимодействия с опорной поверхностью гусеничного и колесного движителей. Целью является реализация возможности моделирования силовых и кинематических параметров гусеничного движителя с резиноармированными гусеницами с использованием положений, разработанных для движителей колесных машин. Продольную силу в плоскости контактной площадки гусеничного движителя предложено определять суммой произведений нормальных реакций и коэффициентов сцепления на участках буксования и покоя элементов контактной площадки. Нормальную реакцию на каждом из участков следует определять с учетом переменной эпюры удельных нормальных реакций. При отсутствии буксования элементов предполагается прямоугольная эпюра, а при полном буксовании – треугольная с прямым углом в задней части контактной площадки. При промежуточном буксовании эпюра имеет трапециевидную форму. Коэффициент сцепления элементов контактной площадки на участке буксования рекомендовано определять по убывающей эллипсоидной зависимости в функции относительной нормальной реакции на участке буксования контактной площадки гусеничного движителя. Нижнее значение равно коэффициенту трения покоя элементов при отсутствии буксования, верхнее – коэффициенту трения скольжения при полном буксовании. Коэффициент сцепления на участке покоя рекомендуется определять по возрастающей эллипсоидной зависимости в функции относительной нормальной реакции на участке буксования контактной площадки гусеничного движителя. Нижнее значение равно нулю при отсутствии буксования, верхнее – коэффициенту трения покоя при переходе к полному буксованию крайнего заднего элемента. Для гусеничного движителя трактора серии JD 8300RT с центральным углом контактной площадки 1,91 радиан расчетные значения коэффициента продольной силы согласуются с фактическими данными тяговых испытаний тракторов JD 8310RT, JD 8335RT и JD 8360RT в штате Небраска. Предложенный алгоритм моделирования силовых параметров гусеничных движителей может оказаться полезным при выборе рациональных тяговых режимов работы тракторов в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: гусеничный движитель, сила, реакция, коэффициент буксования, коэффициент сцепления.

MODELING THE INTERACTION PARAMETERS OF THE CATERPILLAR TRACKS OF THE TRACTOR WITH THE SUPPORTING SURFACE

Abstract. The expediency of using the analogy of interaction between the supporting surface and a wheel a caterpillar track was established. The object is to implement the possibility of modelling of power parameters of the caterpillar track with rubber-reinforced tracks using the positions designed for propulsion of wheeled vehicles. It is suggested to determine an axial force in the plane of bonding pad of the caterpillar track by sum of the normal responses and adhesion factors products in the slipping and idling areas of the bonding pad elements. The normal response in every area should be determined by taking into account the specific variable diagrams of normal responses. If there is no slipping of elements, the rectangular diagram is assumed, and if the full slip is present a triangle with a right angle at the rear part of the bonding pad. A diagram is a trapezoidal one in case of the intermediate slipping. It is recommended to calculate adhesion factor of the bonding pad elements in the sliding area by descending elliptical dependence of the function of slipping factor of caterpillar track. The lower value is equal to the static friction factor of elements without slipping, the upper value is equal to the factor of sliding friction with full slipping. It is recommended to calculate adhesion factor of the idling area by the ascending elliptical dependence in the function of slipping factor of the bonding pad elements. The lower value is equal to zero without slipping, the upper value is equal to the static friction factor in the transition to a full slipping of a rear edge element. The calculated values of the axial force factor for caterpillar track of JD 8300RT tractor with a bonding pad central angle of 1.91 radians are well coherent with the actual data of drawbar tests of JD 8310RT, JD 8335RT and JD 8360RT tractors in Nebraska. The recommended modelling algorithm of caterpillar track power parameters can be useful when choosing the rational traction modes of tractors operation in the different operating conditions.

Keywords: caterpillar track, power, reaction, slipping factor, adhesion factor.

Введение. Существенное влияние на формирование силовых параметров гусеничного движителя (ГД) трактора оказывают эпюры удельных нормальных (вертикальных) реакций на опорной поверхности, которые в зависимости от характера распределения по длине контактной площадки (КП) ГД могут иметь различную расчетную форму — прямоугольную, трапециевидную, треугольную [1, 2, 3].

Важнейшими параметрами взаимодействия ГД с опорной поверхностью являются реализуемые коэффициенты продольной силы (сцепления) и буксования, переменные величины

которых зависят в основном от физико-механических свойств опорной поверхности и геометрических параметров ГД [4, 5].

При моделировании силовых параметров ГД трактора в тяговом режиме установлена целесообразность использования аналогии взаимодействия с опорной поверхностью колесного и гусеничного движителей [1].

Целью исследования является реализация возможности моделирования силовых параметров ГД, оснащенного резиноармированными гусеничными лентами, с использованием теоретических положений, разработанных ранее автором настоящей статьи для движителей колесных машин.

Материалы и методы. Суммарная продольная сила в плоскости контактной площадки гусеничного движителя (КП ГД) на опорной поверхности R_x , с учетом ее совместного образования на участке буксования и участке покоя элементов КП ГД, по аналогии с зависимостями для колесного движителя [6], определяется выражениями

$$R_x = R_{x \text{ букс}} + R_{x \text{ пок}}, \quad (1)$$

$$R_{x \text{ букс}} = R_{z \text{ букс}} \mu_{\text{сц букс}}, \quad (2)$$

$$R_{x \text{ пок}} = R_{z \text{ пок}} \mu_{\text{сц пок}}, \quad (3)$$

$$R_{z \text{ букс}} = G_{\text{ГД}} f_{\text{букс}}, \quad (4)$$

$$R_{z \text{ пок}} = G_{\text{ГД}} - R_{z \text{ букс}}, \quad (5)$$

где $R_{x \text{ букс}}$ — продольная сила на участке буксования элементов КП ГД; $R_{x \text{ пок}}$ — продольная сила на участке покоя элементов КП ГД; $R_{z \text{ букс}}$ — нормальная реакция на участке буксования элементов КП ГД, кН; $R_{z \text{ пок}}$ — нормальная реакция на участке покоя элементов КП ГД; $G_{\text{ГД}}$ — нормальная (вертикальная) нагрузка на ГД; $\mu_{\text{сц букс}}$ — коэффициент сцепления элементов КП ГД на участке буксования элементов КП ГД; $\mu_{\text{сц пок}}$ — коэффициент сцепления элементов КП ГД на участке покоя элементов КП ГД; $f_{\text{букс}}$ — относительная площадь эпюры удельных нормальных реакций на участке буксования элементов КП ГД.

Нормальную реакцию опорной поверхности на КП ГД определяем, исходя из переменной эпюры распределения удельных нормальных реакций по длине КП ГД. При отсутствии буксования предполагаем равномерное прямоугольное распределение удельных нормальных реакций, а при полном буксовании — треугольное распределение с прямым углом в задней части КП ГД.

При промежуточных значениях коэффициента буксования элементов КП ГД $\delta_{\text{букс}}$ эпюра удельных нормальных реакций приобретает трапециевидную форму, как это показано на рисунке 1. Коэффициент буксования элементов КП ГД $\delta_{\text{букс}}$ определяется отношением длины участка буксования КП ГД $l_{\text{букс кп гд}}$ ко всей ее длине $l_{\text{кп гд}}$ (рисунок 1). Участок буксования находится в задней части КП ГД и при полном буксовании распространяется к передней части КП ГД на всю ее длину.

Величины боковых сторон z_1 и z_2 переменной эпюры удельных нормальных реакций определяем из условия равенства ее относительной площади единице.

Сумма значений двух боковых сторон z_1 и z_2 переменной эпюры должна быть равна двум при любом значении коэффициента буксования элементов КП ГД в интервале от нуля до единицы

$$z_1 + z_2 = 2. \quad (6)$$

При значении коэффициента буксования элементов КП ГД $\delta_{\text{букс}} = 0$ эпюра представляет собой прямоугольник с вершинами $lOlg$ и со сторонами $\delta = 1$ и $z_1 = z_2 = 1$ (рисунок 1). Под величинами δ , z_1 и z_2 в этом случае выступают соответственно абсцисса точки l , расположенной на правой стороне эпюры, и ординаты точки l , расположенной на левой стороне эпюры, и точки g .

При увеличении $\delta_{\text{букс}}$ предполагаем симметрично противоположные, пропорциональные $\delta_{\text{букс}}$, соответственно удлинение левой стороны Ol исходного прямоугольника на величину la и укорочение правой стороны lg прямоугольника на величину gc . Прямоугольник при этом трансформируется в прямоугольную трапецию с вершинами $aOlс$. Под величинами z_1 и z_2 в этом случае выступают ординаты точек a и c (рисунок 1).

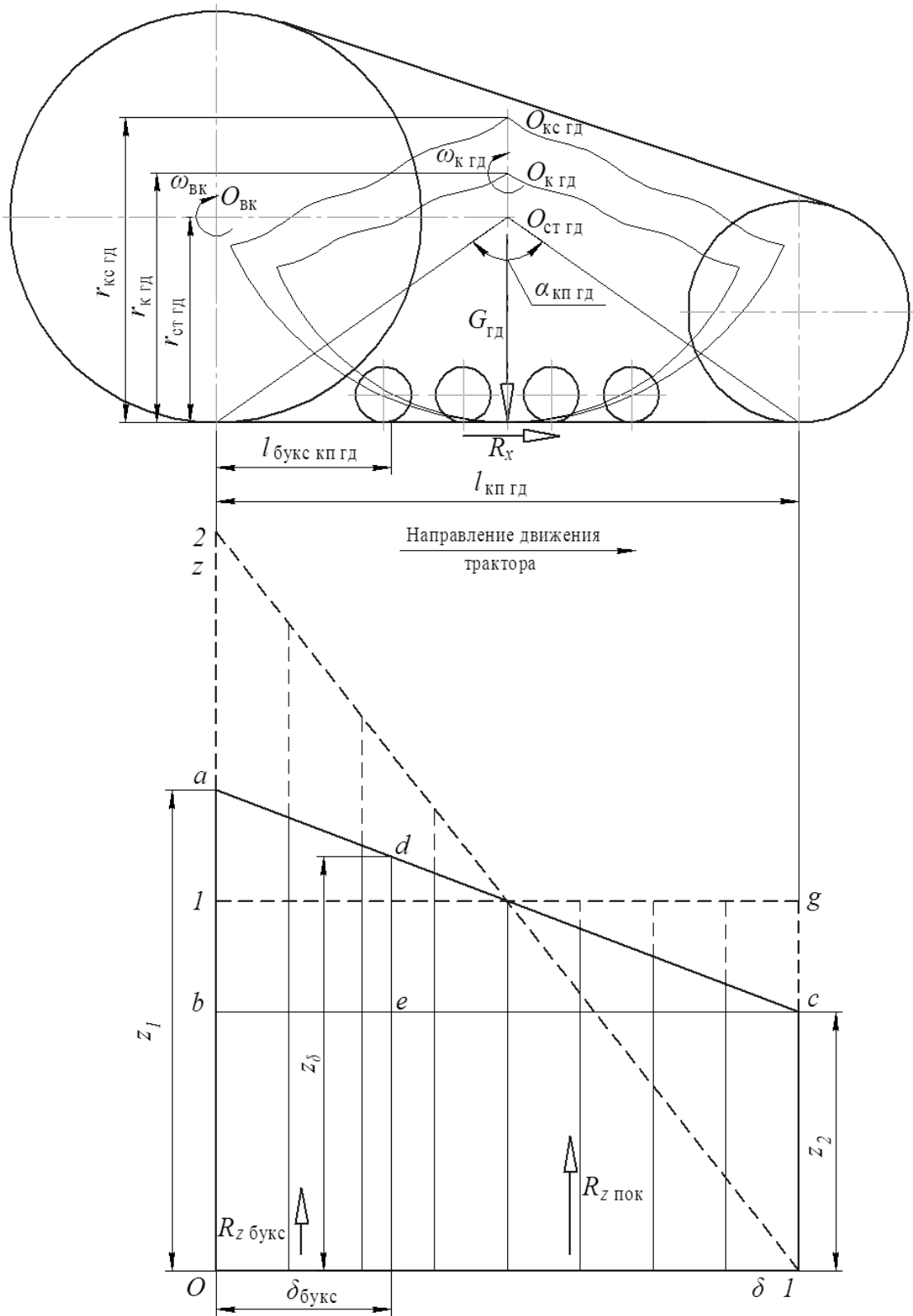


Рис. 1. Схема гусеничного движителя и переменной эпюры удельных нормальных реакций опорной поверхности на КП ГД

При дальнейшем увеличении $\delta_{\text{букс}}$ до 1 предполагаем симметрично противоположные удлинение левой стороны Ol исходного прямоугольника на величину $l2$, то есть до значения $z_1 = 2$, и укорочение правой стороны lg прямоугольника на величину $g1$, то есть до значения $z_2 = 0$. Прямоугольник при этом трансформируется в прямоугольный треугольник с вершинами $2Ol$.

Под величинами z_1 и z_2 в этом случае выступают ординаты точек 2 и 1, расположенной на правой стороне эпюры.

Текущее значение z_1 на левой стороне эпюры определяется выражением

$$z_1 = 1 \cdot (1 + \delta_{\text{букс}}) \text{ или } z_1 = 1 + \delta_{\text{букс}}. \quad (7)$$

Текущее значение z_2 на правой стороне эпюры определяется выражением

$$z_2 = 1 \cdot (1 - \delta_{\text{букс}}) \text{ или } z_2 = 1 - \delta_{\text{букс}}. \quad (8)$$

Относительная площадь переменной эпюры на участке буксования элементов КП ГД определяется выражением

$$f_{\text{букс}} = (z_1 + z_2) \delta_{\text{букс}} / 2,$$

или, с учетом зависимости (7),

$$f_{\text{букс}} = (1 + \delta_{\text{букс}} + z_2) \delta_{\text{букс}} / 2. \quad (9)$$

Из подобия двух прямоугольных треугольников с вершинами abc и dec на рисунке 1 имеет место пропорция

$$(z_2 - z_1) / (z_1 - z_2) = (1 - \delta_{\text{букс}}) / 1$$

или

$$(z_2 - z_1) = (z_1 - z_2) (1 - \delta_{\text{букс}}),$$

из которой следует, с учетом равенств (7) и (8),

$$z_2 = (1 - \delta_{\text{букс}}) (1 + 2 \delta_{\text{букс}}). \quad (10)$$

При коэффициенте буксования элементов КП ГД, равном 0, имеем

$$z_2 = (1 - 0) (1 + 2 \cdot 0) = 1.$$

При коэффициенте буксования элементов КП ГД, равном 0,5, имеем

$$z_2 = (1 - 0,5) (1 + 2 \cdot 0,5) = 1.$$

При коэффициенте буксования элементов КП ГД, равном 1, имеем

$$z_2 = (1 - 1) (1 + 2 \cdot 1) = 0.$$

Тогда относительная площадь переменной эпюры на участке буксования элементов КП ГД по формуле (9), с учетом равенства (10) и последующих преобразований, определяется выражением

$$f_{\text{букс}} = [1 + \delta_{\text{букс}} (1 - \delta_{\text{букс}})] \delta_{\text{букс}}. \quad (11)$$

При $\delta_{\text{букс}} = 1$ относительная площадь прямоугольной трапеции, трансформируемой в прямоугольный треугольник, на участке буксования элементов КП ГД равна единице

$$f_{\text{букс}} = [1 + 1 \cdot (1 - 1)] \cdot 1 = 1.$$

Коэффициент сцепления элементов КП ГД на участке буксования определяется по убывающей эллипсовидной зависимости от относительной нормальной реакции на участке буксования элементов КП ГД. Зависимость представлена на рисунке 2 и предполагает уменьшение значения коэффициента сцепления от значения, равного коэффициенту трения покоя элементов КП ГД на опорной поверхности при отсутствии буксования ГД, до значения, равного коэффициенту трения скольжения элементов КП ГД при полном буксовании ГД

$$\mu_{\text{сц букс}} = \mu_{\text{пок}} - [(\mu_{\text{пок}} - \mu_{\text{ск}})^2 - (\mu_{\text{пок}} - \mu_{\text{ск}})^2 \times \times (1 - \delta_{Rz \text{ букс}})^2]^{0,5}, \quad (12)$$

где $\mu_{\text{пок}}$ — коэффициент трения покоя элементов КП ГД на опорной поверхности при отсутствии буксования ГД; $\mu_{\text{ск}}$ — коэффициент трения скольжения элементов КП ГД при полном буксовании ГД; $\delta_{Rz \text{ букс}}$ — относительная нормальная реакция на участке буксования элементов КП ГД, численно равная относительной площади прямоугольной трапеции на участке буксования $f_{\text{букс}}$.

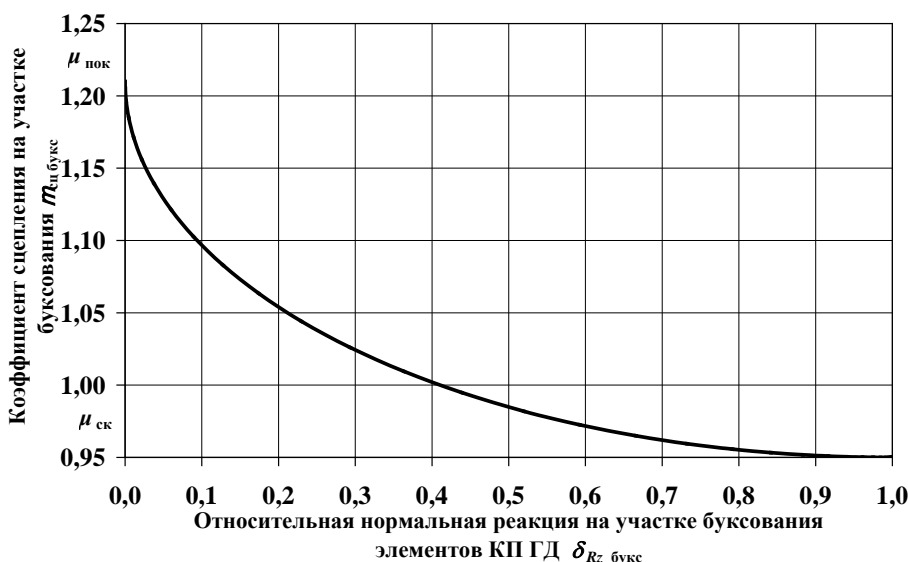


Рис. 2. Зависимость коэффициента сцепления на участке буксования от относительной нормальной реакции на участке буксования элементов контактной площадки гусеничного движителя

Коэффициент сцепления на участке покоя элементов КП ГД определяется по возрастающей эллипсоидной зависимости от относительной нормальной реакции на участке буксования элементов КП ГД. Зависимость представлена на рисунке 3 и предполагает увеличение значения коэффициента сцепления от нуля, при отсутствии буксования элементов КП ГД, до значения, равного коэффициенту трения покоя элементов КП ГД на опорной поверхности в момент перехода к полному буксованию, когда последний крайний задний элемент КП ГД еще продолжает находиться в состоянии покоя

$$\mu_{\text{ц.пок}} = [\mu_{\text{пок}}^2 - \mu_{\text{пок}}^2 (1 - \delta_{Rz \text{ букс}})^2]^{0,5}. \quad (13)$$

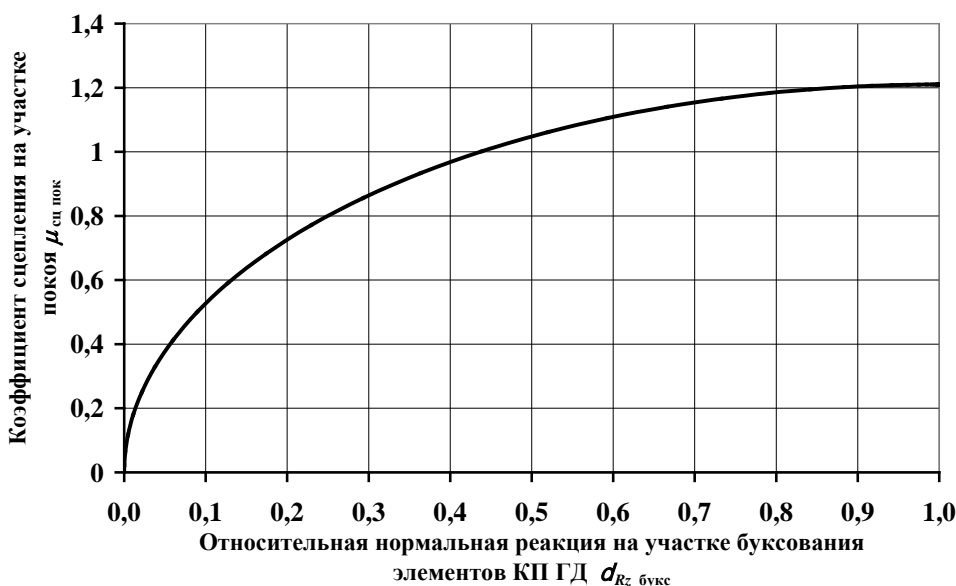


Рис. 3. Зависимость коэффициента сцепления на участке покоя от относительной нормальной реакции на участке буксования элементов контактной площадки гусеничного движителя

Коэффициент буксования ГД определяется по аналогии с зависимостью, установленной в результате аналитических исследований для колесного движителя [7]

$$\delta_{\text{ГД}} = \alpha_{\text{кп.гд}} \delta_{\text{букс}} / [4 \pi^2 (1 - \delta_{\text{букс}}) + \alpha_{\text{кп.гд}}^2 \delta_{\text{букс}}]^{0,5}, \quad (14)$$

где $\alpha_{\text{кп.гд}}$ — центральный угол КП ГД на опорной поверхности, определяемый как угол между лучами, исходящими из точки пересечения горизонтальной осевой линии ведущего зубчатого колеса и перпендикуляра (условного статического радиуса), восстановленно-

го из середины КП ГД, и проходящими через крайнюю заднюю и крайнюю переднюю точки КП ГД (см. рисунок 1); $\delta_{\text{букс}}$ — коэффициент буксования элементов КП ГД.

Центральный угол КП ГД определяется в соответствии с рисунком 1 выражением

$$\alpha_{\text{кп гд}} = 2 \arctg (2 r_{\text{ст гд}} / l_{\text{кп гд}}), \quad (15)$$

где $r_{\text{ст гд}}$ — условный статический радиус ГД, определяемый расстоянием от оси ведущего зубчатого колеса до опорной поверхности.

Условный радиус качения ГД в тяговом режиме

$$r_{\text{к гд}} = r_{\text{кс гд}} (1 - \delta_{\text{гд}}), \quad (16)$$

где $r_{\text{кс гд}}$ — условный радиус качения ГД в свободном режиме.

Условный радиус качения ГД в свободном режиме интерпретируется как отношение длины контактной площадки ГД к центральному углу КП ГД

$$R_{\text{кс гд}} = l_{\text{кп гд}} / \alpha_{\text{кп гд}}. \quad (17)$$

Для определения текущих значений коэффициента продольной силы k_{R_x} и удельной мощности поступательного движения ГД $k_{N_{\text{дв}}}$ следует использовать выражения

$$k_{R_x} = R_x / G_{\text{гд}}, \quad (18)$$

$$k_{N_{\text{дв}}} = R_x r_{\text{кс гд}} (1 - \delta_{\text{гд}}) \omega_{\text{к гд}} / (G_{\text{гд}} r_{\text{кс гд}} \omega_{\text{к гд}}),$$

или, после сокращения условного радиуса качения ГД в свободном режиме $r_{\text{кс гд}}$ и угловой скорости вращения ГД $\omega_{\text{к гд}}$,

$$k_{N_{\text{дв}}} = R_x (1 - \delta_{\text{гд}}) / G_{\text{гд}}. \quad (19)$$

Связь между угловой скоростью вращения ГД $\omega_{\text{к гд}}$ и угловой скоростью вращения ведущего колеса ГД $\omega_{\text{вк}}$ (см. рисунок 1) определяется пропорциональной зависимостью

$$\omega_{\text{к гд}} = \omega_{\text{вк}} r_{\text{ст гд}} / r_{\text{кс гд}}. \quad (20)$$

Для определения мощности поступательного движения ГД служит выражение

$$N_{\text{дв}} = R_x r_{\text{кс гд}} (1 - \delta_{\text{гд}}) \omega_{\text{к гд}}, \quad (21)$$

или, с учетом зависимости (20),

$$N_{\text{дв}} = R_x r_{\text{ст гд}} (1 - \delta_{\text{гд}}) \omega_{\text{вк}}. \quad (22)$$

Для определения экстремальных значений коэффициентов буксования ГД при максимальной продольной силе и при максимальной мощности поступательного движения ГД необходимо определить максимумы функций (18) и (19).

Результаты и обсуждение. Полученные зависимости использованы для расчета силовых параметров применительно к ГД с резиноармированными гусеничными лентами трактора семейства John Deere (JD) серии 8300RT при трансформации расчетной эпюры удельных нормальных реакций от прямоугольной формы до треугольной, по мере увеличения значения $\delta_{\text{букс}}$ от 0 до 1, с учетом следующих исходных данных: нормальная (вертикальная) нагрузка на ГД $G_{\text{гд}} = 157,2$ кН; длина КП ГД $l_{\text{кп гд}} = 2,515$ м; условный статический радиус ГД $r_{\text{ст гд}} = 0,888$ м [8]; коэффициенты трения покоя и трения скольжения элементов КП ГД соответственно при отсутствии буксования ГД и при полном буксовании ГД на бетонной опорной поверхности $\mu_{\text{пок}} = 1,21$ и $\mu_{\text{ск}} = 0,95$ [11]. Последние исходные данные выбраны применительно к шинам высокой проходимости при достаточной степени приближения к ним резиноармированных гусениц по фрикционным свойствам. Соотношение между коэффициентами трения покоя $\mu_{\text{пок}}$ и трения скольжения $\mu_{\text{ск}}$ составляет 1,274.

Для стержневой опорной поверхности коэффициенты трения покоя $\mu_{\text{пок}}$ и скольжения $\mu_{\text{ск}}$ могут определяться в зависимости от удельного давления ГД на почву по графической или табличной зависимостям [12].

Расчетные значения коэффициента продольной силы, представленные на рисунке 4, достаточно хорошо согласуются с фактическими данными тяговых испытаний гусеничных тракторов JD 8310RT, JD 8335RT и JD 8360RT без дополнительных балластных грузов, проведенных в сентябре 2011 г. на бетонном покрытии полигона университета в американском штате Небраска [8, 9, 10].

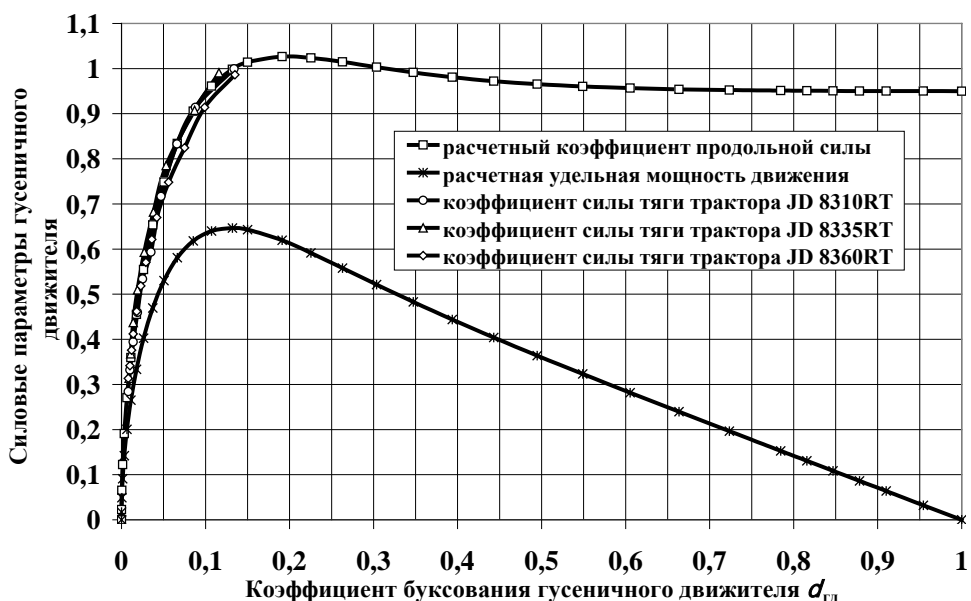


Рис. 4. Силовые параметры гусеничного движителя

Для ГД трактора с центральным углом КП ГД $\alpha_{кп\ ГД} = 1,91$ рад максимальное значение коэффициента продольной силы составляет $k_{R_x\ max} = 1,027$ при коэффициенте буксования элементов КП ГД $\delta_{букс} = 0,474$ и коэффициенте буксования ГД $\delta_{ГД} = 0,191$.

Максимальное значение удельной мощности поступательного движения равно $k_N = 0,647$ при $\delta_{букс} = 0,357$ и $\delta_{ГД} = 0,132$.

Соотношение составляющих силовых параметров ГД представлено на рисунке 5, из которого видно, что во всем рабочем диапазоне коэффициента буксования ГД вплоть до 16 % наблюдается преобладание величины продольной силы, реализуемой на участке покоя, над величиной продольной силы, образуемой на участке буксования элементов КП ГД.

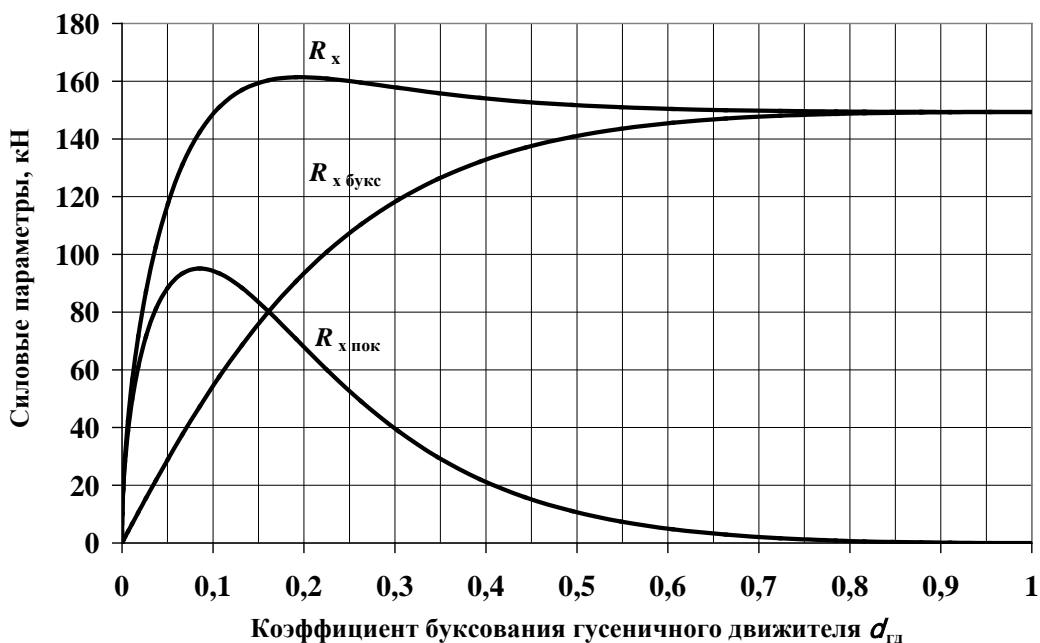


Рис. 5. Соотношение составляющих силовых параметров гусеничного движителя

На рисунке 6 представлены результаты сравнительных расчетов силовых параметров при различных значениях центрального угла $\alpha_{кп}$ КП ГД.

Как следует из полученных данных, закономерным является угловое смещение криволинейной зависимости коэффициента продольной силы в сторону больших значений коэффициента буксования ГД по мере увеличения центрального угла $\alpha_{кп}$ КП ГД при равенстве

максимальных значений реализуемого коэффициента продольной силы и при одновременном увеличении экстремального значения коэффициента $\delta_{гд}$ буксования ГД.

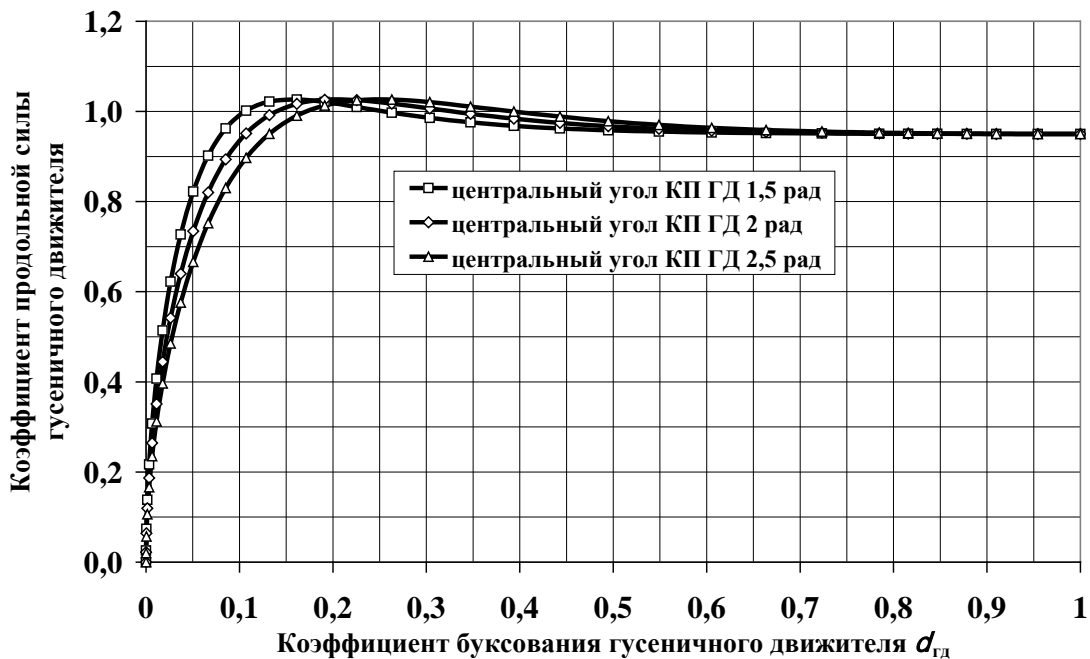


Рис. 6. Зависимость коэффициента продольной силы от коэффициента буксования гусеничного движителя при различных значениях центрального угла контактной площадки гусеничного движителя

Качественный характер протекания графической зависимости коэффициента продольной силы в функции коэффициента буксования гусеничного движителя соответствует известным зависимостям [12, 13], что подтверждает правомерность аналитических выкладок и полученных результатов.

Выводы. Подтверждена целесообразность использования теоретических положений, разработанных для описания процесса взаимодействия колесного движителя с опорной поверхностью, применительно к гусеничному движителю.

При этом существенно упрощаются выбор необходимых исходных данных и расчетная процедура.

Предложенный алгоритм моделирования силовых параметров гусеничного движителя может найти практическое применение и оказаться полезным при выборе рациональных тяговых режимов работы тракторов с резиноармированными гусеничными лентами и оценке их эффективности в различных условиях эксплуатации машинно-тракторных агрегатов.

Библиография

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков. – М.: КолосС, 2004. – 504 с.
2. Галышев Ю.В. Расчет нормальных давлений на опорной поверхности транспортной гусеничной машины с учетом перегрузки отдельных катков / Ю.В. Галышев // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 4. – С. 53-66.
3. Бердов Е.И. Влияние изменения положения центра давления на тягово-сцепные качества гусеничного трактора двойного назначения / Е.И. Бердов, В.А. Алябьев, Е.Г. Щепетов // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 71-74.
4. Ксеневич И.П. Ходовая система-почва-урожай / И.П. Ксеневич, В.А. Скотников, М.И. Ляско. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
5. Дроздовский Г.П. Определение коэффициента сцепления гусеничного обвода движителя лесной трелевочной машины с деформируемой поверхностью при различных способах их взаимодействия / Г.П. Дроздовский // Актуальные проблемы лесного комплекса : Сборник научных трудов. Выпуск 20. – Брянск: БГИТА, 2007. – С. 33-38.
6. Romanchenko M.I. Justification of the allowed coefficient of slipping of wheels of the tractor vehicle / M.I. Romanchenko // Tractors and power machines, Vol. 19, no 2, Novi Sad, Dec. 2014, pp. 47-52.
7. Романченко М.И. Кинематические параметры качения колеса в ведущем режиме / М.И. Романченко //

Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2009. – Выпуск № 2 (33). – С. 46-49.

8. Nebraska OECD tractor test 1998 – summary 781 John Deere 8310RT diesel 16 speed. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%208310RT.pdf> (дата обращения 03.03.2018 г.).

9. Nebraska OECD tractor test 1999 – summary 782 John Deere 8335RT diesel 16 speed. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%208335RT.pdf> (дата обращения 03.03.2018 г.).

10. Nebraska OECD tractor test 2000 – summary 783 John Deere 8360RT diesel infinitely variable transmission. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%208360RT.pdf> (дата обращения 03.03.2018 г.).

11. Ларин В.В. Теория движения полноприводных колесных машин: учебник / В.В. Ларин. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2010. – 391 с.

12. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов. – М.: Машиностроение, 1966. – 195 с.

13. Гуськов В.В. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

Reference

1. Kut'kov G.M. *Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva* [Tractors and cars. Theory and technological properties]. Moscow, KolosS Publ., 2004, 504 p.

2. Galyshev Yu.V. Calculation of normal pressures on a supporting surface of the transport tracked vehicle taking into account an overload of separate skating rinks. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*, 2015, no. 4, pp. 53-66 (in Russ.).

3. Berdov E.I., Alyab'ev V.A., Shchepetov E.G. Influence of change of position of the center of pressure upon traction and coupling qualities of the chain track tractor of a dual purpose. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, no. 9, pp. 71-74 (in Russ.).

4. Ksenevich I.P., Skotnikov V.A., Lyasko M.I. *Khodovaya sistema-pochva-urozhay* [Running system-soil-harvest]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 304 p.

5. Drozdovskiy G.P. Determination of the coefficient of friction of caterpillar mover bypass forestry skidder machine with a deformable surface at various ways of their interaction. *Sbornik nauchnykh trudov BGITA «Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa»* [Collection of scientific works of BSTA "Actual problems of a forest complex"], 2007, no. 20, pp. 33-38 (in Russ.).

6. Romanchenko M.I. Justification of the allowed coefficient of slipping of wheels of the tractor vehicle / M.I. Romanchenko // *Tractors and power machines*, Vol. 19, no 2, Novi Sad, Dec. 2014, pp. 47-52.

7. Romanchenko M.I. Kinematic parameters of rolling motion of a wheel in a leading mode. *Vestnik FGOU VPO «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina»*, 2009, no. 2 (33), pp. 46-49 (in Russ.).

8. Nebraska OECD tractor test 1998 – summary 781 John Deere 8310RT diesel 16 speed. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%208310RT.pdf> (accessed 30.07.2016 г.).

9. Nebraska OECD tractor test 1999 – summary 782 John Deere 8335RT diesel 16 speed. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%208335RT.pdf> (accessed 30.07.2016 г.).

10. Nebraska OECD tractor test 2000 – summary 783 John Deere 8360RT diesel infinitely variable transmission. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%208360RT.pdf> (accessed 03.03.2018 г.).

11. Larin V.V. *Teoriya dvizheniya polnoprivodnykh kolesnykh mashin* [Theory of motion of four-wheel drive wheeled vehicles]. Moscow, Izdatel'stvo MGTU imeni Bauman Publ., 2010. – 391 p.

12. Guskov V.V. *Optimal'nye parametry sel'skokhozyaystvennykh traktorov* [Optimum parameters of agricultural tractors]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1966, 195 p.

13. Gus'kov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E. *Traktory. Teoriya* [Tractors. Theory]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988, 376 p.

Сведения об авторах

Романченко Михаил Иванович, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-29-35, e-mail: mir-23@mail.ru.

Information about the authors

Romanchenko Mikhail I., Candidate of Technical Sciences, FSBEI HE Belgorod SAU, Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +7 4722 39-29-35, e-mail: mir-23@mail.ru.

УДК 637.116

В.Ф. Ужик, О.А. Чехунов

ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССАЖА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ

Аннотация. Подготовка нетелей к машинному доению – одна из важнейших операций, формирующих последующую продуктивность молочного стада. При этом массаж вымени нетелей на 6...8 месяцах стельности позволяет добиться интенсивного роста вымени, что позволит повысить продуктивность скота в послеотельный период. Внешнее воздействие на вымя оказывает влияние на нервную, кровеносную и мышечную системы – усиливаются рефлекторные связи коры головного мозга с мышцами вымени, происходит образование тепла в тканях (что приводит к расширению сосудов и как следствие циркуляции лимфы), повышается эластичность мышечных волокон и сократительная функция мышц, происходит расширение и раскрытие резервных капилляров и другие процессы. Следует отметить, что, не смотря на широкий выбор конструкций устройств для массажа вымени нетелей, адаптивного оборудования еще не создано (существующие конструкции мало приспособлены под физиологические потребности животного и не способны изменять параметры работы в зависимости от периода стельности скота). Нами предложена конструкция массажного устройства рабочие органы которого оказывают пневмомеханическое воздействие на соски вымени и их основание, а так же на дно молочной железы. Массажное устройство позволяет регулировать усилие воздействия на молочную железу и величину вакуумметрического давления в колоколе. Смену режимов работы обеспечивает пульсатор, что позволяет выработать у будущих первотелок устойчивый рефлекс молокоотдачи и позволит снизить стресс-факторы при приучении к машинному доению. Для обеспечения работоспособности массажного устройства проведены теоретические исследования, позволяющие определить основные конструктивно-режимные параметры. Лабораторными исследованиями определена зависимость усилия воздействия рабочего органа (сильфона) устройства для массажа вымени нетелей в зависимости от величины вакуумметрического давления.

Ключевые слова: устройство для массажа, вымя, нетель, вакуумметрическое давление, усилие воздействия.

THE JUSTIFICATION DEVICE FOR MASSAGE UDDER HEIFERS

Abstract. Preparation of heifers for machine milking is one of the most important operations that form the subsequent productivity of the dairy herd. At the same time, the massage of the heave udder for 6...8 months of pregnancy allows to achieve intensive growth of the udder, which will increase the productivity of livestock in the post-hotel period. External influence on the udder affects the nervous, circulatory and muscular systems – increased reflex communication of the cerebral cortex with the muscles of the udder, the formation of heat in the tissues (which leads to the expansion of blood vessels and as a result of lymph circulation), increases the elasticity of muscle fibers and contractile function of muscles, expansion and disclosure of reserve capillaries and other processes. It should be noted that, despite the wide range of designs of devices for massage udder heifers, adaptive equipment has not yet been created (existing structures are not adapted to the physiological needs of the animal and are not able to change the parameters of work depending on the period of pregnancy of livestock). We have proposed the design of a massage device whose working organs have a pneumomechanical effect on the nipples of the udder and their base, as well as on the bottom of the breast. Massage device allows you to adjust the force of impact on the mammary gland and the amount of vacuum pressure in the bell. Shift modes provides a pulsator that allows the formulation of future heifers steady reflex milk output and will reduce the stress factors in schooling to machine milking. To ensure the efficiency of the massage device, theoretical studies have been carried out to determine the basic design-mode parameters. Laboratory studies determined the dependence of the efforts of the impact of the working body (bellows) of the device to massage the udder of heifers depending on the magnitude of vacuum pressure.

Keywords: the device to massage the udder, netel, vacuum pressure, the force of the impact.

Введение. В современных условиях молочного животноводства одной из нерешенных задач выступает правильная организация воспроизводства скота. Специалистам известно, что правильная подготовка нетелей к машинному доению – залог высокопродуктивного стада. При подготовке нетелей к лактации основной операцией выступает массаж вымени животного на 6...8 месяцах стельности. Еще несколько десятилетий назад этой операции в хозяйствах уделялось большое внимание: проводились конкурсы на лучшую подготовку нетелей к лактации с премиальными поощрениями отличившихся сотрудников. В настоящее время данной операции не уделяют должного внимания, что влечет за собой не полное раскрытие молочной продуктивности первотелок и недополучение качественного молока [1].

Схема массажных приемов и реакция организма нетелей на их применение приведена на рисунке 1.

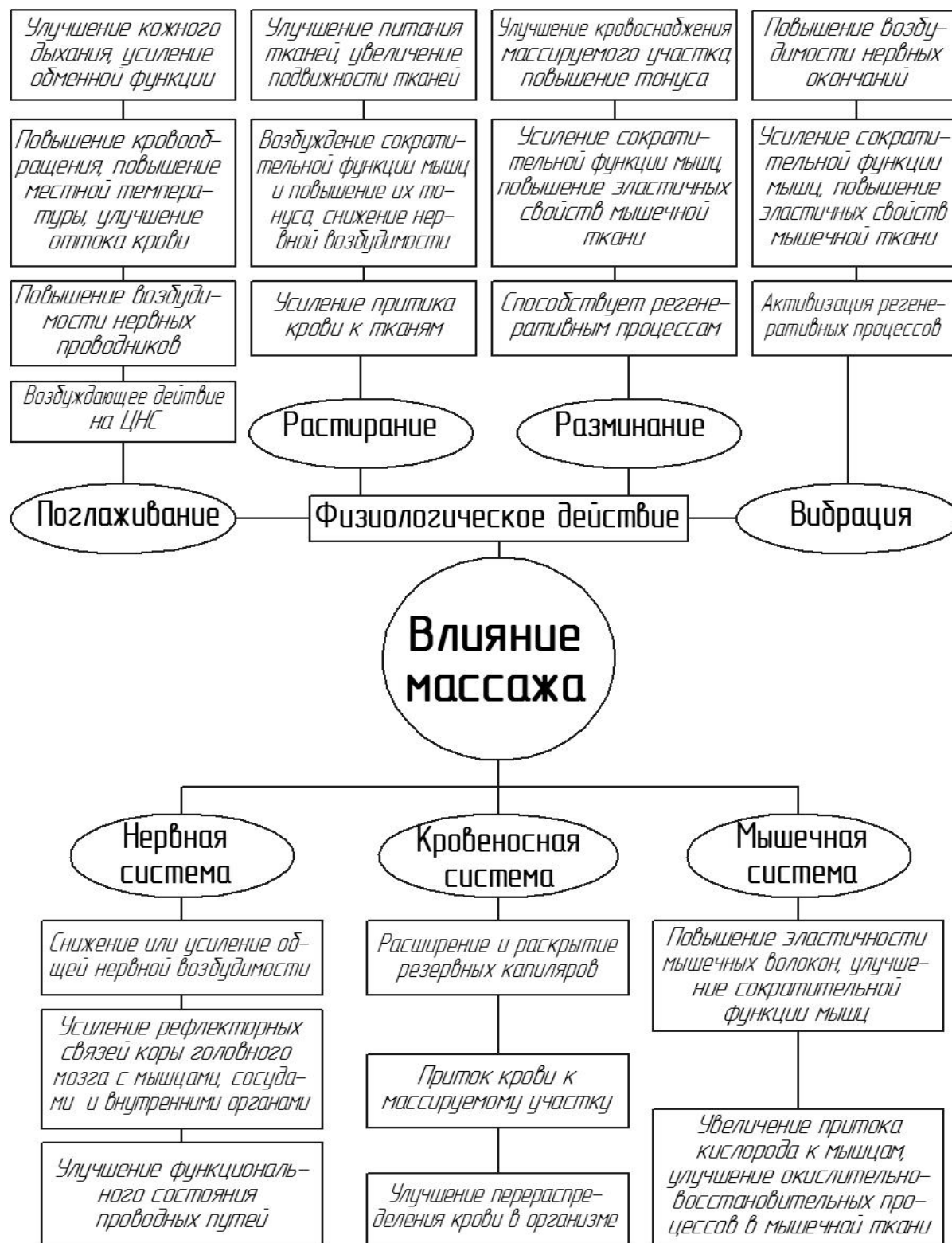


Рис. 1. Реакция организма нетелей на массажные приемы

Интенсивный рост вымени нетелей наблюдается во второй половине стельности. Поэтому применение систематического массажа вымени нетелей наряду с полноценным кормлением животных приведет к повышению продуктивности скота в послеотельный период. Вымя коров представляет собой сложную систему, состоящую из кровеносных и молочных протоков, нервных окончаний, соединительных тканей и других органов, и тканей, воздействие на которые внешней энергией оказывает огромное влияние на протекающие в нем обменные процессы, которые в свою очередь отвечают за секрецию молока.

Внешнее воздействие на вымя оказывает влияние на нервную, кровеносную и мышечную системы. Действие массажа на нервную систему вызывает снижение или усиление общей нервной возбудимости (в зависимости от того какие процессы в центральной нервной системы преобладают в данный момент). Кроме того, происходит усиление рефлекторных связей коры головного мозга с мышцами вымени, сосудами и другими органами, и тканями. Это приводит к улучшению состояния проводных путей и как следствие повышается молочная продуктивность животных.

Действие массажа вымени сопровождается и гуморальным фактором, заключающимся в образовании тепла в тканях, за счет преобразования механической энергии в тепловую. Данное воздействие вызывает расширение сосудов, что способствует активному поступлению в кровь биологически активных веществ и усилению циркуляции лимфы. Кроме того, улучшается обмен веществ на участке тела, где происходит массажное воздействие.

Проведение массажа вымени оказывает положительное влияние и на мышечную систему, заключающееся в повышении эластичности мышечных волокон, улучшению сократительной функции мышц, увеличению притока кислорода к мышцам, улучшению окислительно-восстановительных процессов в мышечной ткани.

Влияние массажа вымени на кровеносную систему заключается в расширении и раскрытии резервных капилляров, способствует притоку крови к массируемому участку и перераспределению крови в организме, удалению продуктов обмена. Следует отметить и влияние массажа на капиллярную систему кожи, осуществляющие обмен веществ между кровью и тканями, окружающими кожу.

Экспериментальные исследования, проведенные в Оренбургском ГАУ, подтвердили положительное массажа влияние на развитие вымени нетелей. Карташовым Л.П. и Соловьевым С.А. установлено, что проведение регулярного массажа вымени нетелей вызывает у животных рост молочной продуктивности [2]. Данные ученые пришли к выводу, что на эффективность массажа вымени нетелей оказывают влияние такие факторы как: возраст животного, период его стельности, интенсивность воздействия на вымя, способ воздействия на молочную железу, зона приложения воздействия и ряд других факторов.

При проведении массажа вымени нетелей следует выбирать время близкое к предполагаемому времени машинного доения. Выполнение данного условия сформирует у животных устойчивый стереотип и облегчит приручение первотелок к доильному оборудованию. Массаж вымени нетелей способствует увеличению вместимости вымени и равномерному развитию четвертой молочной железы, способствующей уменьшению выбраковки первотелок на предмет пригодности к машинному доению [3].

Таким образом проведение массажа вымени нетелей способствует интенсивному развитию молочной железы, лучшему приручению скота к машинному доению, равномерному развитию четвертой вымени, повышению продуктивности скота, улучшению качества молока, снижению случаев заболевания животных маститом и уменьшению процента выбраковки животных.

Следует отметить, что, не смотря на широкий выбор конструкций устройств для массажа вымени нетелей, адаптивного оборудования еще не создано (существующие конструкции мало приспособлены под физиологические потребности животного и не способны изменять параметры работы в зависимости от периода стельности скота) [4].

Объект исследований. Одно из перспективных направлений повышения молочной продуктивности коров – подготовка нетелей к лактации с использованием стимуляции их вымени во второй половине стельности. Для этого предложена конструкция устройства для массажа вымени содержащая чашеобразный колокол 1 (рисунок 2), состоящий из передней 2 и задней 3 частей, выполненных с возможностью изменения длины массажного колокола путем перемещения их относительно друг друга по направляющей 4 и фиксации между собой посредством скобы 5 и винтового соединения 6 в регулировочных отверстиях 7 [5]. Неиспользуемые регулировочные отверстия 7 оборудованы заглушками 8. На верхней кромке колокола 1 установлена эластичная прокладка 9.

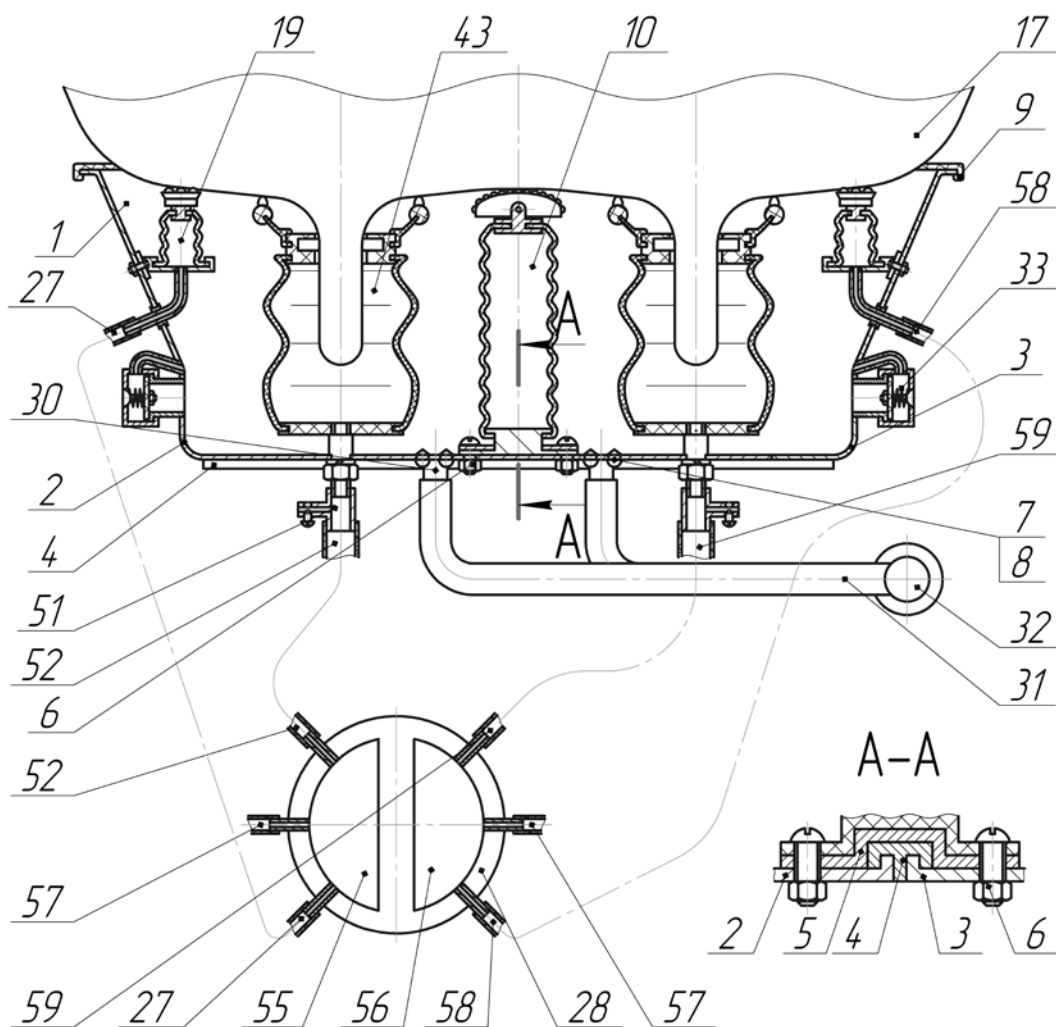


Рис. 2. Устройство для массажа вымени нетелей (пояснения в тексте)

Чашеобразный колокол 1 оборудован перегородкой 10, выполненной в виде основания 11 (рисунок 3) с установленным на нем сильфоном 12, в верхней части которого на крышке 13 посредством пальца 14 шарнирно установлен массажный элемент 15 с деформаторами 16. Перегородка 10 выполнена с возможностью разделения массажного колокола 1 (рисунок 2) на две части, охватывающих переднюю и заднюю доли вымени 17. Основание 11 (рисунок 3) оборудовано отверстиями 18 для крепления перегородки 2 (рисунок 2) к скобе 5 и дну колокола 1 посредством винтового соединения 6.

Каждый из двух объемов колокола оборудован двумя массажными элементами 19, выполненными в виде сильфонов 20 (рисунок 4) верхняя часть которых снабжена крышками 21, на которых установлены массажеры 22 с выступами 23, воздействующими на четверти вымени 17 (рисунок 2). Нижняя часть массажных элементов 19 оборудована основанием 24 (рисунок 4), закрепленным посредством винтового соединения 25 к корпусу колокола 1. Основание 24 оборудовано штуцером 26, соединяющим посредством патрубка 27 полость сильфона 20 с распределителем 28 (рисунок 2). Место соединения патрубка 27 (рисунок 4) и корпуса 1 уплотнено уплотнительным кольцом 29.

Дно чашеобразного колокола 1 (рисунок 2) оборудовано штуцерами 30, соединяющими посредством патрубков 31 разделенные перегородкой 2 объемы колокола с вакуумпроводом 32.

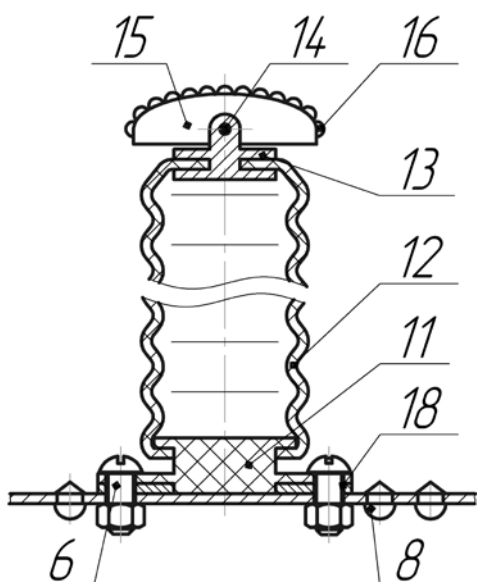


Рис. 3. Перегородка (пояснения в тексте)

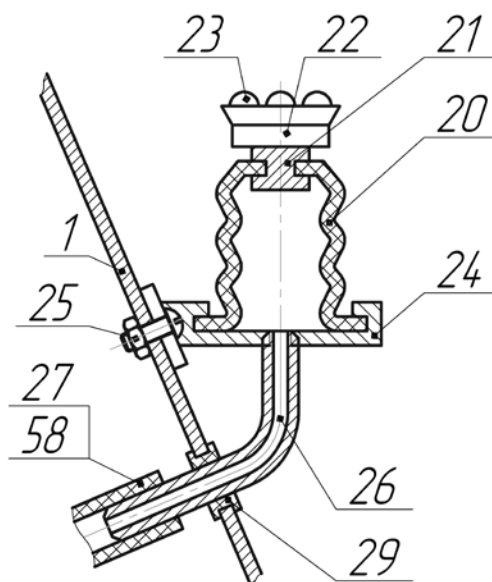


Рис. 4. Массажный элемент (пояснения в тексте)

В корпусе каждого из двух объемов колокола 1 выполнены регуляторы давления 33. Каждый из регуляторов выполнен в виде корпуса 34 (рисунок 5) и крышки 35, разделенных между собой гибкой мембраной 36. Крышка 35 выполнена с возможностью сообщения с внутренним пространством колокола 1 посредством калиброванного патрубка 37 и оборудована золотником 38 с изготовленным в нем калиброванным отверстием 39, закрываемым сферическим клапаном 40. Сферический клапан выполнен подпружиненным при помощи пружины 41 и с возможностью регулирования жесткости последней при помощи регулировочной гайки 42.

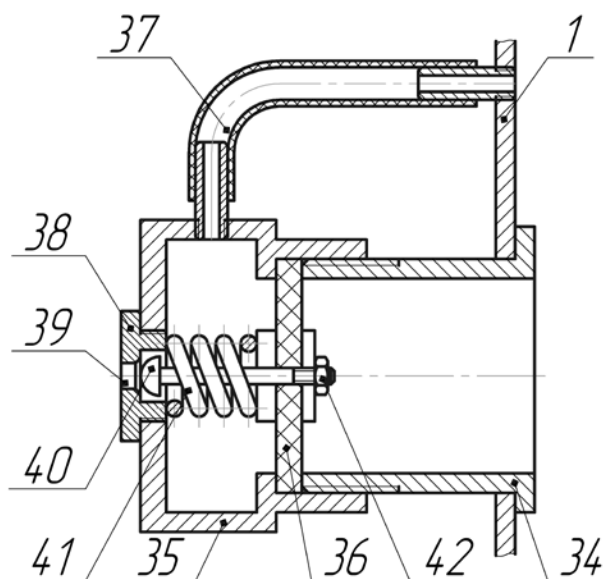


Рис. 5. Регулятор давления (пояснения в тексте)

Чашеобразный колокол 1 (рисунок 2) оборудован четырьмя массажерами сосков вымени 43, установленными по два в каждом из двух объемов колокола 1. Каждый массажер сосков вымени 43 выполнен в виде сильфона 44 (рисунок 6) с основанием 45, которое посредством штуцера 46 закреплено ко дну чашеобразного колокола 1 и крышкой 47, к которой прикреплена воронка 48, в верхней части которой установлен массажный элемент 49 с деформаторами 50, воздействующими на основание сосков вымени. Штуцер 46 выполнен полым с возможностью соединения внутренней полости сильфона 44 с дросселем 51 (рисунок 2), соединенным посредством патрубка 52 с распределителем 28. Дроссель 51 оборудован

калиброванным каналом 53 (рисунок 7), сообщаемся с атмосферой, для регулирования площади проходного сечения которого предусмотрен винт 54.

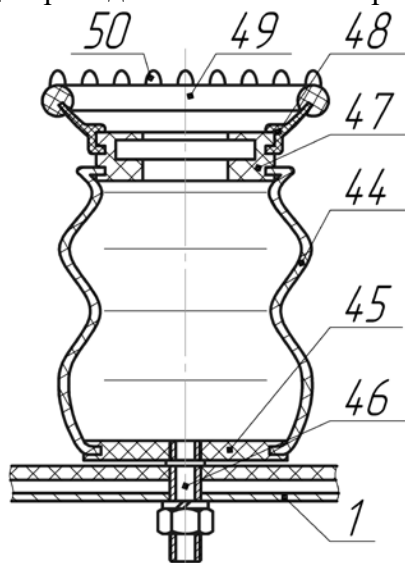


Рис. 6. Массажер сосков
вымени (пояснения в тексте)

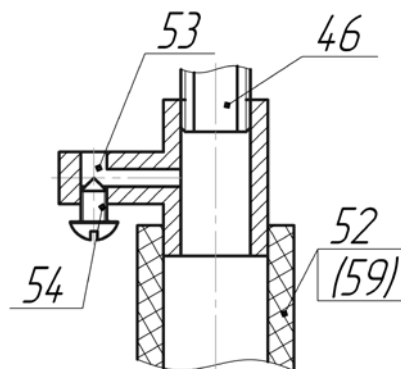


Рис. 7. Дроссель
(пояснения в тексте)

Распределитель 28 (рисунок 2) оборудован двумя камерами 55 и 56, соединенными посредством патрубков 57 с камерами двухполупериодного пульсатора (на схеме не показан). Посредством патрубков 27 и 52 камера 55 распределителя 28 соединена соответственно с массажными элементами 19 и массажерами сосков вымени 43 переднего объема колокола 1. Посредством патрубков 58 и 59 камера 56 массажера соединена соответственно с массажными элементами 19 и массажерами сосков вымени 43 заднего объема колокола 1.

Устройство для массажа вымени нетелей работает следующим образом.

Устройство для массажа вымени нетелей подключают к вакуумпроводу 32 (рисунок 2) и прижимают к вымени 17. Вакуумметрическое давление по патрубкам 31 и штуцерам 30 распространяется в передний и задний объемы колокола 1, разделенные перегородкой 10. Под действием вакуумметрического давления происходит плавное растяжение тканей молочной железы, при этом вымя удлиняется и упирается в массажеры 22 (рисунок 4) с выступами 23 массажных элементов 19 (рисунок 2), осуществляя тем самым пневмомеханический массаж дна вымени и разделяя объем колокола 1 на две части.

Величину вакуумметрического давления внутри переднего и заднего объемов колокола 1 в зависимости от периода стельности изменяют регуляторами давления 33, работающими следующим образом. При поддержании внутри объема колокола 1, а следовательно, и внутри корпуса 34 (рисунок 5) заданного (номинального) значения вакуумметрического давления клапан 40 находится в крайнем положении, закрывая отверстие 39 в золотнике 38. При увеличении вакуумметрического давления в колоколе 1 усилие, действующие на мембрану 36, возрастает и преодолевает жесткость пружины 41, вызывая прогиб мембраны 36 и перемещающая жестко связанный с ней клапан 40. Через открывшееся отверстие 39 атмосферный воздух проникает в крышку 35 далее по патрубку 37 в массажный колокол 1. При снижении внутри колокола 1 вакуумметрического давления до заданного (номинального) значения клапан 40 под действием пружины 41 перемещается, закрывая отверстие 39 и отсекая тем самым распространения атмосферного давления в крышку 35, патрубок 37, а следовательно и в массажный колокол 1. Регулировку необходимой величины вакуумметрического давления внутри колокола 1, при котором вступает в работу регулятор давления 33 в зависимости от периода стельности животных, производят за счет изменения жесткости пружины 41 при помощи гайки 42.

При поддержании одной частью двухполупериодного пульсатора (на схеме не показан) вакуумметрического давления последнее по патрубку 57 (рисунок 2) проникает в одну

из камер распределителя 28 (например, в камеру 55) и далее по патрубку 52 через дроссель 51 и штуцер 46 (рисунок 6) во внутренние полости двух сильфонов 44, расположенных в переднем объеме колокола, втягивая соски вымени. В результате действия вакуумметрического давления сильфоны 44 сжимаются, и осуществляется механический массаж сосков внутренними стенками сильфонов. Сжатие сильфонов 44 вызывает отвод воронок 48 с установленными на них массажными элементами 49 от основания сосков вымени, не производя их массаж. Величину вакуумметрического давления внутри полости сильфона 44 регулируют дросселем 51 (рисунок 2) путем изменения площади проходного сечения калиброванного канала 53 (рисунок 7), сообщающего штуцер 46 с атмосферой регулировочным винтом 54.

Вместе с этим за счет наличия патрубков 27 (рисунок 2 и рисунок 4) вакуумметрическое давление устанавливается и в сильфонах 20 массажных элементов 19, расположенных в переднем объеме колокола. В результате действия вакуумметрического давления сильфоны 20 сжимаются, отводя массажеры 22 от четвертей вымени 17.

При поддержании другой частью двухполупериодного пульсатора атмосферного давления последнее по патрубку 57 проникает в камеру 56 (рисунок 2) распределителя 28 и далее по патрубку 59 через дроссель 51 и штуцер 46 (рисунок 6) во внутренние полости сильфонов 44, расположенных в заднем объеме колокола. Действие атмосферного давления вызывает распрямление сильфонов 44 и прижатие воронок 48 с установленными на них массажными элементами 49 с деформаторами 50 к основанию сосков вымени, производя тем самым их массаж.

Одновременно с этим за счет наличия патрубков 58 (рисунок 2 и рисунок 4) атмосферное давление устанавливается и в сильфонах 20 массажных элементов 19, расположенных в заднем объеме колокола 1. В результате действия атмосферного давления сильфоны 20 распрямляются, подводя массажеры 22 с выступами 23 к четвертям вымени 17, вызывая их массаж.

При смене тактов в пульсаторе происходит смена давлений в камерах 55 и 56 распределителя, а соответственно и режимов работы массажных элементов 19 и массажеров сосков вымени 43. Это вызывает колебание вымени, а, следовательно, и колебание шарнирно закрепленного на перегородке 10 посредством пальца 14 (рисунок 3) массажного элемента 15 с деформаторами 16, что приводит к интенсивному массажу дна вымени 17 (рисунок 2).

В процессе роста вымени 17 производится увеличение размеров массажного колокола 1 путем раздвижения передней 2 и задней 3 частей колокола 1 по направляющей 4 и их фиксации скобой 5 винтовым соединением 6 в регулировочных отверстиях 7. Неиспользуемые регулировочные отверстия 7 закрывают заглушками 8.

Устройство обеспечивает раздельный пневмомеханический массаж четвертей вымени, попеременное нажатие на доли, нажатие с последующим оттягиванием, воздействие переменным вакуумом, воздействие на цистерну вымени и механическое воздействие на дно вымени. Использование устройства для массажа вымени нетелей позволит повысить эффективность массажа путем изменения режимов воздействия на вымя и снизить экономические затраты на изготовление массажных колоколов различных типоразмеров для животных различного периода стельности.

Теоретические исследования. Для определения диаметра отверстия для откачки воздуха из массажного элемента сосков вымени исходим из того, что оттягивание вымени происходит в том случае, если обеспечивается удержание воронки данного узла на вымени. Уравнение для нахождения скорости изменения давления в полости воронки [6]:

$$\frac{\partial p_{тек}}{\partial t} = \frac{p_{атм} \cdot v_{отк}}{V_{МЭ}}, \quad (1)$$

где $p_{тек}$ – текущее давление в полости массажного элемента сосков вымени, Па; t – время процесса, с; $p_{атм}$ – атмосферное давление, Па; $v_{отк}$ – расход воздуха при откачке, м³/с; $V_{МЭ}$ – объем полости массажного элемента, м³.

Расход откачиваемого воздуха из полости массажного элемента равен:

$$v_{отк} = \frac{\pi \cdot d_{пр}^4 (p_{тек} - p_{вак})}{128 \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв}}, \quad (2)$$

где $d_{пр}$ – приведенный диаметр отверстия для откачки воздуха, м; $\mu_{воз}$ – динамическая вязкость воздуха, Па·с; $l_{отв}$ – длина калиброванного отверстия, м; $p_{тек}$ – величина вакуумметрического давления, Па.

Преобразовав уравнение (1), с учетом (2), и проинтегрировав его, получим расчетное время присоединения массажной воронки к доле вымени:

$$t_{прис} = \int_{p_{атм}}^{p_{тек}} \frac{128 \cdot V_{МЭ} \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв} (p_{атм} - p_{прис})}{\pi \cdot d_{пр}^4 (p_{атм} - p_{вак})} \cdot \frac{\partial p_{тек}}{p_{тек} - p_{прис}}, \quad (3)$$

$$t_{прис} = \frac{128 \cdot V_{МЭ} \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв} (p_{атм} - p_{прис})}{\pi \cdot d_{пр}^4 \cdot p_{атм} (p_{атм} - p_{вак})} \cdot \ln \frac{p_{атм} - p_{прис}}{p_{тек} - p_{прис}}, \quad (4)$$

где $p_{прис}$ – давление присоединения воронки к вымени, Па; $p_{тек} \rightarrow p_{прис}$. Отсюда, приведенный диаметр отверстия для откачки воздуха составит:

$$d_{пр} = \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_{МЭ} \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв} (p_{атм} - p_{прис})}{\pi \cdot t_{прис} \cdot p_{атм} (p_{атм} - p_{вак})} \cdot \ln \frac{p_{атм} - p_{прис}}{p_{тек} - p_{прис}}}. \quad (5)$$

Усилие воздействия рабочих органов (массажеров сосков) на вымя можно представить в виде (рисунок 8):

$$F_{воз} = F_{сил} - F_{сопр}, \quad (6)$$

где $F_{сил}$ – сила, возникшая в сиффоне под воздействием вакуума, Н; $F_{сопр}$ – сила сопротивления перемещения (растяжения) сиффона Н.

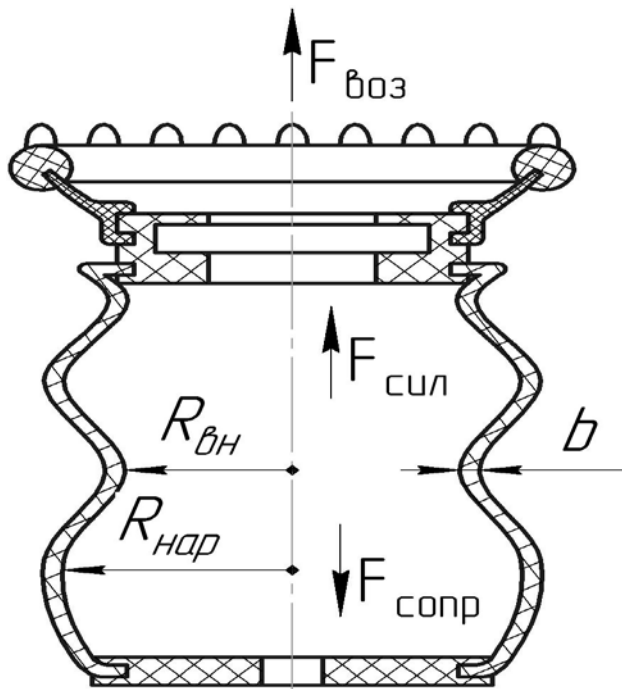


Рис. 8. Схема к определению усилия воздействия массажеров на доли вымени

Связь между силой, возникающей в массажере (сиффоне), и вакуумом осуществляется посредством эффективной площади поперечного сечения сиффона [3]:

$$F_{сил} = p_{вак} \cdot s_{эф}, \quad (7)$$

где $s_{эф}$ – эффективная площадь поперечного сечения сиффона, м².

При работе массажера, на него будет действовать осесимметричная нагрузка. При этом эффективная площадь сальфона будет практически постоянна и может быть найдена по выражению:

$$S_{\text{эф}} = \frac{\pi \cdot (R_{\text{нар}} + R_{\text{вн}})^2}{4}, \quad (8)$$

где $R_{\text{нар}}$ – наружный радиус сальфона, м; $R_{\text{вн}}$ – внутренний радиус сальфона, м.

Подставив выражение (8) в формулу (7) получаем:

$$F_{\text{сил}} = \frac{p_{\text{вак}} \cdot \pi \cdot (R_{\text{нар}} + R_{\text{вн}})^2}{4}. \quad (9)$$

При осесимметричной нагрузке сальфона его характеристика будет близка к линейной. С определенным приближением сила сопротивления перемещению (растяжению) сальфона составляет:

$$F_{\text{сопр}} = k \cdot x, \quad (10)$$

где k – жесткость сальфона, Н/м; x – перемещение, м.

Сопротивление растяжению сжатого сальфона составляет:

$$F_{\text{сж}} = k_{\text{сж}} \cdot x_{\text{сж}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{сж}}$ – жесткость сжатого сальфона, Н/м; $x_{\text{сж}}$ – перемещение сжатого сальфона, м.

Сопротивление растяжения разжатого сальфона может быть описано уравнением:

$$F_p = k_p (L_c - x_{\text{сж}}), \quad (12)$$

где k_p – жесткость растянутого сальфона, Н/м; L_c – длина растянутого сальфона (рабочий ход массажера), м.

Очевидно, что сила сопротивления перемещению (растяжению) сальфона будет равна следующей разнице:

$$F_{\text{сопр}} = F_{\text{сж}} - F_p, \quad (13)$$

Подставив выражение (13) в формулы (11) и (12) получаем:

$$F_{\text{сопр}} = k_{\text{сж}} \cdot x_{\text{сж}} - k_p (L_c - x_{\text{сж}}), \quad (14)$$

Допустив, что жесткости сальфона при его растяжении и сжатии равны, т.е.:

$$k_{\text{сж}} = k_p = k, \quad (15)$$

$$F_{\text{сопр}} = k(2x_{\text{сж}} - L_c), \quad (16)$$

Из выражения (16) очевидно, что сальфон будет находится в равновесии при его перемещении в положение:

$$x = \frac{L_c}{2}, \quad (17)$$

Представив сальфон как набор плоских шайб, соединенных между собой по наружному и внутреннему контуру, можно представить его расчетную схему, одним из основных показателей которой является жесткость. Жесткость сальфона (гофры) с высокой долей достоверности может быть определена равенством:

$$k = \frac{E \cdot b^3}{2 \cdot n \cdot K_{\text{сил}} \cdot R_{\text{нар}}^2}, \quad (18)$$

где: E – модуль упругости сальфона, Н/м²; b – толщина сальфона, м; n – число гофр; $K_{\text{сил}}$ – коэффициент, зависящий от относительной глубины гофр.

Подставив полученные данные в выражение (6) сила, возникшая в сальфоне под воздействием вакуумметрического давления, составит:

$$F_{\text{воз}} = \frac{p_{\text{вак}} \cdot \pi \cdot (R_{\text{нар}} + R_{\text{вн}})^2}{4} - \frac{E \cdot b^3 \cdot x}{2 \cdot n \cdot K_{\text{сил}} \cdot R_{\text{нар}}^2}. \quad (19)$$

Удержание массажного устройства на вымени происходит за счет вакуумметрического давления в колоколе, которое должно удовлетворять требованию [7]:

$$p_{\text{вак.кол}} = p_{\text{вак}} \cdot s_{\text{кол}} > G_y, \quad (20)$$

где $p_{\text{вак.кол}}$ – вакуумметрическое давление в колоколе, Па; $s_{\text{кол}}$ – эффективная площадь поперечного сечения колокола, м²; G_y – вес устройства, Н.

Для поддержания величины вакуумметрического давления в колоколе предусмотрен регулятор.

Для определения диаметра впускного отверстия регулятора воспользуемся уравнением:

$$\frac{dp}{dt} = p_{\text{атм}} \frac{v_o - v_n}{V_k}, \quad (21)$$

где t – время процесса, сек; V_k – объем камеры, м³, v_n – расход при поступлении воздуха, м³/с; v_o – расход при откачивании воздуха, м³/с.

Расход воздуха через отверстие регулятора при откачивании составляет:

$$v_o = \frac{\pi \cdot d_1^4}{128 \cdot \mu_{\text{воз}} \cdot l_1} (p - p_{\text{вак.кол}}), \quad (22)$$

где d_1, l_1 – соответственно диаметр и длина отверстия для откачивания воздуха, м; p – текущее значение вакуума в рабочей камере регулятора, Па.

Расход воздуха через отверстие регулятора при поступлении воздуха равен:

$$v_n = \frac{\pi \cdot d_2^4}{128 \cdot \mu_{\text{воз}} \cdot l_2} (p_{\text{атм}} - p), \quad (23)$$

где d_2 – приведенный диаметр отверстия для поступления воздуха, м; l_2 – длина отверстия для поступления воздуха, м.

При установившемся режиме будет справедливо равенство:

$$v_o = v_n. \quad (24)$$

После подстановки и преобразований приведенный диаметр отверстия регулятора вакуума может быть найден по формуле:

$$d_3 = d_1 \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_k \cdot l_2 (p - p_{\text{вак.кол}})}{\pi \cdot t \cdot p_{\text{атм}} (p_{\text{атм}} - p)} \ln \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{вак.кол}}}{p - p_{\text{вак.кол}}}}. \quad (25)$$

Клапан регулятора вакуума жестко связан с центром мембраны, поэтому ее прогиб будет равен величине перемещения клапана, необходимой для открытия впускного отверстия. Прогиб центра мембраны определяется выражением:

$$\omega_0 = \frac{p_m \cdot R_m^4}{64 \cdot D}, \quad (26)$$

где ω_0 – прогиб центра мембраны, м; p_m – среднее давление на мембрану, Па; R_m – радиус мембраны, м; D – цилиндрическая жесткость мембраны, Н/м.

Среднее давление на мембрану может быть найдено как разность давлений:

$$p_m = p_{атм} - p_{вак.кол}, \quad (27)$$

Цилиндрическая жесткость мембраны находится по формуле:

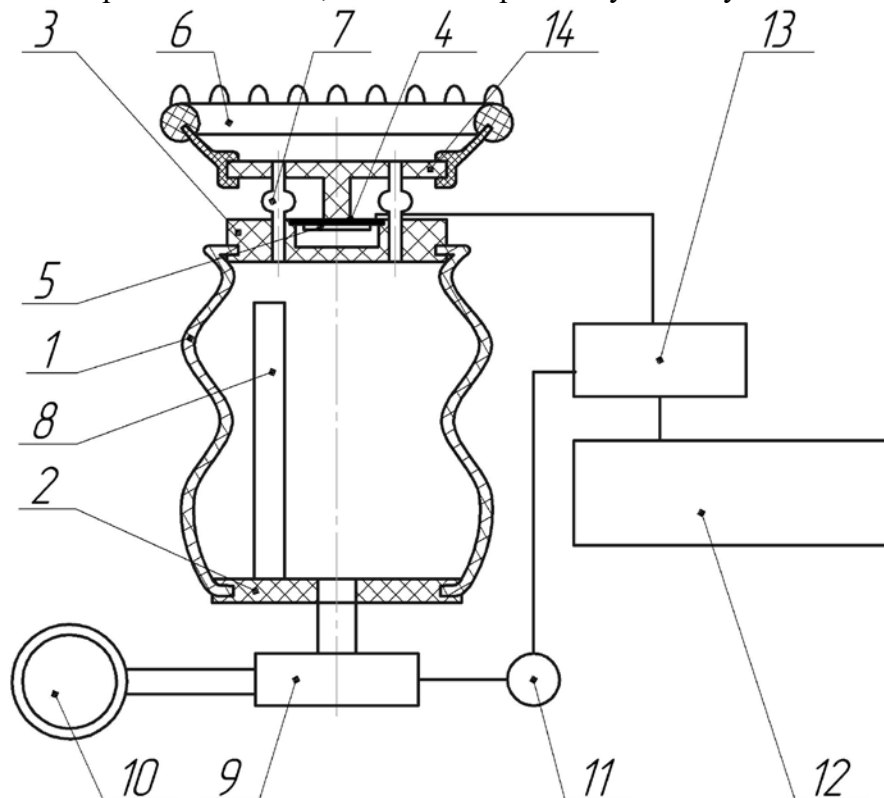
$$D = \frac{E_m \cdot h_m^3}{12 \cdot (1 - \mu_1^2)}, \quad (28)$$

где E_m – модуль упругости материала мембраны, Н/м²; h_m – толщина мембраны, м; μ_1 – коэффициент Пуассона, зависящий от способа крепления. После преобразования выражения (26) с учетом формул (27) и (28) получаем:

$$R_m = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot \omega_0 \cdot E_m \cdot h_m^3}{12 \cdot (p_{атм} - p_{вак.кол}) \cdot (1 - \mu_1^2)}}. \quad (29)$$

Полученные зависимости позволяют определить основные конструктивно-режимные параметры устройства для массажа вымени нетелей.

Лабораторные исследования. Для определения усилия воздействия массажера была разработана лабораторная установка, состоящая рабочего органа (сильфона) 1 (рисунок 9), с основанием 2 и крышкой 3, в которой на балке 4 равного сопротивления установлен тензодатчик 5. Рабочая вакуумная воронка 6, выполнена с возможностью воздействия основанием 14 на балку 4. Полости сильфона 1 рабочей воронки 6 соединены между собой эластичными патрубками 7. Перемещение рабочей воронки 6 относительно основания 2 сильфона 1 ограничивается сменными ограничителями 8, имеющими различную длину.



1 – сильфон; 2 – основание сильфона; 3 – крышка; 4 – балка; 5 – тензодатчик; 6 – рабочая воронка; 7 – эластичные патрубки; 8 – ограничитель; 9 – регулятор вакуума; 10 – вакуумпровод; 11 – датчик давления; 12 – регистрирующее устройство; 13 – тензоусилитель; 14 – основание рабочей воронки

Рис. 9. Экспериментальная установка для определения усилия воздействия массажера на вымя в зависимости от величины вакуумметрического давления в сильфоне

Принцип работы установки. Прислоняем рабочую воронку 6 к вымени. При помощи регулятора вакуума постепенно повышаем вакуумметрическое давление, распространяющееся из вакуумпровода 10 в полость сильфона 1 и далее по патрубкам 7 в полость рабочей воронки 6, тем самым фиксируя ее на доле вымени. При увеличении вакуумметрического дав-

ления сиффон 1 сжимается до упирания в ограничитель 8, при этом крышка 3 вместе с воронкой 6 перемещается к основанию 2, тем самым увлекая за собой долю вымени. При этом сигналы от тензодатчика 5, расположенного на балке 4 и датчика давления 11, усиленные тензоусилителем 13 регистрировали с помощью регистрирующего устройства (ЭВМ) 12.

Исследования проводили следующим образом. В полости сиффона 1, а, следовательно, и рабочей воронки 6 подавали вакуумметрическое давление, величину которого плавно изменяли в пределах от 5 до 50 кПа посредством регулятора вакуума 9. Сиффон 1, сжимаясь, увлекает за собой долю вымени тем самым, воздействует на нее. Усилие, оказываемое на долю вымени, через тензодатчики 5 фиксировали на регистрирующем устройстве 12. Для усиления сигналов использовали многоканальный шлейфовый тензоусилитель 13. Одновременно фиксировали величину вакуумметрического давления в полости сиффона посредством датчика давления 11. Измерения проводили при различной величине вакуумметрического давления от 5 до 30 кПа с шагом 5 кПа.

В результате обработки данных исследований установлено, что зависимость усилия воздействия рабочего органа (массажера) от вакуумметрического давления и перемещения сиффона достаточно точно описывается уравнением:

$$F_{\text{воз}} = 2,6938 + 1,4596 \cdot x + 72,4675 \cdot p_{\text{вак}} + 0,004 \cdot x^2 + 0,3415 \cdot x \cdot p_{\text{вак}} - 280,4196 \cdot p_{\text{вак}}^2, \quad (30)$$

где x – перемещение сиффона, м

Графическая интерпретация зависимости воздействия рабочего органа вымя от вакуумметрического давления и перемещения сиффона представлена на рисунке 10.

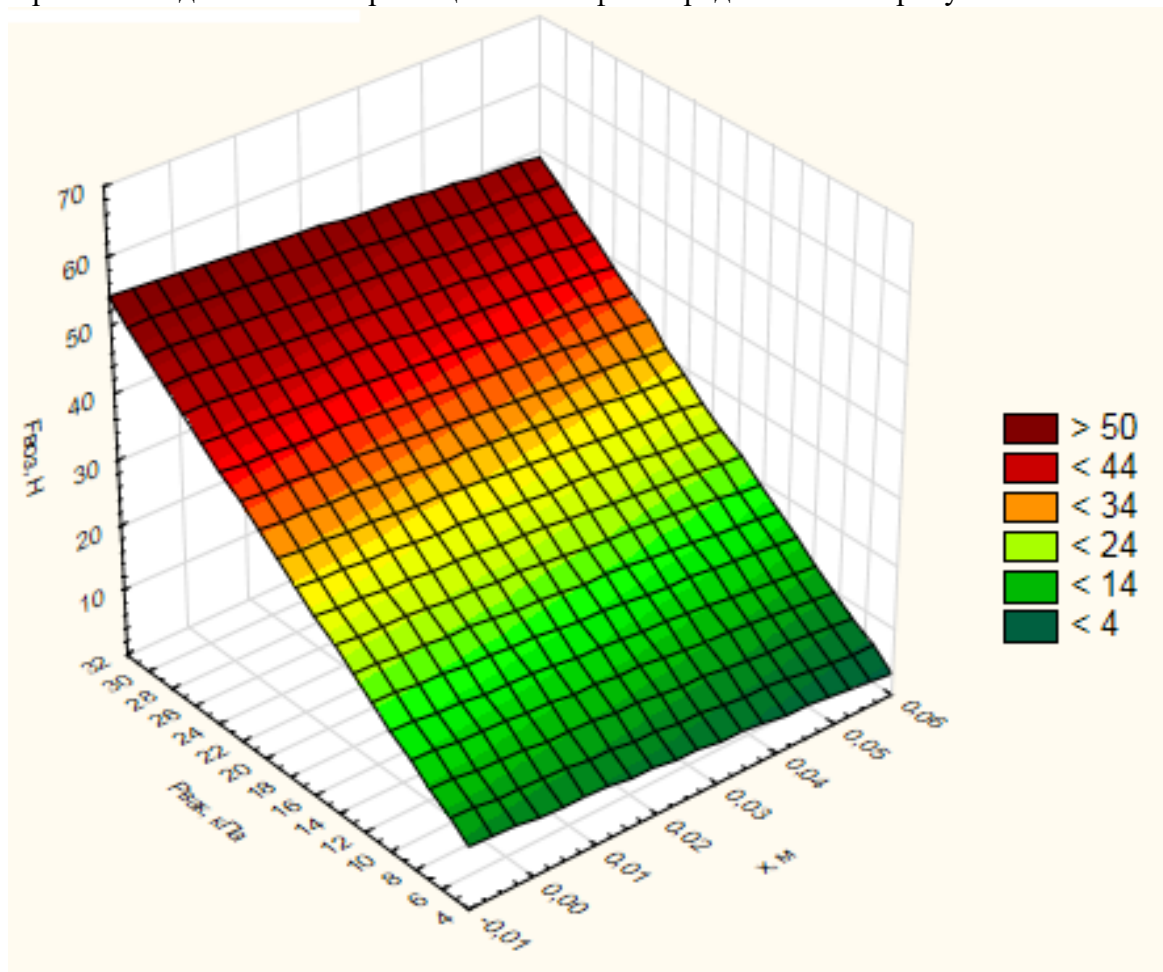


Рис. 10. Зависимость воздействия рабочего органа на вымя от вакуумметрического давления и перемещения сиффона

Результаты экспериментальных исследований показали, что при перемещении рабочего органа от 0 до 0,05 м и изменении величины вакуумметрического давления в пределах

от 5 до 55 кПа, усилие воздействия рабочего органа на долю вымени изменялось от 5,805 до 49,831 Н.

Оценку достоверности сходимости теоретических и экспериментальных данных зависимости усилия воздействия рабочего органа на долю вымени от величины вакуумметрического давления и перемещения проводили по критерию Фишера. Установлено, что теоретические и экспериментальные модели адекватны (табличное значение F_{05} – критерия Фишера равно 4,61 больше фактического, находившегося в интервале 1,38...3,07, что свидетельствует о достоверности нашего теоретического предположения).

Производственные испытания. Производственные испытания, разработанного нами устройства для массажа вымени нетелей, проводили на нетелях черно-пестрой породы. В качестве эталона был использован массажник типа АПМ-Ф-1.

Технология производственных испытаний предусматривала содержание нетелей опытных и контрольных групп в одинаковых условиях на привязи с кормлением по общехозяйственному рациону. Для проведения производственных испытаний нами был изготовлен опытный образец устройства для массажа вымени нетелей (рисунок 11).



Рис. 11. Опытный образец устройства для массажа вымени нетелей

Устройство для массажа вымени нетелей было подключено к доильной установке АДМ-8А [8].

При проведении испытания устройства для массажа вымени нетелей нами был применен метод миниатюрного стада. Сущность его заключается в том, что из общего поголовья скота отбирается группа животных, которая является копией основного стада по возрасту, породности, живой массе, продуктивности и физиологическому состоянию. Применяя данный метод было сформировано три группы, по десять животных в каждой. В первой группе массаж проводили экспериментальным устройством, во второй использовали устройства для массажа вымени типа АПМ-Ф-1, а третья группа была контрольной. При оценке качества работы определяли следующие параметры: прирост обхвата, длины, ширины, глубины, длинны передней и задней долей вымени в сравнении с животными контрольной группы и группы

нетелей с устройством для массажа вымени АПМ-Ф-1. Продуктивность первотелок определяли по общепринятым методикам.

Результаты производственных испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты производственных испытаний устройства для массажа вымени нетелей

Параметр	Среднее значение параметра		Отклонение, %
	Экспериментальное устройство для массажа вымени нетелей	Устройство для массажа вымени нетелей АПМ-Ф-1	
Обхват вымени, м	1,085	1,001	8,39
Длина вымени, м	0,325	0,301	7,97
Ширина вымени, м	0,271	0,251	7,97
Глубина вымени, м	0,125	0,092	35,87
Глубина передней доли, м	0,135	0,124	8,87
Глубина задней доли, м	0,186	0,174	6,9
Продуктивность, кг	5687	5171	9,98

По основным показателям, характеризующим развитие и функциональные свойства вымени, нетели, подготовленные к лактации с помощью пневмомассажа, превосходят своих аналогов в контрольной группе. Размеры вымени у нетелей первой группы значительно отличаются от параметров вымени группы, где применяли АПМ-Ф-1. Обхват был больше на 84 мм; длина – на 24 мм; ширина – на 21 мм; глубина – на 10 мм; длина передней доли – на 11 мм; длина задней доли – на 12 мм; а по продуктивности – на 516 кг. Форма сосков у всех нетелей была цилиндрической. Существенной разницы между группами в длине, диаметре и расстоянию между сосками не установлено.

Выводы. Массаж вымени нетелей – одна из важнейших операций, формирующих последующую продуктивность молочного стада. Проведение массажа вымени нетелей способствует интенсивному развитию молочной железы, лучшему приучению скота к машинному доению, равномерному развитию четвертей вымени, повышению продуктивности скота, улучшению качества молока, снижению случаев заболевания животных маститом и уменьшению процента выбраковки животных.

Разработана конструктивная схема устройства, обеспечивающего раздельный пневмомеханический массаж четвертей вымени, попеременное нажатие на доли, нажатие с последующим оттягиванием, воздействие переменным вакуумом, воздействие на цистерну вымени и механическое воздействие на дно вымени. Использование устройства для массажа вымени нетелей позволит повысить эффективность массажа путем изменения режимов воздействия на вымя и снизить экономические затраты на изготовление массажных колоколов различных типоразмеров для животных различного периода стельности.

Для обеспечения работоспособности массажного устройства проведены теоретические исследования, позволяющие определить основные конструктивно-режимные параметры. Результаты проведенных исследований показали, что при перемещении рабочего органа от 0 до 0,05 м и изменении величины вакуумметрического давления в пределах от 5 до 55 кПа, усилие воздействия рабочего органа на долю вымени изменялось от 5,805 до 49,831 Н.

Выполненные производственные испытания показали положительные результаты при использовании разработанного устройства для массажа вымени нетелей (изменение размеров вымени от 6,9 до 35,87% и рост продуктивности до 9,98% по сравнению с устройством для массажа вымени нетелей АПМ-Ф-1).

Библиография

1. Чехунов О.А. Обоснование актуальности проведения массажа вымени нетелей и пути совершенствования массажных устройств // Научно-технический прогресс в животноводстве - инновационные технологии и модернизация отрасли: Сб. науч. тр. ГНУ ВНИИМЖ. Том 22, ч. 2. Подольск, 2011. С. 125–130.

2. Соловьев С.А., Карташов Л.П. Исполнительные механизмы системы человек – машина – животное. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 180 с.

3. Чехунов О.А. Обоснование параметров устройства для массажа вымени нетелей // Материалы международной научно-производственной конференции «Современные проблемы инновационного развития агроинженерии». ч. 1. п. Майский: Издательство Бел ГСХА им. В.Я. Горина, 2012. С. 124–128.

4. Булавин С.А., Чехунов О.А., Макаренко А.Н., Саенко Ю.В. Техника и технологии в животноводстве Учебное пособие для бакалавров сельскохозяйственных ВУЗов. Белгород: БелГСХА им. В.Я. Горина, 2014. 144 с.

5. Патент на полезную модель N. 116745 (RU). Устройство для массажа вымени нетелей / Чехунов О.А.: заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. - №2010152142; заявл. 20.12.2010; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16.

6. Чехунов О.А. Теоретическое обоснование параметров устройства для массажа вымени нетеле // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. науч. тр. по материалам международной заочной научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». №5, ч. 3. Воронеж. 2014. С. 277–281.

7. Чехунов О.А., Макаренко А.Н., Мачкарин А.В., Рыжков А.В., Саенко Ю.В. Машины и оборудование в животноводстве. Учебное пособие по выполнению курсовой работы и РГЗ. Белгород: Белгородский ГАУ. 2015. 116 с.

8. Ужик В.Ф., Скоркин В.К., Ляшев В.С. Расчет конструктивных параметров устройства для массажа вымени нетелей // Перспективная система машин – основа реализации стратегии машино-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.: Сб. Науч. Тр. ВНИИМЖ. Том 13, ч.2. Подольск, 2004 г. с. 98 – 106.

References

1. Chehunov O. A. substantiation of the relevance of the massage of the udder of heifers and ways of improving massage devices // Scientific-technical progress in livestock production, innovative technologies and modernization of the industry: Sat. scientific. Tr. GNU OF VNIIMI. Volume 22, part 2. Podolsk, 2011. P. 125-130.

2. Soloviev S. A., Kartashov L. P. Executive mechanisms of the man - machine-animal system. Ekaterinburg: Uro ran, 2001. 180 p.

3. Chehunov O. A. Justification of parameters of the device for massage of netel udder // Materials of the international scientific and production conference "Modern problems of innovative development of agro-engineering". part 1. Maisky: Publisher Bel state agricultural Academy. V. I. Gorina, 2012. P. 124-128.

4. Bulavin S. A., Chehunov O. A., Makarenko A. N., Yu. V. Saenko Equipment and technologies in animal husbandry textbook for bachelors of agricultural Universities. Belgorod: Belsha them. V. I. Gorina, 2014. 144 p.

5. The patent for useful model N. 116745 (EN). Device for massage of udder of heifers / Chehunov O. A.: applicant and patentee of Belgorod state agricultural Academy. No 2010152142; Appl. 20.12.2010; publ. 10.06.2012, bull. No. 16.

6. Chehunov O. A. Theoretical substantiation of the parameters of the device to massage the udder Natale // AK-toiling directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice: SB. scientific. Tr. according to the materials of international correspondence scientific-practical conference of FSBEI HPE "VSAFT". No. 5, part 3. Voronezh. 2014. P. 277-281.

7. Chehunov O. A., Makarenko A. N., Machkarin, A. V., Ryzhkov, A. V., Saenko Yu. V. Machines and equipment in animal husbandry. A textbook for the course work and RGZ. Belgorod: Belgorod state agricultural UNIVERSITY. 2015. 116 p.

8. Uzhik V. F., Skorkin V. K., Lyashev V. S. calculation of design parameters of the device for massage of netel udder // Perspective system of machines-the basis of implementation of the strategy of machine-technological support of animal husbandry for the period up to 2010: Sat. Nauch. Tr. VNIIMI. Volume 13, part 2. Podolsk, 2004, pp. 98 – 106.

Сведения об авторах

Ужик Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 38-19-48, e-mail: uzhik16@rambler.ru.

Чехунов Олег Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 38-19-48, e-mail: olegbelgorod@mail.ru.

Information about authors

Uzhik Vladimir Fedorovich, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of machinery and equipment in agribusiness, fgbou in Belgorod gay, Vavilov str., 1, p. Mis, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel. + 7 4722 38-19-48, E-mail: uzhik16@rambler.ru Oh.

Chekhunov Oleg Andreevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of machinery and equipment in agribusiness, doctor of Belgorod is gay, Vavilova str., 1, p. Mis, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +7 4722 38-19-48, E-mail: olegbelgorod@mail.ru.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 631.115.11:001.891

В.Н. Лебедь, Е.А. Иголка, Д.Ю. Чугай

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ

Аннотация. В статье рассматривается возможность организации и эффективного функционирования крестьянских (фермерских) хозяйств на основе организационного согласования основных производственных факторов – земли, капитала и рабочей силы. Разработанная структурная модель предусматривает определение структуры технических средств (собственных и арендованных) таким образом, чтобы достичь наивысшего уровня прибыльности при фиксированном физическом размере предприятия. Для этого разрабатывают автоматизированные технологические карты, с помощью которых рассчитывают затраты на единицу продукции в зависимости от размера предприятий и полей. Беспочвенное паевание без дальнейших системных расчетов относительно создания каркаса конкурентных параметров предприятий – первичных товаропроизводителей во взаимодействии с отраслями, обслуживающими их, было одной из причин нерешенности практической организации мелких землевладельцев в эффективные интегрированные структуры. Результатом решения задачи относительно комбинации отрасли молочного скотоводства и растениеводства, включая кормопроизводство, будут параметры физического размера крестьянского (фермерского) хозяйства и параметры технологического и экономического порядка.

Ключевые слова: крестьянское (фермерское) хозяйство, оптимизации размера хозяйства, обеспечение техникой, кооперация фермеров, оптимизация производственной программы.

METHODOLOGY OF INVESTIGATION OF PEASANTS (FARMERS)

Abstract. The article considers the possibility of organization and effective functioning of peasants farms on the basis of organizational coordination of the main production factors - land, capital and labor. The developed structural model provides definition of structure of technical means (own and rented) so that to reach the highest level of profitability at the fixed physical size of the enterprise. To do this, develop automated technological maps, with the help of which they calculate the costs per unit of production, depending on the size of enterprises and fields. Ungrounded copulation without further system calculations regarding the creation of a framework of competitive parameters of enterprises – primary commodity producers in cooperation with the industries serving them, was one of the reasons for the unsolved practical organization of small landowners in effective integrated structures. The result of solving the problem regarding the combination of the dairy cattle breeding and plant growing sector, including forage production, will be the parameters of the physical size of the peasant farming and the parameters of the technological and economic order.

Keywords: peasant farming, optimization of the size of the farm, provision of machinery, farmers cooperation, optimization of the production program.

В процессе реформирования аграрного сектора экономики вместо вариантов организации кооперативного и эффективного использования ресурсов производства основные усилия были сосредоточены на распределении имущества и земли коллективных сельскохозяйственных предприятий и расчетах оптимальных размеров фермерских хозяйств. На основе определения потребности в технике были рассчитаны оптимальные размеры предприятий. Соответственно больше внимания уделено расчетам потребности в технике как первичной стадии процесса оптимизации размеров крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х). Методика расчетов потребности К(Ф)Х в технических средствах, предусматривает два основных направления: нормативный метод в расчете на 1000 га земельной площади или на одно К(Ф)Х (физическая потребность) и статистическая группировка (в денежном выражении). Проблема обеспеченности К(Ф)Х техническими средствами решается в контексте наиболее эффективного их использования в больших по размерам предприятиях, но, с другой стороны, с учетом желания каждого фермера иметь необходимый набор машин и орудий в собственности. В частности, «неудовлетворительное обеспечение сельского хозяйства техникой является одним из главных факторов, который приводит к значительным потерям урожая.

Относительно оптимальных размеров, то их рассчитывают с привлечением разных методических подходов и получают разные технологические и экономические параметры таких предприятий. В зависимости от площади пашни отдельные разработчики методик определения потребности К(Ф)Х в технических средствах используют такой показатель, как комплексный коэффициент использования всей системы машин и на его основе устанавливают потребность в технических средствах в меньших, чем целое число, частях. Так, рациональные размеры К(Ф)Х, например специализирующихся на производстве зерна в степной зоне, составляют 300–400 га пашни, однако, в соответствии с показателями эффективности производства продукции растениеводства в хозяйствах различных размеров такой вывод относительно их оптимального размера сделать довольно сложно. Оптимальные размеры К(Ф)Х зависят от специализации и природно-климатических зон. Для расчета оптимальных размеров К(Ф)Х основным источником информации относительно нормативов затрат труда и финансово-материальных средств служат технологические карты [6].

Для определения потребности в тракторах для К(Ф)Х предлагается в соответствии с технологическими картами рассчитывать для севооборотов объем механизированных работ и увеличить их вдвое, а с учетом транспортных работ – в 1,8 раза. Делением этих объемов механизированных работ на годовую выработку одного условного эталонного трактора (1400 ус. эт. га) получают нормативную потребность в тракторах. Но не учитывается, что небольшими фермами техника используется значительно меньше времени, чем более крупными предприятиями. В соответствии с расчетами у небольших К(Ф)Х потребность составляет соответственно 0,1–0,4 трактора, 0,2–0,7 плуга и т.п. Для больших К(Ф)Х рациональный уровень обеспеченности, например тракторами (усл. ед.), в расчете на 100 га пашни составляет 1,87 ед., комбайнами зерноуборочными – 0,28, машинами для внесения минеральных удобрений – 0,23 ед.

Бесспорно, размер предприятия и потребность в технических средствах взаимозависимы. Существует возможность расчета оптимального размера предприятия на основе еще одного фактора производства (кроме капитала) – трудового потенциала К(Ф)Х. Тогда оптимальный размер предприятия будет определен делением нормативных годовых трудовых затрат по технологическим картам на нормативные затраты труда, которые приходится в среднем на единицу земельной площади по хозяйству, или делением на среднюю трудоемкость из расчета на 1 га каждой сельскохозяйственной культуры севооборота (чел.-ч) на 1 га каждой культуры.

Отметим, что годовой фонд оплаты труда одного фермера при полной его занятости (280–310 дней) может достигать 300–400 тыс. руб, тогда как цена трактора составляет 1,4 млн. руб, а зернового комбайна – 8 млн. руб. Возникает вопрос: подгонять количество техники к размеру предприятия, рассчитанного на основе трудоемкости производства, или же наоборот, – к площади, которую может обслужить один трактор, рассчитывать потребность в рабочей силе и соответственно установить часть наемной рабочей силы? По-видимому нет оснований рассматривать как корректное принятие условия полной занятости фермера на сельскохозяйственных работах, если даже в США и Канаде основная часть фермеров получает доходы для проживания вне пределов своих ферм. С другой стороны, не совсем удачным является предложение рассчитывать оптимальный размер предприятия по размеру земли, который на порядок выше земельного пая каждого сельского жителя. Не логично устанавливать нормативную потребность в технике, когда в начале земельной реформы крестьяне не имели таких уровней доходов, чтобы купить хотя бы одну единицу сельскохозяйственной техники. Поэтому, например, 60 % фермеров США, а в Канаде – 38 % [1] заняты на других работах за пределами своего хозяйства. Причина кроется в высокой стоимости капиталовложений – в землю и оборудование, поэтому создать К(Ф)Х, где можно работать полный рабочий день, исключительно сложно. Однако, важно напомнить, что во время зарождения фермерства в США и Канаде каждому желающему выделяли соответственно 65 и 32–64 га земельных угодий. И теперь в этих странах, чтобы достичь высшей эффективности, следует концентрировать производство, результатом чего будет

увеличение размеров аренды земли. Например, в США в аренде и под залогом находится до 60 % всех сельскохозяйственных земель.

Канадские ученые пришли к выводу, что К(Ф)Х размером менее 600 га должны организовывать кооперативные группы по общему использованию дорогой техники, чтобы обеспечить эффективное и стабильное ведение сельскохозяйственной деятельности [2].

Если конкретизировать, то на протяжении всех этапов реформирования подводилась научная база к распределению между крестьянами земель коллективных предприятий и разделению целостных современных технологических систем на имущественные паи, но отсутствовало обоснование, как создавать предприятия и организационную среду, при которой мелкие предприятия смогли бы определить варианты эффективной комбинации собственных и кооперативных ресурсов.

Напомним, что деление больших систем (коллективных предприятий) на отдельные части (земельные и имущественные паи) является первым этапом проведения системного анализа экономики. Но это не в действительности, а условно. Мы в свою очередь, разделили землю и имущество крупнотоварных предприятий, но этого теория системного анализа не предусматривает.

Следующим этапом (после условного деления) системного анализа является исследование каждой из этих новых частей аграрной сферы и количественное математическое отображение выявленных закономерностей, а завершающим – синтез частных решений каждой подпроблемы (деление коллективных предприятий на земельные и имущественные паи) – объединение в новые и разнообразные структурные социально-экономические системы. При этом представление о целостности системы положено в основу системного анализа и разработки альтернативных вариантов управленческих решений. Именно системный анализ во многих странах мира используют в первую очередь на государственном уровне в процессе решения сложных политических, социально-экономических, технических и других проблем в различных сферах человеческой деятельности. Как видно, за годы реформирования мы совершенствуем сам процесс распределения (декомпозиции) земельных ресурсов на земельные паи, а о следующих этапах синтеза даже не упоминаем. Процесс декомпозиции системы (или проблемы) на компоненты достаточно сложен, однако объединение в единую систему исследованных элементов с условием соблюдения принципа целостности рассматривается как еще более сложный. Беспочвенное паевание без дальнейших системных расчетов относительно создания каркаса конкурентных параметров предприятий – первичных товаропроизводителей во взаимодействии с отраслями, обслуживающими их, было одной из причин нерешенности практической организации мелких землевладельцев в эффективные интегрированные структуры. Следствием этого явилось формирование не виданных в мировом пространстве холдингов на пока что арендованных у крестьян земельных паях и сплошная безработица в сельской местности. Интеграция, с одной стороны, представляет форму взаимодействия и объединения частей в единое целое (конечный этап системного анализа), а с другой – механизм, обеспечивающий саморегулирование этой организационно-экономической системы.

На протяжении всех лет реформирования не определено, каким образом крестьянам объединяться в эффективные структуры, как быть с земельными паями, как организовывать хозяйства и при каких условиях они могут быть прибыльными и иметь стратегическую перспективу. При этом социальная составляющая – справедливое распределение имущества и земли и занятость сельского населения – является основной при любых структурных изменениях экономике, а тем более при глобальных, связанных с собственностью на землю. Чрезвычайно важно акцентировать внимание на выборе пути развития, о чем упомянул на пресс-конференции глава Аграрной партии России М. Лапшин: создание оптимального размера К(Ф)Х и кооперативных предприятий или создание латифундий, «путь, который всем миром давно отброшен» [3].

В теории, существует возможность рассчитывать не только оптимальные размеры К(Ф)Х, но и планы своего развития с учетом межотраслевых связей, поскольку около 25 % выработанного фермером продукта является в последующем производственном цикле средством производства (семена, корма, приплод животных), вследствие чего соответственно уменьшается объем продукции, предназначенной для реализации, то фермер должен составить такие оптимальные пропорции внутрипроизводственных связей, которые обеспечат ему наивысшую эффективность. Однако из российских литературных экономических источников не понятно, существует ли в природе такая методика структурного анализа деятельности аграрного предприятия. И как именно установить эти оптимальные пропорции внутрипроизводственных связей? Существует мнение, что из-за недостаточности данных о развитии производства в К(Ф)Х использование экономико-математических методов практически невозможно. Эти методы эффективно можно использовать в процессе изучения деятельности крупных хозяйственных формирований, в частности государственных.

Принадлежащая А.В. Чайнову идея оптимальности и практические расчеты, являются логичными и понятными [4]. С увеличением размера предприятия некоторые технологические факторы имеют тенденцию к снижению (например, оплата труда на 1 га пшеницы), другие же (например, транспортные затраты) – к возрастанию. По тождественности снижающих и приводящих к росту факторов определяют оптимальный размер предприятия. Но существует и обратная задача, не решенная в России: при имеющемся размере К(Ф)Х определить организационную стратегию – пользоваться техникой кооперативов или приобрести в собственность технические средства.

Ограниченность земельных ресурсов, по мнению реформаторов, сдерживает развитие фермерских хозяйств. В этой связи следует вывод о необходимости внедрения института рынка земли как панацеи для дальнейшего развития фермерства, в частности, фермеры без усилий доведут площади своих хозяйств до оптимальных размеров. Дело в том, что проблема кроется не в рынке земли или моратории на ее продажу. На арендованной у государства земле успешно функционирует сельское хозяйство Китая, Голландии и других стран. При высокой цене на землю и налоге на операции при её покупке-продаже, для фермеров аренда земель является оптимальным вариантом (при этом государство помогает кредитами, дотациями, гарантиями и т.п.). В России, с одной стороны, миллионы экономически не свободных, но с земельными паями, крестьян без кредитов, средств производства брошены на произвол судьбы, а с другой – десятки реальных, но юридически еще не оформленных латифундистов, эксплуатирующих на правах аренды за бесценок сотни тысяч гектаров земель и желающих все это также за бесценок приобрести. И даже если будет введен рынок или мораторий на продажу земли, результат один – латифундии. Видимо так размышляют практически все без исключения сельские жители и умеренных взглядов граждане России.

В статье поставлена задача определить возможность организации и эффективного функционирования К(Ф)Х на основе организационного согласования основных производственных факторов – земли, капитала и рабочей силы. Эти факторы могут быть в собственности или же в кооперативном владении в зависимости от размера К(Ф)Х и их специализации. В данном вопросе опыт стран Западной Европы не является для России определяющим, поскольку у них при размере ферм 100 га достигнута полная занятость фермера, а эффективность использования фондов – наивысшая. Неопровержимым является тот факт, что нормальный уровень жизни членов фермерской семьи в России, занятых только в сельском хозяйстве, обеспечивается при условии, что размер хозяйства составляет не менее 240 га. Вывод о необходимости сократить до минимума затраты ручного труда путем механизации всех производственных процессов в технологиях производства сельскохозяйственной продукции научно не доказателен. Наоборот, в соответствии с экономической теорией в капиталистическом производстве замещается наиболее дорогой ресурс. Для России – это капитал. Перемещение производства отдельных видов продукции

из развитых стран в страны Азии связано именно со сравнительно низкой в последних ценой рабочей силы относительно цены капитала. В России высвобождаемая дешевая рабочая сила из аграрного сектора экономики по цене самая низкая по сравнению с капиталом, который ее высвободил. Поэтому в социально-экономических системах никогда не возникал вопрос о замене, например, рабочей силы капиталом, если следствием этого будет сплошная безработица и увеличение себестоимости продукции. При условии трудоустройства в других отраслях национального хозяйства может стоять вопрос о высвобождении рабочей силы. Весьма сомнительным в социально-экономическом аспекте является высвобождение рабочей силы без ее трудоустройства в других отраслях.

Известно, что с увеличением размера предприятия (без изменения структуры посевных площадей) возникают новые возможности приобретения дополнительного количества технических средств. Для решения данной задачи необходимо построить соответствующую оптимизационную модель, с помощью которой рассчитать границу, превышение которой позволяет получать новые технические средства при условии, что сумма кредита с процентами будет возвращена в установленные сроки (Рис. 1.).

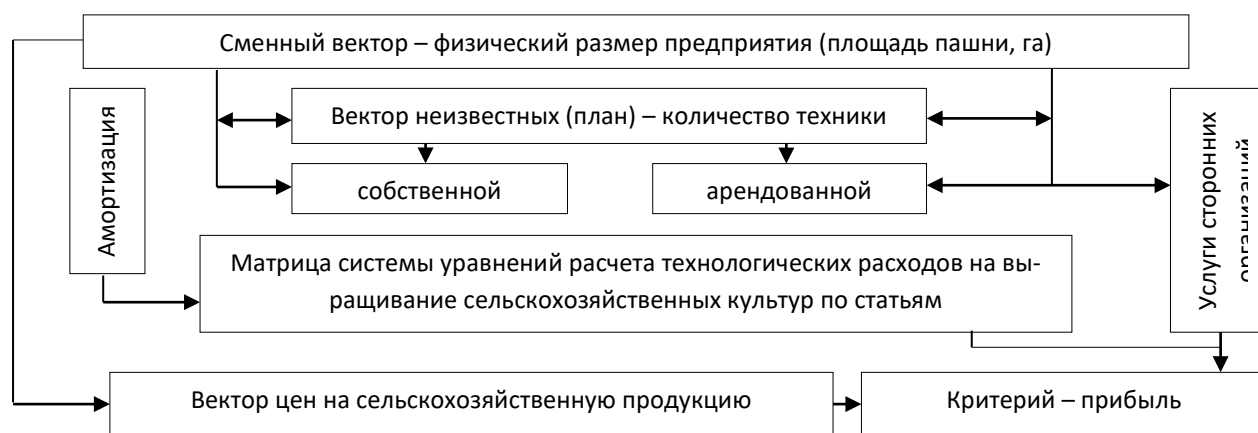


Рис. 1. Структурная схема модели оптимизации размеров К(Ф)Х, специализирующихся на производстве продукции растениеводства, с учетом аренды технических средств

Приведенная структурная модель предусматривает выполнение плана – определение структуры технических средств (собственных и арендованных) таким образом, чтобы достичь наивысшего уровня прибыльности при фиксированном физическом размере предприятия. Для этого разрабатывают автоматизированные технологические карты, с помощью которых рассчитывают затраты на единицу продукции в зависимости от размера предприятий и полей.

Амортизационные отчисления и другие затраты при условии производства продукции мелким предприятием превышают стоимость услуг сторонних организаций. Ведь в небольшом хозяйстве при условии выполнения всех технологических работ собственной техникой на единицу земельной площади приходится значительно больше затрат по причине низкого уровня загруженности технических средств. При условии увеличения размера предприятия технологические затраты уменьшаются, а степень загруженности техники возрастает. Наступает такой момент, когда выгоднее закупить техническое средство, нежели его арендовать. Таков методологический подход к оптимизации потребности в технике К(Ф)Х, специализирующихся на производстве продукции растениеводства, с учетом ее аренды.

При условии, что К(Ф)Х будут заниматься производством молока и говядины, кроме определения технической политики в растениеводстве, задача оптимизации размера К(Ф)Х усложняется третьим вектором развития – эффективностью отрасли молочного скотоводства [5,7] по вариантам его возможного возрождения с гармонизацией ее межотраслевых связей с подотраслью кормопроизводства (Рис. 2).

При оптимизации комбинации отраслей растениеводства и животноводства ограничительным фактором будет физический размер предприятия – площади посева и их структура в севообороте. Увеличение размера К(Ф)Х приводит к снижению затрат на производство продукции растениеводства, в частности кормов. Эффект масштаба одновременно получают в кормопроизводстве и в отрасли молочного скотоводства, что становится одним из основных факторов повышения эффективности производства продукции отрасли молочного скотоводства.

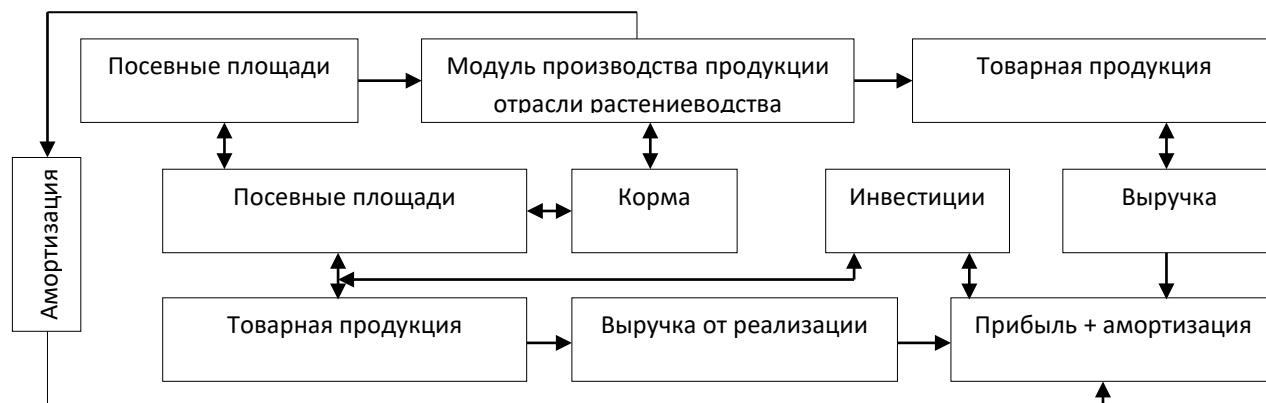


Рис. 2. Схема оптимизации комбинации отраслей животноводства и растениеводства в К(Ф)Х разного физического размера

Но в экономике существует такое понятие, как альтернативные затраты – насколько К(Ф)Х будет в выигрыше (или проигрыше), если на некоторой части земель, которые могут быть использованы при производстве, например масличных культур, будет выращивать кормовые культуры. Результатом решения задачи относительно комбинации отрасли молочного скотоводства и растениеводства, включая кормопроизводство, будут параметры физического размера К(Ф)Х и параметры технологического и экономического порядка.

Библиография

1. Американское сельское хозяйство: его меняющееся значение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infousa.ru/society/economy/ch8.htm>.
2. Нагорный В.Д. Сельское хозяйство Канады. Корни успеха / В. Д. Нагорный. – М. – Майкоп: ООО «Качество», 2004. – 328 с.
3. Пресс-конференция председателя Аграрной партии России М. Лапшина. Электронный ресурс]. Режим доступа: http://openpost.msk.ru/archive/163/OPP163_2.htm. 64
4. Чаянов А.В. Оптимальные размеры земельных хозяйств / А. В. Чаянов. – М.: Высшая шк., 1921. – 154 с.
5. Чугай Д.Ю. Эффективные формы государственного регулирования межотраслевых взаимодействий в молочно-продуктовом подкомплексе: Материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 45-летию кафедры управления и маркетинга в АПК «Управленческие и маркетинговые аспекты развития субъектов АПК и агропродовольственного рынка» (Воронеж, 9-11 ноября 2016 г.). – Воронеж: Изд-во ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 89-91.
6. Экономико-математические методы моделирования в землеустройстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=135766>.
7. Эффективное развитие крестьянских хозяйств: условия, проблемы, направления: Монография / Кудряшов В.И., Нежелченко Е.В. – М.: Восход-А, 2007. – 209 с.

References

1. American agriculture: its changing significance [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.infousa.ru/society/economy/ch8.htm>.
2. Nagorny V.D. Agriculture Canada. The roots of success / VD Nagorny. – М. – Майкоп: "Quality" LLC, 2004. – 328 p.
3. Press Conference of the Chairman of the Agrarian Party of Russia M. Lapshin. Electronic resource]. Access mode: http://openpost.msk.ru/archive/163/OPP163_2.htm.
4. Chayanov A.V. Optimal sizes of agricultural holdings / AV Chayanov. – Moscow: Higher School., 1921. – 154 p.
5. Chugay D.Yu. Effective forms of state regulation of interbranch interactions in the dairy product subcomplex: Proceedings of the interregional scientific and practical conference dedicated to the 45th anniversary of the Department

of Management and Marketing in the agroindustrial complex "Management and marketing aspects of the development of agro-foodstuffs and agro-food market subjects" (Voronezh, November 9-11, 2016 .). - Voronezh: FSBUU Publishing House, Voronezh State University, 2016. – P. 89-91.

6. Economic and mathematical methods of modeling in land management [Electronic resource]. Access mode: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=135766>.

7. Effective development of peasant farms: conditions, problems, directions: Monograph / Kudryashov VI, Nezhelchenko E.V. – Moscow: Voskhod-A, 2007. – 209 p.

Сведения об авторах

Лебедь Виктор Николаевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры организации и управления ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, экономический факультет, улица Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, моб. +79102231203, vickt.lebed@yandex.ru

Иголка Евгений Александрович, заместитель главы администрации Корочанского района – начальник управления сельского хозяйства и продовольствия, улица Васильева, д. 28, г. Короча, Белгородская обл., Россия, 309210, моб. +79803206000, igolka.evgeniy@yandex.ru

Чугай Дмитрий Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры организации и управления ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, экономический факультет, улица Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, моб. +79103606855, dimox@bk.ru

Information about authors

Lebed Viktor N., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Organization and Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin” ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +79102231203, vickt.lebed@yandex.ru

Igolka Evgeny Aleksandrovich, Deputy Head of the Administration of the Korochansky District - Head of the Department of Agriculture and Food, 28 Vasil'eva Street, Korocha, Belgorod Region, Russia, 309210, tel. +79803206000, igolka.evgeniy@yandex.ru

Chugay Dmitriy Y., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Organization and Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin” ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +79103606855, dimox@mail.ru

УДК 338.43:664.121

О.В. Святова, Р.В. Солошенко, Д.А. Зюкин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СВЕКЛОСАХАРНЫМ ПОДКОМПЛЕКСОМ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье изложены результаты исследования по решению проблемы повышения эффективности свеклосахарного подкомплекса АПК Российской Федерации на основе синергетического подхода в стратегическом управлении подкомплексом. На современном этапе в свеклосахарном подкомплексе отсутствует полноценное взаимодействие бизнес-единиц свеклосеменоводческого и свеклосахарного направлений. Это подвергает подкомплекс процессам, порождающих нестабильность и кризисность на фоне успехов зарубежных производителей свеклосемян, свекловичного сахара и тростникового сахара. Проблемы взаимодействия отчасти обусловлены особенностями производства, недостаточным финансированием, отсутствием отработанных маркетинговых механизмов продвижения продукции, различиями в материально-техническом обеспечении хозяйствующих субъектов. Факторами, определяющими разобщенность элементов воспроизводственной цепочки свеклосахарного подкомплекса служат: нерегулируемый импорт свеклосемян, научно-технологический кризис отечественной селекции и семеноводства. Последствиями действия этих факторов являются: повышение ресурсоемкости свеклопроизводства; неудовлетворительное финансовое и материально-техническое состояние свеклосеменоводческих и свеклосеющих хозяйств; невысокие темпы технического переоснащения семенных и сахарных заводов; диспропорции между предложением свеклосырья и наличием перерабатывающих мощностей; дефицит складских помещений для хранения сырья и готовой продукции; неразвита логистика. Для налаживания взаимодействия и координации всех подсистем мы предлагаем использовать стратегическое управление развитием свеклосахарного подкомплекса на основе использования синергетических преимуществ. Целесообразно трансформировать стратегию развития и совершенствования деятельности свеклосахарного подкомплекса в стратегию управления сбалансированным его развитием. Это позволит применить идеи, принципы, элементы, механизмы системного подхода, экономической синергетики, стратегического рыночного управления, принятия управленческих решений в соответствии с концепцией совершенствования эффективности экономической деятельности.

Ключевые слова: свеклосахарный подкомплекс АПК, синергетический подход, стратегическое управление, стратегическое развитие, стратегические направления, инструменты управляющих воздействий, координирующее управление, сбалансированное управление, вертикальная интеграция, экономическая эффективность производства, синергетическая модель развития.

IMPROVEMENT OF THE STRATEGIC MANAGEMENT OF THE BEVERAGE SACCEPTION COMPLEX ON THE BASIS OF THE SYNERGETIC MODEL OF DEVELOPMENT

Abstract. The article presents the results of a study to solve the problem of improving the efficiency of sugar beet subcomplex of the Russian Federation on the basis of a synergetic approach in strategic management of the subcomplex. At the present stage in beet sugar subcomplex there is no full interaction of business units of beet and sugar beet directions. This exposes the subcomplex to processes that generate instability and crisis against the background of successes of foreign manufacturers of beet seeds, beet sugar and cane sugar. Problems of cooperation is partly due to the peculiarities of production, inadequate funding, lack of established marketing mechanisms for the promotion of products, differences in the logistics businesses. Factors determining the fragmentation of the elements of the reproduction chain of sugar beet subcomplex are: unregulated import of beet seeds, scientific and technological crisis of domestic selection and seed production. The consequences of these factors are: increased resource intensity of beet production; poor financial and material and technical condition of beet and beet farms; low rates of technical re-equipment of seed and sugar plants; imbalances between the supply of beet raw materials and the availability of processing facilities; shortage of storage facilities for raw materials and finished products; undeveloped logistics. In order to facilitate the interaction and coordination of all subsystems, we propose the use of strategic management of the development of the sugar subcomplex through the use of synergetic assets. It is advisable to transform the development and improvement strategy of the beet complex into a management strategy for its balanced development. This will allow you to apply the ideas, principles, elements and mechanisms of the system approach, economic synergy, strategic market management, management decision-making in accordance with the concept of improving the efficiency of economic activities.

Keywords: sugar beet subcomplex of agroindustrial complex, synergetic approach, strategic management, strategic development, strategic directions, instruments of managing impacts, coordinating management, balanced management, vertical integration, economic efficiency of production, synergetic development model.

Синергия в свеклосахарном подкомплексе представляет собой положительный результат взаимодействия хозяйствующих субъектов, функционирующих в сферах о семеноводства сахарной свеклы, подработки семян сахарной свеклы, свеклопроизводства, перера-

ботки свеклосырья и реализации сахара. Синергия как явление опирается на поддержание и развитие устойчивых конкурентных преимуществ, расширение стратегических возможностей и устойчивые экономические связи хозяйствующих субъектов свеклосеменоводческого и свеклосахарного направления. Получение полного синергетического эффекта возможно при снятии накопившихся многочисленных системных проблем, возникших вследствие разбалансированности свеклосеменоводческой и свеклосахарной подсистем. Одновременно будут решены вопросы импортозамещения и обеспечения экономической безопасности России в области поставок свеклосемян.

На современном этапе в отечественном свеклосахарном подкомплексе имеется ряд слабых сторон, затрудняющих его стабильное развитие. Это кризис отечественной отрасли свекловичной селекции и семеноводства, относительно невысокий выход сахара с гектара посевов, ограниченные мощности по переработке свеклосырья, высокие потери корнеплодов и сахара во время уборки и хранения, недостаточно эффективное использование отходов свеклосахарного производства, отсутствие развитой транспортно-логистической инфраструктуры и другие. Отмеченные явления отрицательно влияют на стабильность функционирования российского свеклосахарного подкомплекса и свидетельствуют о необходимости поиска усовершенствованных подходов и эффективных управленческих воздействий.

Для эффективного функционирования и устойчивого развития свеклосахарного подкомплекса мы предлагаем более активно использовать стратегическое управление. Приоритет стратегического управления в организации межотраслевого взаимодействия состоит, прежде всего, в том, что согласованию более всего поддаются долгосрочные стратегические интересы хозяйствующих субъектов. Наибольшие разногласия имеют место в текущей деятельности, например при оценке качества сырья на свеклоприемных пунктах. При разработке долгосрочных планов каждый хозяйствующий субъект с неизбежностью вынужден принимать во внимания намерения смежных предприятий и по возможности согласовывать с ними свои действия и политику.

Стратегическое взаимодействие позволяет смежным предприятиям получить комплекс синергетических эффектов, в том числе за счет:

- частичного или полного преодоления недофинансирования, вызванного отсутствием у хозяйствующих субъектов уверенности в целесообразности развития деятельности;
- согласования объемов производства и переработки свеклосырья;
- ориентацией хозяйственной деятельности на конечные экономические результаты свеклосахарного подкомплекса.

Целесообразно трансформировать стратегию развития и совершенствования деятельности свеклосахарного подкомплекса в стратегию управления сбалансированным его развитием. В мировой науке синергетический подход выступает как междисциплинарное направление, исследующее закономерности, процессы взаимодействия в системах различной природы, к которым относятся и экономические системы.

Экономическая синергетика опирается на принципы и фундаментальные теории эволюции, диалектики, систем, самоорганизации, кибернетики и других теорий. В деятельности хозяйствующих субъектов синергетические процессы воплощаются в форме синергетических эффектов. Мы исходим из того, что изучение синергетических процессов, научное управление ими позволяет повысить эффективность экономической деятельности.

Формирование стратегического управления развитием свеклосахарного подкомплекса на основе синергетического подхода представляет собой многоуровневую, комплексную задачу. Для его реализации необходимо применение общей методологии стратегического рыночного управления, положений экономической синергетики, закономерностей повышения экономической эффективности агропромышленного производства, и протекания отдельных производственных процессов, таких, как селекция, свекловичное семеноводство и подработка свеклосемян, свеклопроизводство, переработка свеклосырья, а также решение вопросов связанных с реализацией сахара и сахаросодержащей продукции [6].

Вопросы стратегического управления и развития, а также оценка экономической эффективности и направлений ее повышения в аграрной экономике являются достаточно изученными. Тем не менее, недостаточно изученными являются следующие вопросы: представление свеклосахарного подкомплекса как целостной, сложной системы; формирование системы сбалансированного управления развитием подкомплекса с целью достижения эффективного взаимодействия и координации совместной деятельности его участников; стимулирующие и организационно-экономические механизмы управленческих воздействий в целостной воспроизводственной цепочке сырья и продукции от селекции до реализации сахара.

Выполненное исследование включает пять этапов:

1. Научные основы формирования стратегического управления развитием свеклосахарного подкомплекса АПК Российской Федерации на основе синергетического подхода (2015 г.);

2. Выделение особенностей, проблем, тенденций функционирования свеклосахарного подкомплекса, раскрытие потенциальных синергетических возможностей развития свеклосахарного подкомплекса АПК с учетом расширения экономического пространства (2015 г.).

3. Обоснование принципиальных положений синергетического подхода к формированию стратегического управления развитием свеклосахарного подкомплекса и разработка синергетической модели его развития (2016 г.).

4. Разработка системы механизмов управленческих воздействий способствующих развитию свеклосахарного подкомплекса АПК Российской Федерации на основе использования синергетических преимуществ подкомплекса (2016 г.).

5. Обоснование стратегических направлений устойчивого развития свеклосахарного подкомплекса на основе раскрытия синергетических преимуществ (2017 г.).

Новой научной парадигмой и методологической основой совершенствования экономики, в том числе аграрной сферы, является совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, обслуживающих синергетический подход. Применение последнего способствует реализации потенциальных синергетических возможностей свеклосахарного подкомплекса как целостной сложной системы, выявлению синергетических эффектов на основе исследования связи и взаимодействия его бизнес-единиц, а также достижению высокого уровня синергетической эффективности [7].

Рост эффективности свекловодства и всего свеклосахарного подкомплекса страны, по нашему мнению, возможен, прежде всего, при устойчивом развитии свекловичной селекции, свекловичного семеноводства и подработки свеклосемян с учетом использования синергетических преимуществ и системы инструментов сбалансированного управления подкомплексом. Для этого необходимо:

- выведение и размножение новых высокопродуктивных гибридов отечественной селекции;
- выращивание свеклосырья из гибридов отечественной селекции, адаптированных к природно-климатическим условиям российских свеклосеющих регионов;
- внедрение эффективных технологий возделывания маточной свеклы и семенников;
- повышение урожайности и качественных характеристик свеклосемян;
- снижение себестоимости при выращивании маточных корнеплодов и семенников;
- совершенствование технологического процесса подготовки свеклосемян к посеву, индивидуальный подход к каждой партии семян.

Отечественное свекловичное семеноводство крайне нуждается в государственном регулировании, включающем государственную программу восстановления, развития и поддержки подотрасли, сбалансированную ценовую политику в отношении семян, свеклы и сахара, и внедрении рациональной структуры управления [1.- С.71].

В целом потенциальные синергетические преимущества свеклосахарного подкомплекса включают:

- развитие способности к стратегическому сотрудничеству и взаимодействию, координации и интеграции смежных предприятий;

- использование возможностей внедрения технологических и организационных новшеств для повышения интенсификации деятельности;
- активизация деятельности сельскохозяйственных производственных кооперативов, как приоритетной результативной формы хозяйствования;
- внедрение координирующего управления, как механизма согласования взаимовыгодных действий хозяйствующих субъектов;
- совершенствование экономических взаимоотношений субъектов подкомплекса на основе сбалансированных действий и интересов (совершенствование контрактных отношений, внедрение новых эффективных способов ценообразования на свеклосемена и свеклосырье);
- создание диверсифицированных межрегиональных и межотраслевых агрокластеров и другие [2].

Экономическим пространством реализации синергетических преимуществ является инновационно-инвестиционный процесс, находящийся в свеклосахарном подкомплексе в ситуации системного кризиса, несмотря на принятие и реализацию федеральных и региональных программ по развитию свеклосахарного производства.

Для реализации синергетических преимуществ необходимо развитие и повышение эффективности интеграционных образований (агропромышленных формирований холдингового типа), создание кластерных свеклосахарных формирований и усиление кооперационных связей, в том числе – путем создания стратегических союзов.

С учетом выявленных системных проблем и раскрытия синергетических преимуществ в свеклосахарном подкомплексе нами разработана сбалансированная система показателей эффективности функционирования и развития свеклосахарного подкомплекса, ориентированная на оценку результативности выращивания сахарной свеклы. Предложено использовать для оценки синергетического эффекта урожайность фабричной сахарной свеклы и выручку в расчете на 1 га ее посевов, являющиеся важными индикативными показателями развития свеклопроизводства. Основываясь на этих показателях рассмотрены факторы активизации интенсификационных процессов в свеклопроизводстве, определяемые общеэкономической обстановкой и состоянием свеклосахарного подкомплекса. Согласно результатам кластерного и регрессионного методов было установлено, что интенсификация прямо влияет только на уровень урожайности, в то время как экономические показатели снижаются с ростом затрат в расчете на 1 га.

Разработана методика оценки синергетического эффекта с учетом современных условий функционирования и развития свеклосахарного подкомплекса. Точную количественную оценку возможно дать только в рамках использования ресурсов на основе соотношения результата и затраченных ресурсов, поэтому расчет величины синергетического эффекта основан на коэффициентах эластичности финансовых затрат, как общего эквивалента всех видов затраченных ресурсов на производство свеклосырья. Именно приращение их совокупной величины при добавлении нового фактора будет являться свидетельством наличия синергетического эффекта от комбинации различных видов затрат.

Представлен стратегический прогноз развития свеклосахарного подкомплекса в результате использования сбалансированного управления развитием подкомплекса и разработаны предложения по решению социально-экономических и экологических задач развития сахаропроизводящих регионов. Оценены перспективы реализации «Комплексной программы развития пищевой и перерабатывающей промышленности Курской области на 2011-2017 годы».

Обоснована концепция разработки стратегических направлений управляющих воздействий свеклосахарного подкомплекса, реализацию которой предполагается осуществить в семь взаимосвязанных этапов:

- постановка цели разработки стратегических направлений развития;
- разработка проблем функционирования и развития подкомплекса;

- сканирование состояния внешнего окружения подкомплекса и оценка полученных данных;
- систематизация полученных результатов анализа внешнего и внутреннего окружения;
- определение стратегических усилий, стратегических целей и финансовых задач функционирования и развития подкомплекса с учетом текущего и прогнозируемого состояния внешнего окружения;
- постановка стратегических направлений и приоритетов функционирования и развития свекловичного семеноводства, свеклопроизводства, переработки свеклосырья и сбыта готовой продукции;
- разработка основных инструментов управляющих воздействий, обеспечивающих стратегическое управление развитием свеклосахарного подкомплекса и повышение его эффективности.

Основными инструментами управляющих воздействий, по мнению авторов, являются:

1. Координирующее управление, как управленческая деятельность по организации взаимодействия структурных элементов свеклосахарного подкомплекса в границах целостной воспроизводственной цепочки, позволяющая получить синергетический эффект.

2. Сбалансированное управление, как средство реализации стратегии управления развитием свеклосахарного подкомплекса на основе применения сбалансированной системы показателей.

3. Вертикальная интеграция участников свеклосеменоводческого и свеклосахарного направлений путем создания свеклосахарных кластерных формирований в целях использования синергетических преимуществ свеклосахарного подкомплекса.

Стратегические ориентиры сбалансированного развития свеклосахарного подкомплекса включают:

- развитие российской свекловичной селекции;
- стратегический мониторинг и планирование посевных площадей фабричной сахарной свеклы с учетом принципа районирования;
- техническое перевооружение и модернизация сахарных заводов;
- диверсификация видов деятельности при использовании отходов свеклосахарного производства;
- достижение синергетической консолидации на всех уровнях технологической цепочки свеклосахарного подкомплекса;
- улучшение логистической инфраструктуры рынков сбыта свекловичного сахара и вторичной сахаросодержащей продукции [3].

Оценены различные сценарии использования имеющихся производственных ресурсов (на материалах Курской области): при оптимистичном сценарии максимальный уровень производства сахара в регионе к 2018 году составит 477,9 тыс. т, тогда как задана индикативная величина в 550 тыс. т.

Выделены и обоснованы значимые приоритеты совершенствования эффективности функционирования и стратегического развития подкомплекса: обеспечение производства сахара из отечественного свеклосырья в полном объеме от внутренней потребности; сокращение затрат на всех элементах воспроизводственной цепочки подкомплекса за счет использования преимуществ синергии; рост качества отечественных свеклосемян и устранение высокой импортной зависимости в этом сегменте. Выделено три группы направлений, влияющих на зону свеклосеменоводческого процесса (затрагивают вопросы селекции, свекловичного семеноводства, подготовки свеклосемян к посеву), зону свеклосахарного процесса (включают свекловодство, свеклосахарное производство и сектора реализации сахара) и - общие вопросы совершенствования подкомплекса на основе раскрытия синергетических преимуществ его целостной и многофункциональной системы [4].

Разработаны предложения по повышению эффективности деятельности свеклосахарного подкомплекса на основе синергетического управления развитием. Определено, что воз-

возможности диверсификации и расширения внутреннего рынка потребления сахара и его промышленного использования является фактором, улучшение которого формирует синергетический эффект на всех этапах воспроизводственной цепочки свеклосахарного подкомплекса, повышая эффективность и конкурентоспособность подкомплекса. Для успешного развития как свеклосахарного подкомплекса, так и других отраслей промышленности важна роль государства, выступающего как гаранта безопасности инвестиционных процессов, в форме прямых субсидий, дотаций и льготного кредитования бизнес-единиц подкомплекса, и косвенного регулирования экономической системы. В исследовании представлен инструментарий прямой финансовой поддержки и регулирования на всех этапах воспроизводственной цепочки свеклосахарного подкомплекса. Доказано, что создание благоприятной ценовой конъюнктуры на рынке сахара является сигналом к активизации свеклосахарного производства в Курской области, обеспечивая повышение рентабельности бизнес-субъектов в зонах, как свеклосеменоводческого, так и сахарного процессов производства: напрямую - эффективность сахарных заводов; свеклосеющих организаций – косвенно, за счет привязки стоимости закупки сахарной свеклы фабричной к стоимости сахара; стабильный платежеспособный спрос для субъектов свекловичного семеноводства. В результате значительно увеличивается не только уровень рентабельности возделывания сахарной свеклы фабричной в среднем по региону, но и существенно возрастает число хозяйств, в которых уровень рентабельности позволяет вести производство на расширенной основе с внедрением инноваций в процессы интенсификации производства [5].

Разработана синергетическая модель развития свеклосахарного кластерного формирования, позволяющая реализовать синергетические преимущества за счет усовершенствования взаимодействия его участников и координации подсистем, достичь оптимальной концентрации применяемых ресурсов и получить синергетического эффекта.

Реализация стратегических направлений устойчивого развития свеклосахарного подкомплекса на основе реализации синергетических преимуществ позволит: уменьшить зависимость российского свекловодства от импортного семенного материала или полностью ее преодолеть; возродить отечественное свекловичное семеноводство, снизить затраты на приобретение свеклосемян и повысить эффективность свеклопроизводства; обеспечить стабильное развитие свеклосахарного подкомплекса на долгосрочную перспективу; создать необходимый резерв свекловичного сахара и повысить уровень продовольственного обеспечения населения этим продуктом питания для достижения продовольственной безопасности России в полном объеме.

Библиография

1. Развитие семеноводства как основа эффективного и устойчивого функционирования свеклосахарного подкомплекса АПК [Текст] / Зюкин Д.А., Святова О.В., Солошенко Р.В., Выдрина О.Н., Дорогавцева И.И. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 3 (15). С. 66-72.
2. Раскрытие потенциальных синергетических возможностей свеклосахарного подкомплекса АПК на основе оценки результативности выращивания сахарной свеклы [Текст] // О.В. Святова, Д.А. Зюкин, Р.В. Солошенко, О.Н. Выдрина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2015. №9. С.23-27.
3. Разработка стратегических ориентиров сбалансированного развития российского свеклосахарного подкомплекса [Текст] / Святова О.В., Зюкин Д.А., Солошенко Р.В., Дорогавцева И.Г // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №3. С. 71-74.
4. Основные приоритеты совершенствования эффективности функционирования и стратегического развития свеклосахарного подкомплекса [Текст] / Святова О.В., Дорогавцева И.Г., Солошенко Р.В. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 6. С. 52-56.
5. Разработка предложений по повышению эффективности деятельности свеклосахарного подкомплекса АПК на основе синергетического управления его развитием [Текст] /Святова О.В., Солошенко Р.В., Зюкин Д.А. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 7. С. 48-51.
6. Научные основы формирования стратегического управления развитием свеклосахарного подкомплекса АПК на основе синергетического подхода [Текст] /Святова О.В., Солошенко Р.В., Зюкин Д.А., Дорогавцева И.Г.– Курск , 2015.- 187с.
7. Раскрытие потенциальных синергетических возможностей развития свеклосахарного подкомплекса АПК с учетом расширения экономического пространства [Текст] /Святова О.В., Зюкин Д.А., Солошенко Р.В., Выдрина О.Н. – Курск , 2015.- 175с.

8. Совершенствование стратегического управления свеклосахарного подкомплекса АПК Российской Федерации на основе синергетической модели развития [Текст] / О.В. Святова, Р.В. Солошенко, Д.А. Зюкин и др. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2017. – 444 с.

References

1. Razvitie semenovodstva kak osnova ehffektivnogo i ustojchivogo funkcionirovaniya sveklosaharnogo podkompleksa APK [Tekst] / Zyukin D.A., Svyatova O.V., Soloshenko R.V., Vydrina O.N., Dorogavceva I.I. // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2017. № 3 (15). S. 66-72.
2. Raskrytie potencial'nyh sinergeticheskikh vozmozhnostej sveklosaharnogo podkompleksa APK na osnove ocenki rezul'tativnosti vyrashchivaniya saharnoj svekly [Tekst] // O.V. Svyatova, D.A. Zyukin, R.V. Soloshenko, O.N. Vydrina // EHkonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. 2015. №9. S.23-27.
3. Razrabotka strategicheskikh orientirov sbalansirovannogo razvitiya rossijskogo sveklo-saharnogo podkompleksa [Tekst] / Svyatova O.V., Zyukin D.A., Soloshenko R.V., Dorogavceva I.G. // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. №3. S. 71-74.
4. Osnovnye priority sovershenstvovaniya ehffektivnosti funkcionirovaniya i strategicheskogo razvitiya sveklosaharnogo podkompleksa [Tekst] / Svyatova O.V., Dorogavceva I.G., Soloshenko R.V. // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 6. S. 52-56.
5. Razrabotka predlozhenij po povysheniyu ehffektivnosti deyatel'nosti sveklosaharnogo podkompleksa APK na osnove sinergeticheskogo upravleniya ego razvitiem [Tekst] /Svyatova O.V., Soloshenko R.V., Zyukin D.A. // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 7. S. 48-51.
6. Nauchnye osnovy formirovaniya strategicheskogo upravleniya razvitiem sveklosaharnogo podkompleksa APK na osnove sinergeticheskogo podhoda [Tekst] /Svyatova O.V., Soloshenko R.V., Zyukin D.A., Dorogavceva I.G.– Kursk , 2015.- 187s.
7. Raskrytie potencial'nyh sinergeticheskikh vozmozhnostej razvitiya sveklosaharnogo pod-kompleksa APK s uchetom rasshireniya ehkonomicheskogo prostranstva [Tekst] /Svyatova O.V., Zyukin D.A., Soloshenko R.V., Vydrina O.N. – Kursk , 2015.- 175s.
8. Sovershenstvovanie strategicheskogo upravleniya sveklosaharnogo podkompleksa APK Rossijskoj Federacii na osnove sinergeticheskoy modeli razvitiya [Tekst] / O.V. Svyatova, R.V. Soloshenko, D.A. Zyukin i dr. – Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-h. ak., 2017. – 444 s.

Сведения об авторах

Святова Ольга Викторовна, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита КГУ, e-mail: olga_svyatova@mail.ru

Солошенко Руслан Викторович доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории ФГБОУ ВО Курская ГСХА, e-mail: ruslan.soloshienko@mail.ru

Зюкин Данил Алексеевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики КГУ, e-mail: nightingale46@rambler.ru

Information about authors

Svyatova Olga Viktorovna, doctor of Economics, Professor of accounting, analysis and audit Department, KSU, e-mail: olga_svyatova@mail.ru

Soloshienko Ruslan Viktorovich. doctor of economic Sciences, Professor of the chair of economic theory, Kursk state agricultural academy, e-mail: ruslan.soloshienko@mail.ru

Zyukin Danil Alekseevich, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics KSU, e-mail: nightingale46@rambler.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 633.174:631.5 (477.72)

Р.М. Василенко, И.Н. Степанова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБАМИД-АММИАЧНОЙ СМЕСИ (КАС) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОРГО САХАРНОГО

Аннотация. Отрасль земледелия в южном регионе проводится в тяжелых почвенно-климатических условиях с количеством осадков меньше чем 400 мм. В таких регионах сорго сахарное, благодаря высокой засухоустойчивости, малым требованиям к почвам, хорошей чувствительности к орошению и высоким урожаям, может выращиваться как культура кормового направления, так и технического использования. В настоящее время лучшие селекционные образцы данной культуры содержат в клеточном соке стеблей до 20%, а иногда и больше сахаров. Целью исследований предполагалось выявить наибольшую продуктивность кормовой массы сорго, а также выход суммы сахаров с гектара в зависимости от сроков подкормки азотным удобрением КАС как на орошаемых, так и неполивных землях. В результате проведенных исследований установлено, что наибольшую продуктивность зеленого корма на силос обеспечивает гибрид Довиста как на орошении с выходом кормовых единиц 18,5 т/га, так и на богаре - 11,6 т/га при подкормке КАС дозой N₄₀ в фазу 4-5 листьев. Орошение обеспечило увеличение содержания сахаров в стеблях растения до 15,6% у гибрида, а на богаре у сорта Силосный 42 - 12,8%. Гибрид Довиста на орошаемом массиве оказался наиболее продуктивным как по кормовой продуктивности, так и по сбору сахаров с единицы площади.

Ключевые слова: сорго сахарное, продуктивность, сорт, гибрид, содержание сахаров.

THE EFFICIENCY OF USING UREA-AMMONIUM NITRATE (UAN) IN THE CULTIVATION OF SWEET SORGHUM

Abstract. The agriculture sector in the southern region is carried out in heavy soil and climatic conditions with rainfall less than 400 mm. In these regions, sweet sorghum, due to its high drought resistance, low soil requirements, good sensitivity to irrigation and high yields, can be grown as a culture feed, and technical use. Currently the best breeding samples of this culture contained in the cell SAP of stems up to 20% and sometimes more sugar. The aim of the research was intended to identify the highest productivity of forage sorghum and the output is the sum of sugars per hectare depending on the timing of topdressing nitrogen fertilizer CAS both irrigated and rainfed lands. As a result of researches it is established that the highest productivity of green fodder for silage provides a hybrid Dovista as irrigation with a yield of fodder units of 18.5 t/ha and on rainfed and 11.6 t/ha with feeding urea ammonium nitrate dose N₄₀ in the phase of 4-5 leaves. Irrigation increased the sugar content in the stems of the plants to 15.6% in the hybrid, and the rainfed in the variety of Silo 42 is 12.8%. Hybrid Dovista on irrigated array is most productive as forage productivity, and for the collection of sugars per unit area.

Keywords: sweet sorghum, productivity, variety, hybrid, sugar content.

Введение. Сельскохозяйственное производство в засушливой зоне южной Степи нуждается в большем количестве качественной растениеводческой продукции. Однако отрасль земледелия в южном регионе проводится в тяжелых почвенно-климатических условиях с количеством осадков меньше чем 400 мм. В таких регионах сорго сахарное, благодаря высокой засухоустойчивости, малым требованиям к почвам, хорошей чувствительности к орошению и высоким урожаям, может выращиваться как культура универсального использования [7,8]. Эта культура по биологическим особенностям способна в короткий промежуток времени формировать высокий урожай зеленой массы и быть сырьем для получения продукции как кормового направления, так и технического использования [1,2,6].

Использование растительного сырья из сорго сахарного для указанных целей, главным образом, зависит от наличия сочных стеблей с высоким содержанием сахаров. В настоящее время лучшие селекционные образцы данной культуры содержат в клеточном соке стеблей до 20%, а иногда и больше сахаров. Также, благодаря внедрению сорго сахарного в производство и более полного использования биоклиматического потенциала региона, возможно существенное увеличение производства кормов [3,4].

Важнейшим источником гарантированного выращивания растениеводческой продукции в условиях южной Степи Украины служат орошаемые земли, где должны применяться научно обоснованные, системные подходы в выращивании сорго [5].

С целью экономии производственных затрат при выращивании сахарного сорго, необходимо исследовать сроки внесения азотных удобрений. Их внесение необходимо увеличивать до периода активного роста растений, уменьшая общую норму. Такое внесение азотных удобрений обусловлено сокращением их общего использования, позволяет внедрить энергосберегающую технологию при оптимальной влажности почвы [1].

Итак, для уменьшения затрат энергоемких азотных удобрений большое значение имеют сроки их внесения. В связи с поставленной задачей об увеличении производства качественных кормов с единицы площади, в Институте орошаемого земледелия НААН был заложен опыт по эффективности выращивания сахарного сорго в южной Степи. Целью исследований предполагалось выявить наибольшую продуктивность кормовой массы сорго, а также выход суммы сахаров с гектара в зависимости от сроков подкормки азотным удобрением КАС как на орошаемых, так и неполивных землях.

Материалы и методы исследований. Полевой опыт проводили на опытном поле Института орошаемого земледелия НААН в 2014-2016 гг. Способ посева - широкорядный с междурядьями 70 см. Посевы проводили в третьей декаде апреля как при неполивных условиях, так и на орошении. В исследованиях изучали сорт Силосный 42 и гибрид Довиста. На вариантах со сроками внесения удобрений использовали минеральное удобрение КАС (карбамидно-аммиачную смесь) дозой N_{40} , которую вносили в фазы 4-5 листьев, 8-10 листьев и 15 листьев соответственно схеме опыта. Повторность в опытах четырехкратная. На орошаемых участках проведено вегетационные поливы орошаемой нормой 1800-2000 м³/га. Опыт заложен методом расщепленных делянок. Общая посевная площадь учетной делянки - 20 м².

В среднем за три года высота растений в период уборки силосной массы (фаза налива зерна) при неполивных условиях составляла от 193 до 239 см. Наибольшей она была у гибрида Довиста с площадью листовой поверхности 39,2-47,0 тыс. м²/га. В условиях богары сорт Силосный 42 по высоте растений уступал на 11,7%. Площадь же листовой поверхности которого составляла 34,8-43,5 тыс. м²/га.

На орошении высота растений также была наибольшей у гибрида Довиста, которая составляла от 263 до 322 см, а у сорта Силосный 42 ниже на 19,0-23,8%. В этих условиях наибольшая площадь листовой поверхности 57,1 тыс. м²/га составляла у гибрида Довиста.

При изучении влияния минерального питания по фазам развития растений сорго на уровень продуктивности силосной массы установлено, что в неполивных условиях наиболее высокую урожайность в среднем за 2014-2016 годы - 47,9 т/га сформировал гибрид Довиста с подкормкой N_{40} во время наступления более ранней фазы 4-5 листьев. На этом варианте было собрано большее количество сухого вещества - 14,8 т с выходом 11,6 т кормовых единиц, 0,46 т/га переваримого протеина (табл. 1).

Следует отметить, что сорт Силосный 42 в неполивных условиях уступал гибриду Довиста по урожайности на 16,2-41,1%, однако лучшим был тоже вариант при подкормке азотным удобрением в фазу 4-5 листьев. Орошение обеспечило увеличение урожая силосной массы у гибрида Довиста в среднем в 1,7 раз, а у сорта Силосный 42 в 1,5 раза.

Итак, в условиях дополнительного орошения гибрид Довиста был продуктивным с урожайностью 60,3-84,0 т/га, а сорт Силосный 42 уступал на 22,4-33,2%. При орошении на вариантах со сроками внесения азотных удобрений наиболее продуктивным оказалась подкормка в фазу 4-5 листьев. В этих условиях наибольшая продуктивность силосной массы была у гибрида Довиста со сбором сухого вещества - 22,9 т, выходом кормовых единиц - 18,5 т, переваримого протеина - 0,74 т/га.

В среднем за 2014-2016 годы, подкормка азотными удобрениями N_{40} на время наступления фазы 4-5 листьев обеспечило увеличение урожая силосной массы по сравнению с контролем (без подкормки) у сорта Силосный 42 в неполивных условиях на 57,3% и при орошении на 47,4%, гибрида Довиста – на 34,2% и 39,3% соответственно. При подкормке в последующие фазы вегетации растений сорго отмечалось постепенное снижение продуктивности силосной массы.

Доля влияния исследуемых факторов в среднем за 2014-2016 годы была следующей: фактор А - 27,0%, фактор В - 35,2%, фактор С - 29,4%, взаимодействие факторов АВ - 6,3%, а АС, ВС и АВС была малозначительными - 0,1-0,9%. Итак, в среднем за годы проведения исследований, большее влияние на сбор сухого вещества сахарного сорго имел подбор сортового и гибридного состава, затем подкормка карбамид-аммиачной смесью (КАС) и условия увлажнения.

Таблица 1 - Продуктивность сорго сахарного в зависимости от условий увлажнения и минерального питания (2014-2016 гг.)

Сорт/гибрид (В)	Минеральное питание (С)	Урожайность силосной массы, т/га	Сбор сухого вещества, т/га	Выход п. п., т/га	Выход корм. ед, т/га
Без орошения (А)					
Силосное 42	Без подкормки	25,3	7,3	0,18	5,8
	N40 (в ф.4-5л.)	39,8	12,4	0,37	10,3
	N40 (в ф.8-10л.)	33,4	10,1	0,31	8,3
	N40 (в ф.15л.)	30,4	9,0	0,26	7,5
Довиста (F1)	Без подкормки	35,7	10,5	0,28	8,3
	N40 (в ф.4-5л.)	47,9	14,8	0,46	11,6
	N40 (в ф.8-10л.)	42,3	13,0	0,39	10,0
	N40 (в ф.15л.)	38,8	11,4	0,32	8,7
При орошении (А)					
Силосное 42	Без подкормки	40,3	9,1	0,32	7,0
	N40 (в ф.4-5л.)	59,4	14,5	0,52	11,6
	N40 (в ф.8-10л.)	52,8	12,6	0,43	10,1
	N40 (в ф.15л.)	47,2	11,1	0,38	8,8
Довиста (F1)	Без подкормки	60,3	14,8	0,43	11,5
	N40 (в ф.4-5л.)	84,0	22,9	0,74	18,5
	N40 (в ф.8-10л.)	77,1	19,3	0,60	15,0
	N40 (в ф.15л.)	68,1	16,6	0,52	12,3
НСР05	А	0,55	0,14		
	В	0,82	0,19		
	С	1,06	0,16		

Стебель сахарного сорго является основным органом, в тканях которого накапливается сахар. Итак, от массы стеблей и содержания в них сахара зависит выход его с гектара. Проведенные исследования показали, что содержание сахара в растениях является сортовым признаком (табл. 2).

При неполивных условиях наибольшее содержание сахара 9,6-12,8% отмечался у сорта Силосный 42 с наибольшим показателем при подкормке КАС дозой N₄₀ в фазу 4-5 листьев. Обращает на себя внимание уменьшение содержания сахаров при подкормке минеральным удобрением в другие, более поздние фазы развития растений как у сорта Силосный 42, так и гибрида Довиста.

Такая зависимость отмечалась и на орошаемых участках. Однако, гибрид Довиста оказался наиболее чувствительным к орошению и обеспечил наибольшее содержание сахаров 12,6-15,6%. В этих условиях сорт Силосный 42 уступал по содержанию сахаров на 11,6-14,4%, с урожайностью стеблей до 46,8 т/га и выходом сахара 3,9-6,7 т/га. Таким образом,

гібрид Довиста на зрошуваному масиві забезпечував максимальний рівень урожайності стеблей до 63,9 т/га і вихода сахара с гектара 10 т.

Таблиця 2 - Урожайність стеблей і виход сахаров у сорго сахарного (2014-2016 рр.)

Сорт/гібрид (В)	Мінеральне Питання (С)	Содержание сахаров в стеблях, %	Стеблей в структурі урожая, %	Масса стеблей с 1 га, т	Выход сахаров с 1 га, т
Без зрошення (А)					
Силосное 42	Без підкормки	9,6	81,2	20,6	2,0
	N40 (в ф.4-5л.)	12,8	75,4	30,0	3,8
	N40 (в ф.8-10л.)	12,3	77,7	26,0	3,2
	N40 (в ф.15л.)	10,4	79,3	24,1	2,5
Довиста (F1)	Без підкормки	9,6	80,3	28,6	2,7
	N40 (в ф.4-5л.)	10,6	73,9	35,4	3,7
	N40 (в ф.8-10л.)	10,2	75,0	31,8	3,2
	N40 (в ф.15л.)	9,8	77,5	30,1	2,9
При зрошенні (А)					
Силосное 42	Без підкормки	11,6	84,4	34,0	3,9
	N40 (в ф.4-5л.)	14,4	78,7	46,8	6,7
	N40 (в ф.8-10л.)	13,9	81,1	42,8	6,0
	N40 (в ф.15л.)	11,9	82,6	39,0	4,6
Довиста (F1)		12,6	83,0	50,1	6,3
	Без підкормки	15,6	76,1	63,9	10,0
	N40 (в ф.4-5л.)	14,9	78,3	60,4	9,0
	N40 (в ф.8-10л.)	14,1	80,2	54,6	7,7
V, %		16,5	3,8	34,1	50,0

Заключення. В результаті проведених досліджень встановлено, що культура сахарного сорго є перспективною як для неpolивних умов, так і для зрошення. Найбільшу продуктивність зеленого корму на силос забезпечує гібрид Довиста як на зрошенні з виходом кормових одиниць 18,5 т/га, так і на богарі - 11,6 т/га при підкормці КАС дозою N40 в фазу 4-5 листків. Зрошення забезпечило збільшення вмісту сахаров в стеблях рослини до 15,6% у гібрида, а на богарі у сорту Силосний 42 - 12,8%. Гібрид Довиста на зрошуваному масиві виявився найбільш продуктивним як по кормовій продуктивності, так і по зборі сахаров з одиниці площі.

Бібліографія

1. Вожегова Р.А., Заєць С.О., Василенко Р.М. Ресурсозберігаючі технології вирощування кормових культур в умовах півдня України. – Науково-практичні рекомендації. – Херсон. – 2015. – 28 с.
2. Герасименко Л.А. Вплив строків та глибини загортання насіння на фотосинтетичну продуктивність посівів сорго цукрового // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2014. - №4. – С. 73-77.
3. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Козак Т.О. Формування продуктивності сорго цукрового під впливом строків сівби // Ukrainian Journal of Ecology. – 2017. - №7(4). – С. 500-504.
4. Троценко В.І., Глупак З.І. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового в умовах північно-східного Лісостепу України / В.І. Троценко, З.І. Глупак // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014, № 9(28). – С. 127-129.
5. Жидков В.М., Битюков В.А. Режим зрошення і удобрення сахарного сорго на світло-каштанових ґрунтах Волгоградського Заволж'я // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 18-20.
6. Макаров Л.Х. Соргові культури. – Херсон: Айлант, 2006.- 264 с.

7. Малиновский Б.Н., Казакова А.С. Сорго как источник высокосахаристой продукции // Сахарная промышленность – 1986. - №2. – С. 54-57.
8. Шекун Г.М. Культура сорго в СССР и ее биологические особенности. – М: Колос, 1964. – 140 с.

References

1. Vozhegova, R.A., Zayets. S.O., Vasylenko R.N. Resursozberigayuchi tehnologiyi viroschuvannya kormovih kultur v umovah pivdnya Ukrainu [Resource-saving technologies of growing fodder crops in the south of Ukraine], 2015. – 28 p.
2. Gerasimenko, L.A. (2014). Vpliv strokiv ta glibini zagortannya nasinnya na fotosintetichnu produktivnist posiviv sorgo tsukrovogo [Influence of the terms and depth of seeding on the photosynthetic productivity of sugar sorghum crops]. Graduate study and protection of rights to plant varieties, 2014, no 4, pp. 73-77.
3. Grabovsky, M.B., Grabovska T.O., Kozak T.O. Formuvannya produktivnosti sorgo tsukrovogo pid vplivom strokiv sivbu [Formation of productivity of sorghum under the influence of sowing terms] Ukrfinian Journal of Ekology, 2017, no. 7 (4), pp. 500-504.
4. Trotsenko V.I., Glupak Z.I. Produktivnist sortiv ta gibridiv sorgo tsukrovogo v umovah pivnichno-shidnogo Lisostepu Ukrainu. [Productivity of sorts and hybrids of sugar sorghum in the conditions of the northeastern forest-steppe Ukraine] Visnyk of Sumy National Agrarian University, 2014, no. 9 (28), pp. 127-129.
5. Zhidkov, V.M., Bitukov V.A. Rezhim orosheniya i udobreniya saharnogo sorgo na svetlo-kashtanovyih pochvah Volgogradskogo Zavolzhyia [Mode of irrigation and fertilization of sugar sorghum on light-chestnut soils of Volgograd Zavolzhye] Fodder production, 2010, no. 2., pp. 18-20.
6. Makarov, L.H. Sorgovi kulturi [Sorghum culture] Kherson, 2006. – 264 p.
7. Malinovsky, B.N., Kazakova A.S. Sorgo kak istochnik vyisokosaharistoy produktsii [Sorgo as a source of high-sugar products] Sugar industry. – Moskove, 1986, no 2, pp. 54-57.
8. Shekun, G.M. Kultura sorgo v SSSR i ee biologicheskie osobennosti [Sorghum culture in the USSR and its biological features] Moskove, 1964, no 2, 140 p.

Сведения об авторах

Василенко Руслан Николаевич, старший научный сотрудник отдела агротехнологий Института орошаемого земледелия НААН, кандидат с.-х. наук, с.н.с., г. Херсон, Украина. 73028. e-mail. ruslan-18@ukr.net

Степанова Ирина Николаевна, старший научный сотрудник лаборатории аналитических исследований Института орошаемого земледелия НААН, кандидат с.-х. наук, г. Херсон, Украина. 73000. e-mail. IrinaStepanova.0508@gmail.com

Information about authors

Vasilenko Ruslan Nikolayevich, Senior Researcher, Agrotechnology Department, Institute of Irrigated Agriculture, NAAS, Ph.D. Sciences, Senior Researcher, Kherson, Ukraine. 73028. e-mail. ruslan-18@ukr.net

Stepanova Irina Nikolaevna, Senior Researcher of the Analytical Research Laboratory of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agricultural Sciences, candidate of agricultural sciences, Kherson, Ukraine. 73000. e-mail. IrinaStepanova.0508@gmail.com

УДК 631.58

*В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, А.Н. Крюков, А.М. Хлопяников, Н.А. Лопачев,
В.А. Стебаков*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Аннотация. На основании литературных данных и собственных научных исследований теоретически обосновано получение урожая полевых культур с необходимыми величинами: качеством, надёжностью, экономической и экологической целесообразностью, увеличением используемой части растений, преодолением стихийности погоды и другими показателями. Для этого обоснования необходимо сочетание трех самостоятельных систем: агроклиматической, технологической и растения. При низком и высоком уровне урожая полевых культур все три системы нуждаются в улучшении: совершенствовании и рационализации, удешевления и совмещения операций, универсальности и конкретности, преодоления лимитов и синергизма агроприемов. В адаптивном земледелии включение в технологии возделывания полевых культур сидерации, зерновых бобовых культур, бобовых и злаковых однолетних и многолетних трав и их смесей в сочетании с рациональными приемами обработки почвы, системами удобрений и защиты растений должны рассматриваться как важное звено энергетических и агроклиматических ресурсов региона, новых сортов и гибридов полевых культур.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, технология возделывания растения, полевые культуры, предшественник, обработка почвы, сидерация, удобрения, продуктивность, урожайность, эффективность.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF MANAGEMENT OF PRODUCTIVITY OF CULTURAL PLANTS IN ALTERNATIVE SAFE TECHNOLOGIES OF EMPLOYMENT

Abstract. On the basis of literary data and own scientific research obtaining field cultures of a harvest with necessary sizes is theoretically proved: quality, reliability, economic and ecological feasibility, increase in the used part of plants, overcoming spontaneity of weather and other indicators. This justification requires a combination of three independent systems: agroclimatic, technological, plants. At the low and high level of a harvest of field cultures all three systems need improvement, improvement and rationalization, reductions in cost, combination of operations, universality and concreteness, overcoming limits and synergism of agropreceptions. In adaptive agriculture inclusion in technologies of cultivation of field cultures of a sideration, grain bean crops, bean and cereal annual and long-term herbs and their mixes in combination with rational methods of processing of the soil, the systems of fertilizers and protection of plants have to be considered as an important link of energy and agroclimatic resources of the region, new grades and hybrids of field cultures.

Keywords: agroclimatic resources, technology of cultivation of plants, field cultures, predecessor, processing of the soil, sideration, fertilizers, efficiency, productivity, efficiency.

Введение. Переход к рыночной экономике агропромышленного комплекса в России изменил земельные отношения и формы землепользования, возникло многоукладное сельскохозяйственное производство. В сложившихся условиях повышение эффективности нового аграрного производства – сложная и многосторонняя задача. Среди показателей, определяющих рост эффективности его производства, большое значение должно отводиться разработке и внедрению альтернативных экологически безопасных технологий возделывания, составной частью которых являются плодосменные «биологизированные» севообороты и энергосберегающие адаптивные агротехнологические приемы возделывания сельскохозяйственных культур, существенно повышающие их урожайность и качество продукции [1, 2, 3, 4].

Основная часть. Необходимо отметить, что получение урожая с учетом его величины, качества, надежности, экономической и экологической целесообразности, возобновляемости, оптимального развития, увеличения используемой части растений и преодоления стихийности погоды включает в себя три достаточно самостоятельных систем:

- агроклиматических ресурсов, определяет среду обитания растений, в т.ч. биотическую;
- технологический комплекс, совершенствует проведение агроприемов в растениеводстве;
- растения, потенциальная сортовая продуктивность растения (селекция, семеноводство, семеноводство, сортообновление).

При самом низком и самом высоком уровне урожая все три системS получения урожая всегда присутствуют, то есть всегда есть среда, технология и растения. Но содержательная, сущностная сторона всех этих систем состоит в параметре их улучшения, - совершенствования, рационализации, удешевления, совмещения операций, универсальности и конкретности, преодоления лимитов и синергизма агроприемов. К сожалению, до настоящего времени нет общего термина – понятия, объединяющих блоки «среда», «технология» и «растения» в единое целое.

В настоящее время «система растений» в «системе земледелия» и «системе технологий» используются достаточно пассивно. Продукт селекции – сорт принимается как статичный продукт. При изучении разных технологий возделывания испытывается один сорт, в ней не выявляются лимиты и достоинства. Для экстенсивных технологий могут рекомендоваться интенсивные сорта; что касается подбора сортов для конкретного поля в год посева, то этот вопрос даже не задается. Не ведется подбор сортов и их селекция на предшественники, уровень плодородия и другие агроприемы.

Завет К.А.Тимирязева «спросить само растение о его потребностях» до сих пор не обоснован и «язык дискуссии» с растением ждет своего обоснования [7]. В то же время множество разрозненных фактов, дают уверенность, что завет К.А. Тимирязева может быть реализован в конкретный метод предсказания, что нужно растениям на конкретной почве. Этот метод позволил бы подбирать сорта и семена разного происхождения (год и место их возделывания), а также сортосмеси для конкретных почв и полей, обосновывать нормы удобрений. Такой подход предложил профессор Арланд из бывшей ГДР, ссылаясь на К.А. Тимирязева, но после его смерти исследования не были продолжены.

Есть еще одна сторона активного использования «систем растений». Часто возникает острая необходимость в быстрой селекции (загрязненные и рекультивированные почвы). Объективно такая возможность есть, - при первичном семеноводстве различия между потомствами отдельных семей достигают 250-300%. Академик В.С.Пустовойт отмечал, что после каждого цикла семеноводства эти семена можно передавать в сортоиспытание как новый сорт [6]. Собственно, первичное семеноводство и есть селекция в пределах сорта. За рубежом часто первичное семеноводство называют улучшающей селекцией. К сожалению, сейчас оно не ведется в конкретных хозяйствах использования сортов и даже в семеноводческих хозяйствах, а передано в селекционные учреждения. Поэтому фактор конкретной приспособленности (идиоадаптивности) реализуется только частично. Ведь суть селекции сводится к повышению как общей приспособленности (ароморфоз, эволюционная продвинутость), так и конкретной. Как правило, каждый сорт районируется на большой территории при наличии больших различий в экологии, плодородии почв, дозах и формах удобрений, набора предшественников и в целом технологий возделывания. В семеноводстве нет способов получения семян с заданными свойствами, хотя известны конкретные факторы (микроэлементы, регуляторы роста, климатические и технологические условия), которые могут положительно изменять свойства семян на 1-2 года.

Обсуждаемые в этой статье агротехнологические приемы нуждаются в дополнительных исследованиях по поиску сортов, используемых культур для каждой из принятых систем. Известны исследования, проведенные в Эстонии, которыми было установлено, что из большого набора старых и современных сортов ячменя на бедных по естественному плодородию почвах и при дозе удобрений не более $N_{30}P_{30}K_{30}$ первое место по урожаю занял самый старый из сортов Винер. Но по мере повышения плодородия и доз удобрений на первые места выходили современные интенсивные сорта ярового ячменя. Эти исследования дают основу для поиска сортов для каждой из изучаемых технологий возделывания. Такие исследования были бы более плодотворными при сотрудничестве с селекционерами.

Наши научные исследования показали, что в аграрном современном производстве технология возделывания не может быть универсальной. В каждом конкретном природно-экологическом регионе и отдельно взятом предприятии должны быть разработаны и внедрены свои дифференцированные оптимальные интенсивные, переходные к биологическим и

биологические технологии возделывания полевых культур. Новый дифференцированный подход к альтернативным технологиям, согласованный с зональными условиями и сортами полевых культур оказывают существенное влияние на восстановление плодородия почвы, продуктивность растений, ресурсосбережение и охрану окружающей природной среды [5,8].

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что в течение ближайших лет и на перспективу в условиях экономического, энергетического и экологического кризисов при недостатке традиционных органических удобрений – навоза и торфа важными источниками пополнения гумуса почвы в биологизированных севооборотах, повышение урожайности и качества возделываемых полевых культур, должны стать пожнивными сидератами, солома, посев зерновых бобовых культур, однолетних и многолетних трав, бобовых и бобово-злаковых смесей, их адаптивные сорта и гибриды. В сочетании с энергосберегающими способами обработки почвы и ухода за посевами, рациональными средствами защиты растений они способны обеспечивать стабильное получение с довольно дешевой биологически полноценной и экологически безопасной продукции растениеводства.

На основании этих аспектов многолетних полевых опытах (1990-2005 гг.), проведенных в Брянской ГСХА, разработаны альтернативные технологии возделывания кукурузы на силос и зерно-стержневую смесь, в основу которых положены оптимальные параметры питания растений в сочетании с разными способами основной обработки почвы, гибридами и густотой стояния растений, способствующие повышению урожайности и качеству продукции, сбережению трудовых и энергетических средств в условиях серых лесных почвы юго-западной части Центрального региона [9, 10, 11].

В стационарном полевом опыте установлено, что урожайность и качество продукции кукурузы за годы исследований на технологиях с рыхлением почвы стойками СИБИМЭ на 28-30 см получена наибольшая урожайность сухого вещества кукурузы 13,0-13,8 т/га, что в 2,0-2,1 раза выше, чем на биологической технологии (табл. 1), что объясняется лучшим использованием органических и минеральных удобрений, равномерной их концентрацией в пахотном слое, рыхлением подпахотного слоя, повышенным запасом продуктивной влаги, элементов питания и биологической активностью почвы.

В технологии по вспашке на 23-25 см и обработке почвы по типу «параплау» на 28-30 см урожайность сухого вещества была меньше: 12,1-13,2 т/га, 12,1-12,7 т/га соответственно. На технологиях с нетрадиционными видами органических удобрений пожновым сидератом (5-19,5 т/га), измельченной соломой (5-6 т/га), минеральных удобрений $N_{109-129}P_{77-80}K_{50-10}$ в сочетании с пестицидами и технологиях с внесением навоза (55 т/га), минеральными удобрениями $N_{80}P_{80}K_{10}$ и пестицидами сбор сухого вещества кукурузы был практически на одинаково высоком уровне. Максимальная урожайность сухого вещества 12,7-13,8 т/га получена на технологиях с применением навоза (55 т/га), сидерата (5-19,5 т/га), соломы (5-6 т/га) и умеренном уровне минеральных удобрений $N_{25-60}P_{50-75}K_0$ в сочетании с пестицидами на всех способах основной обработки почвы. Следовательно, основная обработка почвы, органические и минеральные удобрения с пестицидами способствуют повышению урожайности сухого вещества кукурузы за счет хорошего их сочетания в агротехнологиях. На биологической технологии с внесением навоза (55 т/га), сидерата (5-19 т/га) и соломы (5-6 т/га) без средств химизации была наименьшая урожайность сухого вещества - 6,1-6,5 т/га.

На качество сухого вещества кукурузы положительно влияли технологии с совместным внесением органических и минеральных удобрений. Наибольшее содержание сырого протеина 7,20-7,64% и жира – 1,52-1,72% отмечено на вариантах переходной к биологической технологии с внесением навоза (55 т/га), сидерата (5-19,5 т/га), соломы (5-6 т/га) и умеренных доз минеральных удобрений ($N_{109-129}P_{77-80}K_{0-10}$), как на фоне вспашки, так и рыхлении стойками СИБИМЭ и по типу «параплау». Прямой зависимости в содержании сырой клетчатки, БЭВ и золы от вносимых удобрений не установлено, отмечена лишь тенденция снижения содержания клетчатки и золы по биологической технологии с внесением навоза, сидерата и соломы по всем способам основной обработки почвы.

Минеральный состав сухого вещества в технологиях кукурузы также варьировал в зависимости от сочетаний органических и минеральных удобрений. Во все годы исследований технологии с внесением органических и минеральных удобрений способствовали повышению содержания в сухом веществе общего азота и зольных элементов на всех способах основной обработки почвы общего азота – 1,32-1,58%, фосфора – 0,25-0,28%, калия – 1,17-1,42%. В то же время на биологической технологии без средств химизации содержание макроэлементов в сухом веществе было существенно меньше: азота лишь 1,07-1,13%, фосфора – 0,23-0,24%, калия – 1,04-1,09%.

Повышенный сбор кормовых единиц и переваримого протеина 11,2-12,0 т/га и 0,59-0,62 т/га соответственно получен по вариантам технологий с внесением органических и минеральных удобрений в сочетании с пестицидами на фоне рыхления почвы стойками СибИМЭ на 28-30 см с заделкой органических удобрений предплужниками на 14-16 см. По вспашке и рыхлению почвы по типу «параплау» эти показатели были несколько ниже. На вариантах без средств химизации сбор кормовых единиц и переваримого протеина существенно снижался.

Наибольший выход обменной энергии получен на технологиях с совместным внесением органических и минеральных удобрений и достигал в зависимости от приема основной обработки: по вспашке – 109,5-117,1 тыс. МДж/га, стойками СибИМЭ – 117,5-123,2 тыс. МДж/га и по типу «параплау» – 108,1-112,9 тыс. МДж/га. Существенно ниже она была в технологии с внесением одних органических удобрений и составила всего 54,3-57,9 тыс. МДж/га.

Применяемые в опытах зеленые удобрения и их сочетания с соломой, отавой однолетних, многолетних трав и навозом позволяют также более эффективно с меньшими дозами и энергозатратами использовать минеральные туки. Совместно они существенно пополняют источники органического вещества и азота в почве, уменьшают непроизводительные потери влаги и питательных веществ, засоренность посевов, улучшить биологическую активность почвы, ее агрофизические свойства, тем самым снижают отрицательное действие на почву машин и механизмов, уменьшают действие эрозии и дефляции в силу активного ее рыхления биологическим путем – за счет корневых систем многолетних трав и сидератов.

Поэтому включение в севооборот разных приемов обработки почвы позволит выявить наиболее эффективные из них для улучшения баланса гумуса, водного режима почвы, снижения засоренности посевов и повышения эффективности применения удобрений. В юго-западной части Российской Федерации в отдельные годы наблюдается недостаток влаги, особенно в поздневесенний и летний периоды (в мае-июне). Поэтому и здесь борьба за накопление и сохранение влаги приобретает первостепенное значение, на что можно существенно влиять агротехническими приемами и, в первую очередь обработкой почвы и внесением органических удобрений. В связи с этим, безотвальная и поверхностная обработки почвы оправданы. К тому же используемые органические удобрения (навоз, сидераты, отава многолетних трав, солома) по-разному разлагаются в почве и положительно влияют на урожайность полевых культур в зависимости от приемов обработки почвы и ухода за посевами.

Таблица 1 - Урожайность и кормовая ценность сухого вещества початков кукурузы в зависимости от технологий возделывания

Вариант технологии	Урожайность сухого вещества		Сбор, т/га		Питаемость 1 кг сухого вещества, корм. ед.	Обменная энергия	
	т/га	%	корм. ед.	перевар. протеина		МДж/кг	тыс. МДж/га
1	12,1	189,0	10,4	0,63	0,86	9,05	109,5
2	12,3	192,2	10,5	0,59	0,85	8,91	109,6
3	13,2	206,3	11,4	0,61	0,86	8,87	117,1
4	6,4	100,0	5,4	0,39	0,85	9,01	57,7
5	13,0	200,0	11,2	0,62	0,86	9,04	117,5
6	13,1	202,0	11,4	0,59	0,87	9,12	119,4
7	13,8	212,3	12,0	0,60	0,87	8,93	123,2
8	6,5	100,0	5,5	0,41	0,85	8,92	57,9
9	12,1	198,4	10,2	0,57	0,84	8,93	108,1
10	12,3	202,0	10,5	0,58	0,85	8,91	109,6
11	12,7	208,2	10,9	0,58	0,86	8,89	112,9
12	6,1	100,0	5,3	0,40	0,86	8,90	54,3

Примечание: НСР₀₅ 1990 г.- 0,42; 1991 г.- 0,51; 1992 г.- 0,65; 1993 г.- 0,50; 1994 г.- 0,45

Заключение. Таким образом, в современном адаптивном земледелии включенные в технологии возделывания сидерация, посев зерновых бобовых культур, бобовых многолетних трав в сочетании с рациональными приемами основной обработки почвы, системами удобрений и защиты растений должны рассматриваться, как важное звено энергетических и агроклиматических ресурсов региона, новых сортов и гибридов полевых культур, существенно снижающие затраты на их возделывание.

Библиография

1. Виговскис Я.М. Продуктивность разных систем земледелия в условиях Латвии/Я.М.Виговскис// Роль адаптивных элементов интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства.- Жодино, 1998.- Т.1. - С.34-36.
2. Жученко А.А. Биологизация интенсификационных процессов перехода к адаптивному развитию/А.А.Жученко//АПК Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства.- Жодино, 1998.- Т.2.- С.3-10.
3. Биологизированные севообороты – основа современных систем земледелия / В.Н. Наумкин, Н.А. Лопачев, Л.А. Наумкина, Г.В. Хлопяников, // Земледелие. 1998.-№5. - С.16.
4. Наумкин Агроэкологические аспекты биологизированного земледелия /В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, М.И. Кубарев// Достижения науки и техники АПК.-1999.-№7.- С.11-13.
5. Об инновационных технологиях в земледелии / И.Я. Пигорев, В.М. Солошенко, В.Н. Наумкин, и др. / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.-2016.-№3. - С.32-36.
6. Пустовойт В.С. Селекция, семеноводство и некоторые вопросы агротехнологий подсолнечника / Пустовойт В.С., избранные труды: Колос, 1966. - 368с.
7. Тимирязев К.А. Жизнь растений/К.А. Тимирязев, М.: Оно «Типография Новости» совместно с Издательством МСХА, 2006. - 320с.
8. Хлопяников А.М. Экологически безопасные технологии / А.М. Хлопяников, В.Н. Наумкин, Г.Г. Аристархова // Кукуруза и сорго. – 1995. - №5. – С. 4-5.
9. Хлопяников А.М. Какая обработка лучше? / А.М. Хлопяников // Земледелие. – 1995. - №6. – С. 19.
10. Хлопяников А.М. Продуктивность кукурузы в зависимости от плотности посева и удобрений / А.М. Хлопяников, А.Л. Кондрашов // Кукуруза и сорго. – 1999. - №4. – С. 2-5.
11. Хлопяников А.М. Формирование корневой системы кукурузы / А.М. Хлопяников//Кукуруза и сорго. – 2007. - №1. – С. 5-8.

References

1. Vigovskis Ya.M. Efficiency of different systems of agriculture in the conditions of Latvia / Ya.M. Vigovskis//the Role adaptive agriculture intensifications in increase in efficiency of agrarian production. - Greedy person, 1998. - T.1. - Page 34-36.
2. Zhuchenko of A.A. Biologization of intensifikatsionny processes of transition to adaptive development / A.A. Zhuchenko//agrarian and industrial complex the Role of an adaptive intensification of agriculture in increase in efficiency of agrarian production. - Greedy person, 1998. - T.2. - Page 3-10.
3. Biologizirovanny crop rotations – a basis of modern systems of agriculture / V.N. Naumkin, N.A. Lopachev, L.A. Naumkina, G.V. Hlopyanikov, //Agriculture. 1998.-№5. - Page 16.
4. Naumkin Agroecological aspects of biologizirovanny agriculture / V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, M.I. Kubarev//Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex.-1999.-№7. - Page 11-13.
5. About innovative technologies in agriculture / I.Ya. Pigorev, V.M. Soloshenko, V.N. Naumkin, etc. / the Bulletin of the Kursk state agricultural academy.-2016.-№3. - Page 32-36.
6. Pustova V.S. Selection, seed farming and some questions of agrotechnologies of sunflower / Pustovoyt V.S., chosen works: Ear, 1966. - 368 pages.
7. Timiryazev K.A. Life of plants / K.A. Timiryazev, M.: It "Printing house of News" together with MSHA Publishing house, 2006. - 320 pages.
8. Hlopyanikov A.M. Ecologically safe technologies / A.M. Hlopyanikov, V.N. Naumkin, G.G. Aristarkhova//Corn and sorghum. – 1995. - No. 5. – Page 4-5.
9. Hlopyanikov A.M. What processing is better? / A.M. Hlopyanikov//Agriculture. – 1995. - No. 6. – Page 19.
10. Hlopyanikov A.M. Efficiency of corn depending on density of crops and fertilizers / A.M. Hlopyanikov, A.L. Kondrashov//Corn and a sorghum. – 1999. - No. 4. – Page 2-5.
11. Hlopyanikov A.M. Formation of root system of corn / A.M. Hlopyanikov//Corn and sorghum. – 2007. - No. 1. – Page 5-8.

Сведения об авторах

В.Н. Наумкин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, т. 89103223797, naumkin47@mail.ru.

Л.А. Наумкина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, т. 89103223797, naumkin47@mail.ru.

А.Н. Крюков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, т. 89155270161, krukov31@rambler.ru.

А.М. Хлопяников, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВПО Брянский Государственный университет им. И.Г. Петровского т. 89102393145 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а, Россия, 243365, khlopyanikov@mail.ru.

Н.А. Лопачев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, г. Орел, ул. Генерала Родина, дом 69, Россия, 302040, т. 89155270161.

В.А. Стебаков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, г. Орел, ул. Генерала Родина, дом 69, Россия, 302040, т. 89038807408, stebacovva@rambler.ru.

Information about authors

V.N. Naumkin, doctor of agricultural sciences, professor of department of crop production, selection and vegetable growing FGBOOU WAUGH Belgorod GAU, Vavilov St., 1, item. May, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, t. 89103223797, naumkin47@mail.ru.

L.A. Naumkina, doctor of agricultural sciences, professor of department of crop production, selection and vegetable growing FGBOOU WAUGH Belgorod GAU, Vavilov St., 1, item. May, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, t. 89103223797, naumkin47@mail.ru.

A.N. Kryukov, candidate of agricultural sciences senior teacher of department of crop production, selection and vegetable growing FGBOOU WAUGH Belgorod GAU, Vavilov St., 1, item. May, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, t. 89155270161, krukov31@rambler.ru.

A.M. Hlopyanikov, doctor of agricultural sciences, professor FGBOU VPO Bryansky State university him. I.G. Petrovsky of t. 89102393145 Bryansk Regions, Vygonichsky district, village of Kokino, Sovetskaya St., 2a, Russia, 243365, khlopyanikov@mail.ru.

N.A. Lopachev, the doctor of agricultural sciences, professor, FGBOOU WAUGH the Oryol GAU of N.V. Parakhin, Oryol, Generala St. the Homeland, the house 69, Russia, 302040, t. 89155270161.

V.A. Stebakov, the candidate of agricultural sciences, the associate professor, FGBOOU WAUGH the Oryol GAU of N.V. Parakhin, Oryol, Generala St. the Homeland, the house 69, Russia, 302040, t. 89038807408, stebacovva@rambler.ru.

УДК 635.044:631

Т.В. Олива, С.Д. Лицуков, С.И. Панин, Е.Н. Проскурина

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ТОМАТА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Аннотация. Среди тепличной овощной продукции томат занимает ведущее место для употребления в свежем виде. Поэтому оптимизация продуктивности и улучшение качества томата с использованием биологических и хелатных удобрений актуальны. Проведены исследования по изучению применения гуминовых кремний содержащих удобрений, гуминового удобрения с экологически безопасным комплексом янтарной кислоты, хелатных минеральных удобрений «Органобор» и «Органомикс» при выращивании гибрида Томимару Мучо F 1 в условиях защищенного грунта на минеральной вате с использованием системы капельного полива в условиях ООО «Сельскохозяйственное предприятие «Теплицы Белогорья». Показано, что подкормочное применение изучаемых удобрений ускоряет процесс наступления периода зрелости растения и плодообразования на 3 – 4 дня раньше по сравнению с контрольным вариантом. Установлено, что в зрелых плодах томата повышается содержание сухого вещества, белка, клетчатки и общего сахара по сравнению с контролем на 0,4 – 4,2%. Наивысшее количество витамина С образовывалось в плодах томата с применением гуминовых веществ с янтарной кислотой. В плодах томата отмечено повышение концентрации макро- (кальция, фосфора, серы, калия, натрия и магния) и микроэлементов (железа, цинка, меди и марганца). Получаемая продукция томата была экологически безопасной по содержанию нитратов и тяжелых металлов (кадмий, свинец, мышьяк, ртуть). В результате разработки оптимизированной системы питания растений удалось исключить появление плодов томата с признаками нетоварности (сухие и вогнутые пятна на поверхности плода, «сухая гниль»). Товарная урожайность растений томата гибрида Томимару Мучо F 1 при сбалансированной системе питания с помощью подкормочных подкормок возросла в среднем на 3,0 – 8,4%.

Ключевые слова: теплица, томат, капельный полив, беспочвенный субстрат, минеральная вата, гуминовые удобрения, хелатные минеральные удобрения, качество плодов, урожайность

OPTIMIZATION OF EFFICIENCY AND QUALITY OF A TOMATO OF THE PROTECTED GROUND

Abstract. The tomato takes the leading position for the fresh use among greenhouse vegetable production. Therefore optimization of efficiency and improvement of quality of the tomato with the use of biological and chelate fertilizers are of current interest. The researches for studying the use of humic fertilizer keeping silicium, humic fertilizer with ecologically safe complexon amber acid, the chelate mineral fertilizers "Organobor" and "Organomiks" are done at cultivation of a hybrid Tomimaru Mucho F 1 in the conditions of the protected ground on mineral cotton with use of drop watering system by the example of LLC «Agricultural Enterprise «Teplitsy Belogorya». It is shown that under root use of the studied fertilizers gives a boost the beginning of plant maturity and fruit formation for 3 – 4 days earlier in comparison with control group. It is established that in the mellow tomato fruit the content of dry substance, albuminous substance, fibre and the total sugar in comparison with control increases by 0.4 – 4.2%. The highest amount of vitamin C was formed in tomato fruits with use of humic substances with amber acid. There is strengthening macro- (calcium, phosphorus, sulfur, potassium, sodium and magnesium) and micro-elements (iron, zinc, cuprum and manganese) in tomato fruits. The received production of a tomato was ecologically safe on the content of nitrates and heavy metals (cadmium, lead, arsenic, mercuric). As a result of development of the optimized plant nutrition system we excluded appearance tomato fruits with non-saleable characteristics (dry and blotch fruits, "dry-rot"). The commodity productivity of tomato hybrid Tomimaru Mucho F 1 by balanced system of plant nutrition with the use of under root dosage compensation has increased on average for 3.0 – 8.4%.

Keywords: greenhouse, tomato, drops watering, soilless substrate, mineral cotton, humic preparations, chelate mineral fertilizers, fruit quality, yield

Введение. Главная особенность тепличного производства овощей заключается в способности отрасли обеспечивать население растительной овощной продукцией в течение круглого года. Это определяется задачами государственной программы развития сельского хозяйства в РФ [1, 10]. Томат занимает второе место после сбора огурцов и, как показывает потребительский рынок, данная овощная культура пользуется хорошим спросом у покупателей. Примерно 75% выращиваемых томатов в мире используется для употребления в свежем виде.

Все исследования были проведены в ООО Сельскохозяйственное Предприятие «Теплицы Белогорья» (ООО СХП «Теплицы Белогорья») и в испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина».

Объектом наших исследований явилось изучение особенностей формирования оптимальной системы агротехнологий производства томата с целью улучшения качества товарной продукции и повышения уровня самообеспечения региона с учетом регионального направления развития овощеводства защищенного грунта с использованием минераловатных кубиков и системы капельного полива в ООО СХП «Теплицы Белогорья».

Предметом исследований был индетерминатный гибрид томата Томимару Мучо F1. Согласно ГОСТ Р 55906 – 2013 (ЕЭК ООН FFV-36:2010) (Томаты свежие. Технические условия) плоды томата должны быть свежими, целыми, чистыми, здоровыми, не поврежденными вредителями, плотными, неперезрелыми, по форме и вкусу типичными для данного ботанического сорта, с плодоножкой или без плодоножки, без механических повреждений и солнечных ожогов. Допускаются в местах назначения на плодах легкие нажимы от тары. Не допускается наличие плодов с незарубцевавшимися трещинами, зеленых, мятых, загнивших, пораженных болезнями, поврежденных сельскохозяйственными вредителями, увядших или перезрелых. Проверке качества подлежат все томаты из отобранных в выборку упаковочных единиц. Лежкость плодов обусловлена накоплением в них питательных веществ [4, 5, 11, 16, 17]. Плоды, содержащие большее количество сухого вещества, сахаров и витаминов могут дольше сохраняться без значительного снижения потребительского качества. Для ориентировочной оценки пригодности плодов для длительного хранения следует учитывать, что ежемесячно плоды тратят на дыхание в среднем 0,4% сахаров. К концу хранения плоды должны иметь не менее 2% сахаров. Меньшее содержание сахаров не может обеспечить удовлетворительного качества плодов в конце хранения.

Из научной литературы известно, что минеральные элементы, в том числе и кремний, участвует в укреплении стенок растительных клеток организма. Благодаря этому биогенные элементы способствуют ограничению потерь воды тканями растений, через более плотные ткани затрудняется прорастание спор грибов паразитов, и ограничиваются повреждения вредителями [2]. Кремний снижает токсическое действие других элементов, например марганца и железа. Наоборот, он способствует усвоению магния и кальция, оптимизирует баланс фосфора и цинка, что так важно для растущего и плодоносящего томата. Некоторые вещества повышают устойчивость растений к стрессовым условиям выращивания [11, 12, 13]. Установлено, что предварительное замачивание или обработка семян раствором янтарной кислоты, однократное или двукратное применение обработок рассады повышает уровень зеленого пигмента хлорофилла в тканях растений, а значит, стимулирует метаболизм и накопление питательных веществ в плодах томата. При чрезмерном содержании в почве азотистых веществ янтарная кислота предохраняет растение от их излишнего накопления. В тоже время ее не применяют вместо удобрений, она является лишь стимулятором и улучшает рост и развитие растений, повышая устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам окружающей среды. Исходя из выше изложенного, задачей нашей работы является доказательство целесообразности добавления в питательный капельный раствор для полива тепличных растений соединений кремния в активной для усвоения форме, а именно в виде комплексов с гуминовыми веществами, минеральных элементов в хелатной форме и раствора янтарной кислоты для оптимизации продуктивности и улучшения качества плодов томата.

Основная часть. Исследования в производственном опыте проведены с использованием общепринятых методик в овощеводстве защищенного грунта по Доспехову Б.А. [9]. Этапы проведения экспериментов сопровождались выполнением авторских фотографий.

Сев культуры томата гибрида Томимаро Мучо F1 был проведен нами вручную 16 июня 2017 года в ООО СХП «Теплицы Белогорья». Семена предварительно на 4 часа замачивали в растворах изучаемых удобрений по схеме опыта: вариант №1 с БелБио-1+ Si; вариант № 2 с БелБио-3+ Si; вариант № 3 с БелБио-4 (с янтарной кислотой); вариант № 4 с «Органобором»; вариант № 5 с «Органомиксом» и вариант 6 с дистиллированной водой (контроль). Всего для шести вариантов опыта использовали 1080 штук семян (60 семян × 3 повторности × 6 вариантов) томата гибрида Томимару Мучо F-1. 21.06.2017 года на шестой день после посева появлялись массовые всходы. Затем проводили пикировку рассады.

При выращивании использовали рассадный метод в специальном рассадном отделении теплицы, так как культура томата требовательна к факторам окружающей среды. Тепличное растение томат имеет короткий период для усиленного развития корневой системы в ватоминеральном кубике. Современные технологии возделывания растений защищенного грунта обеспечивают, прежде всего, интенсивное развитие надземной части растения. А корневая система должны обеспечивать водой всю надземную вегетативную (листья, стебель) и генеративную (цветок, плод) массу растения томата и водой, и питательными веществами. Поэтому формирование корневой системы – это важное звено возделывания растения томата защищенного грунта. Мы проводили подкорневые подкормки растений культуры томата по схеме опыта: вариант №1 с БелБио-1+ Si; вариант № 2 с БелБио-3+ Si; вариант № 3 с БелБио-4 (с янтарной кислотой); вариант № 4 с «Органобором»; вариант № 5 с «Органомиксом» и вариант 6 с дистиллированной водой (контроль) в фазы формирования 5 – 6 листьев, после переноса растений в цех роста, дважды через семь дней в фазу интенсивного роста, затем перед цветением, в фазу начала образования плодов и в фазу массового плодоношения.

Для повышения устойчивости культуры томата современная технология предлагает применять метод прививания на подвой. В качестве подвоя использовали корень, имеющий свойства устойчивости к вертициллезному и фузариозному увяданию, а также широкую толерантность к колебаниям температуры и к низким температурам. 04.07.2017 года проводили процедуру прививания на подвой рассады растений томата на ватоминеральных кубиках Plantop Delta. Перед прививкой рассаду обработали изучаемыми растворами согласно вариантам опыта. Формировали варианты растений томата по схеме опыта: всего 960 растений томата гибрида Томимаро Мучо F1 (16 растений в ватоминеральных кубиках × 10 лотков × 6 вариантов). Соединяли срезы подвоя и привоя силиконовой скобой (рис. 1).



Рис. 1. Фото привитого томата (скоба – место прививки растения)

В течение нескольких дней происходит сложный процесс срачивания подвоя и привоя. В данный стрессовый период приживания (срачивания) растения томата в 5 вариантах опыта обрабатывали опрыскиванием раствором биологически активной растительной вытяжкой низкомолекулярных пептидов и аминокислот (препарат Абиопептид: ферментативный гидролизат растительного белка, в состав которого входят все незаменимые аминокислоты и низшие пептиды, производитель ООО Фирма «А-Био»). Контрольный 6 вариант опрыскивали дистиллированной водой. Согласно научным исследованиям растительные экстракты и аминокислоты активируют механизмы роста после стрессовых ситуаций, которой является процедура прививания растения томата на подвой (приживания, или срачивания). Известно, что функции корня многообразные [3]. Например, здесь быстро задерживаются фосфаты, а

азотистые растворимые соединения превращаются в аминокислоты и затем передаются в стебель и в листья. В клетках ткани корня синтезируются некоторые витамины, например группы В и С, а также вещества гормоноподобной природы. Гормоны этилен и цитокинины в последующем стимулируют более активное зацветание и рост боковых побегов растения томата. То есть этот период важный для дальнейшей генетически обусловленной продуктивности растений томата и он должен находиться под внимательным контролем овощевода. В конечном итоге применяемый подвой обеспечивает растение томата мощной корневой системой, что дает возможность формировать растение томата в два стебля (рис.2).



Рис. 2. Фото сформированного в два стебля растения томата гибрида Томимаро Мучо F1 (цех роста № 4)

Продолжительность наших наблюдений составила около 160 дней. В период массового плодоношения томата методом рандомизации нами были отобраны по 5 штук плодов одной степени зрелости каждого варианта опыта. Биохимический анализ образцов плодов, проводили в лаборатории по общепринятым методикам: сухое вещество – по ГОСТ 20851.4; массовую долю азота, калия и фосфора – по ГОСТ 30181.1, ГОСТ 20851.3 и ГОСТ 20851.2 соответственно; суммарный сахар – по Бертрану; витамин «С» - йодометрическим методом; микроэлементы – по ГОСТ 30692; содержание свинца и кадмия - атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30178. Математическую обработку результатов исследования проводили методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы Excel в среде операционной системы Microsoft Windows.

Результаты испытания показали, что применение подкорневых подкормок в виде гуминовых удобрений с кремнием и янтарной кислотой, а также хелатов с микроэлементами в активной форме, оказало существенное влияние не только на количество, но и на качество полученной продукции томата. Известно, что высокое качество плодов и хороший вкус определяется и сортовыми признаками, так и его биохимическим составом [6, 7, 8, 15]. Считают, что чем больше в плодах экстрактивных веществ: сахаров, минеральных веществ, витаминов и пектиновых веществ, тем они вкуснее. Количество сухого вещества – это один из критериев качественных показателей плодов. Так как сухое вещество в тканях растительного организма более чем на 95% представлено органическими соединениями (белками, липидами, углеводами и минеральными веществами), тенденция его повышения в плодах томата однозначно свидетельствует об усилении процесса фотосинтеза, метаболизма и накопления в тканях питательных веществ под влиянием применения гуминовых удобрений с кремнием и янтарной кислотой и хелатных комплексов.

В зависимости от вида применяемого нами удобрения биохимический состав плодов томата различался (табл. 1, рис. 3). Аналогичная зависимость по-разному накапливать питательные вещества в плодах отмечена многими исследованиями и сообщается в научной ли-

температуре [5, 6, 12, 14, 16, 17]. Содержание сухого вещества в плодах томата было выше на 0,4 – 4,2% по сравнению с контролем, за исключением варианта, где применяли Органобор. Максимальное количество сухого вещества, клетчатки и белка накапливали плоды томата в опыте при применении гуминового удобрения с кремнием – БелБио-1 (Si). Оно значительно превышало контрольные значения (в среднем 1,3 раза при $p < 0,05$).

Таблица 1 - Влияние удобрений на содержание питательных веществ (в пересчете на натуральное вещество) в плодах томата гибрида Томимаро Мучо F1

Варианты опыта	Влага, %	Сырая зола, %	Сырая клетчатка, %	Общий азот, %	Белок, %
БелБио-1 (Si)	94,31±0,21	0,556±0,004	0,838±0,002*	0,141±0,002*	0,881±0,008*
БелБио-3 (Si)	94,47±0,25	0,551±0,002	0,868±0,008*	0,135±0,001*	0,850±0,014*
БелБио-4	94,52±0,22	0,550±0,001	0,757±0,002*	0,127±0,002*	0,794±0,012*
Органобор	94,74±0,24	0,492±0,001	0,734±0,002	0,117±0,001	0,732±0,012
Органомикс	94,42±0,22	0,521±0,002	0,778±0,003	0,126±0,002	0,788±0,010
Контроль	94,54±0,44	0,545±0,005	0,668±0,006	0,112±0,001	0,700±0,011

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с контролем

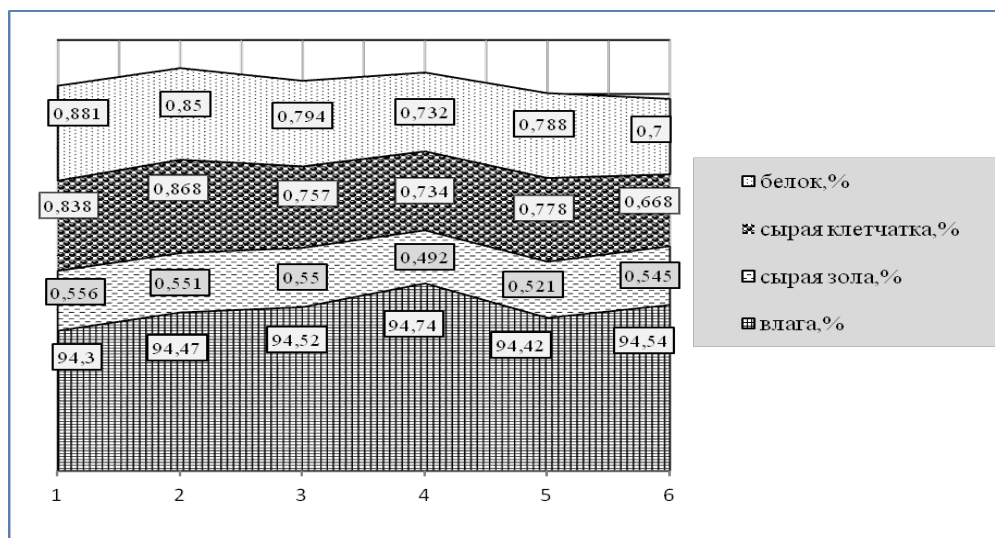


Рис.3. Динамика накопления питательных веществ (в пересчете на натуральное вещество) в плодах томата под влиянием удобрений в вариантах опыта:

№ 1 – БелБио-1 (Si); № 2 – БелБио-3 (Si); № 3 – БелБио-4 (с янтарной кислотой); № 4 – Органобор; № 5 – Органомикс и № 6 – контроль

В табл. 2 и на диаграммах рис. 4 и 5 представлены результаты по изучению влияния применения удобрений на содержание сахара, нитратов и витамина С в плодах томата гибрида Томимару Мучо F 1.

Таблица 2 - Влияние применения удобрений на содержание сахара, нитратов и витамина С в плодах томата гибрида Томимару Мучо F 1

Варианты опыта	Общий сахар, %		Нитраты, мг/кг	Витамин С, мг/кг
	в натуральном веществе	в сухом веществе		
БелБио-1(Si)	1,16±0,01	20,47±0,18	160,0±5,0	180,8±4,6*
БелБио-3(Si)	1,13±0,02	21,25±0,16	112,0± 5,0*	178,5± 5,5*
БелБио-4	1,18±0,01	21,52±0,14	88,0±4,5*	189,9±4,0*
Органобор	1,13±0,01	21,52±0,12	100,0±5,5*	169,8±2,5
Органомикс	1,11±0,02	19,95±0,10	92,0±4,5*	185,3±5,5*
Контроль	1,08±0,01	19,85±0,12	172,0±6,0	169,3±4,0

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Из данных табл. и рис. видно, что под влиянием применения удобрений в плодах томата содержание общих сахаров возросло (в пересчете как на натуральное, так и на сухое вещество). Это улучшает не только вкусовые качества товарной продукции, и способствует увеличению длительности периода хранения плодов.

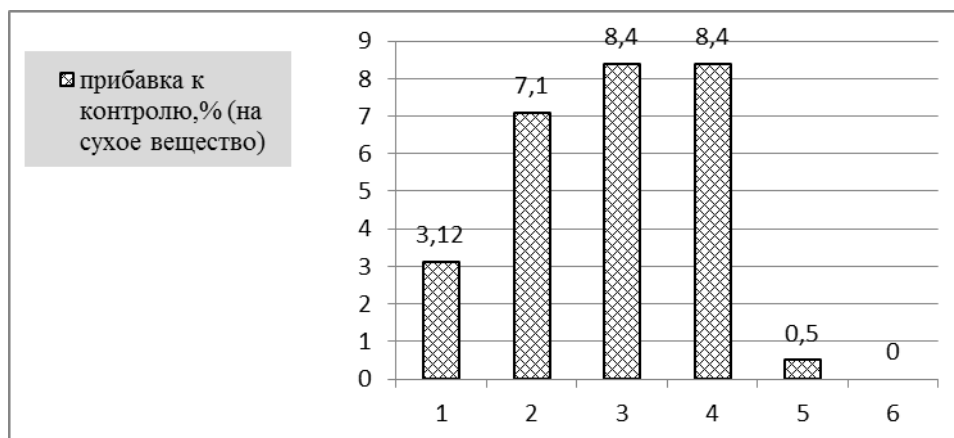


Рис.4. Динамика накопления общего сахара в плодах томата гибрида Томимаро Мучо F1 под влиянием применения удобрений в вариантах опыта:

№ 1 – БелБио-1 (Si); № 2 - БелБио-3 (Si); № 3 - БелБио-4 (с янтарной кислотой); № 4 – Органобор; № 5 – Органомикс, в пересчете на натуральное вещество, % к контролю (вариант опыта № 6)

Анализ данных (рис. 4) показывает, что наивысшее количество витамина С образовывалось в плодах томата варианта опыта № 3 с применением гуминовых веществ с янтарной кислотой, а затем в плодах томата варианта № 5 с применением комплекса биогенных элементов в форме хелатов (Органомикс).

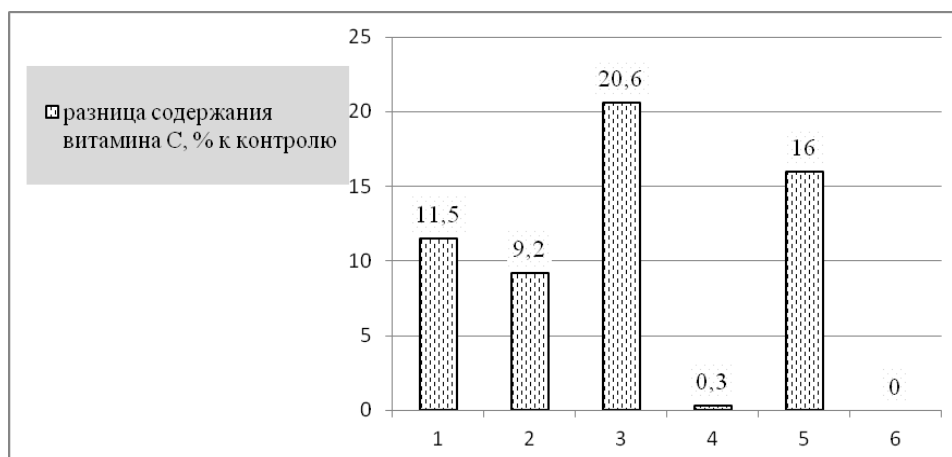


Рис. 5. Влияние удобрений в вариантах опыта № 1 – 6 на содержание витамина С в плодах томата

Анализ данных (рис. 5) показывает, что наивысшее количество витамина С образовывалось в плодах томата варианта опыта № 3 с применением гуминовых веществ с янтарной кислотой, а затем в плодах томата варианта № 5 с применением комплекса биогенных элементов в форме хелатов (Органомикс).

Влияние удобрений на содержание минеральных веществ: кальция, фосфора, калия и магния в плодах томата сорта Томимару Мучо F 1 представлено результатами табл. 3.

Таблица 3 - Влияние удобрений на содержание минеральных веществ (в пересчете на натуральное вещество) в плодах томата гибрида Томимаро Мучо F 1

Варианты опыта	Кальций, %	Фосфор, %	Калий, %	Натрий, %
БелБио-1(Si)	0,020±0,002*	0,028±0,004	0,324±0,002*	0,025±0,002
БелБио-3(Si)	0,018±0,001	0,027±0,001	0,303±0,003*	0,021±0,001
БелБио-4	0,017±0,001	0,030±0,002	0,292±0,002	0,022±0,001
Органобор	0,016±0,001	0,030±0,002	0,304±0,004*	0,023±0,002
Органомикс	0,018±0,002	0,027±0,002	0,295±0,001	0,022±0,001
Контроль	0,016±0,002	0,027±0,003	0,285±0,005	0,022±0,003

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Анализ динамики накопления кальция (рис. 6) в зрелых плодах томата показывает, что максимальное количество этого биогенного элемента по сравнению с контрольным вариантом обнаружено в плодах томата, который выращивали с применением гуминового удобрения БелБио-1 с кремнием. Высокий уровень накопления кальция в плодах томата также обнаружен для вариантов опыта № 2 и 5 (БелБио-3 (Si) и Органомикс соответственно), а затем № 3 (гуминовое удобрение с янтарной кислотой БелБио-4). Применение бора в хелатной форме не повлияло на накопление кальция в плодах томата.

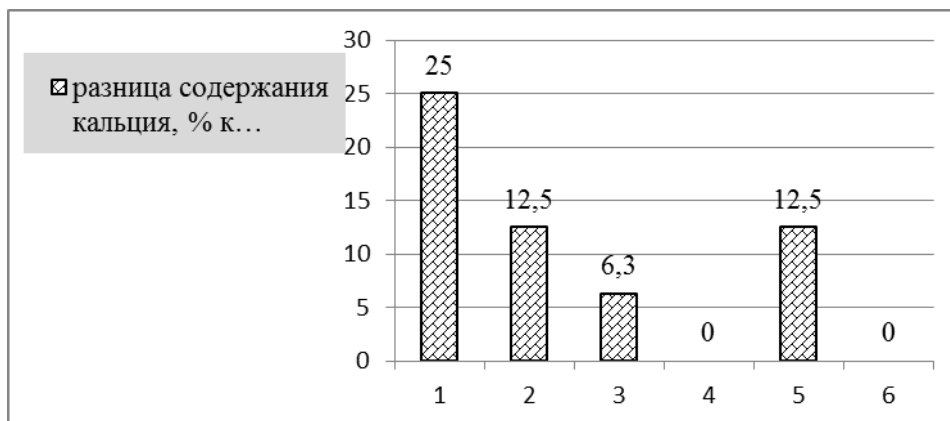


Рис. 6. Влияние удобрений на разницу содержания кальция (в пересчете на натуральное вещество) в плодах томата в вариантах опыта:

№ 1 – БелБио-1 (Si); № 2 - БелБио-3 (Si); № 3 - БелБио-4 (с янтарной кислотой); № 4 – Органобор; № 5 – Органомикс, % к контролю (№ 6)

Анализ динамики накопления фосфора (рис. 7) в зрелых плодах томата показывает, что максимальное количество этого биогенного элемента по сравнению с контрольным вариантом обнаружено в плодах томата, который выращивали с применением гуминового удобрения БелБио-4 с янтарной кислотой и бором в хелатной форме удобрения Органобор. Высокий уровень накопления фосфора в плодах томата также обнаружен в плодах томата из варианта опыта № 1 (БелБио-1 с кремнием). Применение удобрений БелБио-3 и Органомикс не повлияло на накопление фосфора в плодах томата.

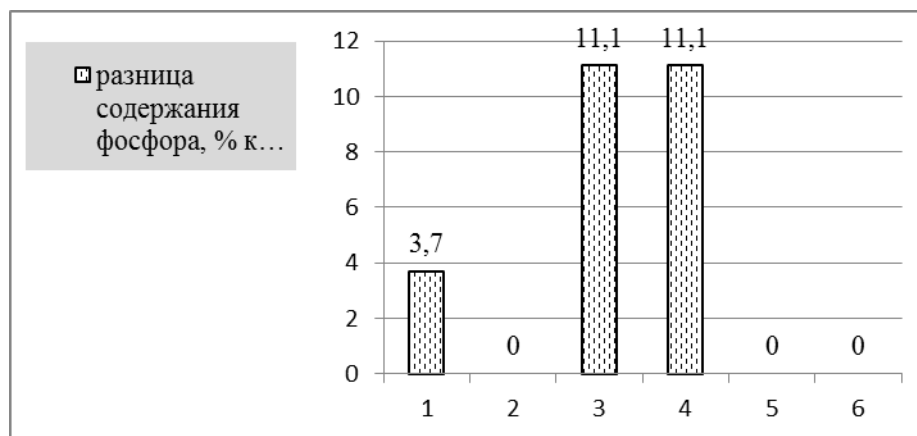


Рис.7. Влияние удобрений на разницу содержания фосфора (в пересчете на натуральное вещество) в плодах томата в вариантах опыта:

№ 1 – БелБио-1 (Si); № 2 - БелБио-3 (Si); № 3 - БелБио-4 (с янтарной кислотой); № 4 – Органобор; № 5 – Органомикс, % к контролю (№ 6).

Попытки повысить содержание кальция и фосфора в плодах томата важны с разных позиций. Известно, что кальций – это минеральный элемент, который отвечает за плотность плодов томата. Кальций способствует сохранению целостности клеточных мембран, обеспечивает прочность ткани, увеличивает сохранность плодов и уменьшает их порчу [3, 6, 7, 8]. С этих позиций достоверное увеличение концентрации кальция в плодах значительно повысит их товарные качества, то есть сохраняемость.

Одним из самых важных биогенных элементов, которые влияют на качество плодов томата, является также калий. Калий выполняет важную роль в таких процессах, как синтез белка, фотосинтез и перенос сахаров из листьев в плоды томата. Калий очень необходим растениям томата в период налива и созревания плодов. Поэтому положительная динамика накопления калия в плодах томата тождественно влияет на выход продукции в целом. Известно, что более 60 – 66% поглощенного растением калия локализуется в итоге в плодах. Повышение содержания калия в плодах томата способствует увеличению плотности плодов, улучшает их форму, вкус и повышает лежкость. Лучшая обеспеченность растений томата калием в результате улучшения усвоения из питательного раствора и подкормок в вариантах опыта № 1 - №5 (рис. 8) обеспечила правильное наружное и внутреннее окрашивание плодов, повышая долю товарной продукции отличного качества.

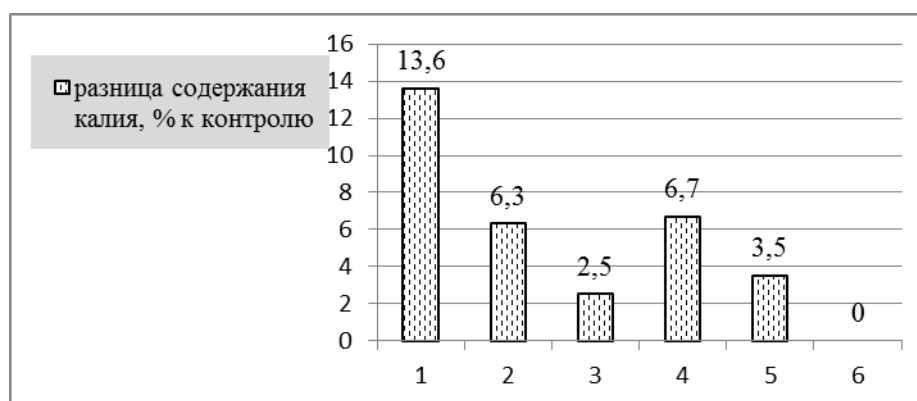


Рис. 8. Влияние удобрений на разницу содержания калия (в пересчете на натуральное вещество) в плодах томата в вариантах опыта:

№ 1 – БелБио-1 (Si); № 2 - БелБио-3 (Si); № 3 - БелБио-4 (с янтарной кислотой); № 4 – Органобор; № 5 – Органомикс, % к контролю (№ 6).

Отметим, что при недостаточном усвоении калия растение теряет влагоудерживающую способность. Может возникнуть избыточное испарение воды с поверхности листа, что приводит к увеличению количества воды для создания нормальной массы растения, а значит,

излишне расходуются водные ресурсы. Правильное снабжение растений калием, доступным для усвоения, особенно в период налива плодов, - это путь снижения количества необходимой воды для возделывания высокопродуктивных тепличных культур, то есть на лицо пример ресурсосберегающей агротехнологии.

Разница содержания натрия в плодах томата была неоднозначной и требует дальнейшего изучения.

В табл. 4 представлены результаты влияния удобрений на содержание серы, магния, железа и цинка в плодах томата сорта Томимару Мучо F 1.

Таблица 4 - Содержание серы, магния, железа и цинка в плодах томата гибрида Томимару Мучо F 1 (в пересчете на натуральное вещество)

Варианты опыта	Сера, г/кг	Магний, г/кг	Железо, мг/кг	Цинк, мг/кг
БелБио-1(Si)	0,09±0,008*	0,13±0,002*	6,30±0,06**	1,60±0,01*
БелБио-3(Si)	0,07±0,005	0,12±0,002	5,10±0,08**	1,40±0,01
БелБио-4	0,08±0,005	0,12±0,001	3,90±0,06	1,42±0,02*
Органобор	0,07±0,006	0,11±0,001	3,35±0,01	1,34±0,04
Органомикс	0,08±0,004	0,10±0,002	3,26±0,04	1,50±0,05*
Контроль	0,06±0,006	0,11±0,001	3,20±0,05	1,20±0,05

Примечание: * p< 0,05; ** p< 0,05; по сравнению с контролем

Концентрация таких макроэлементов, как сера и магний, и микроэлементов, таких как железо и цинк, тоже возрастала по сравнению с контролем (табл. 5), хотя отзывчивость растения томата на биогенные микроэлементы из раствора для капельного полива и добавок под корень изучаемых удобрений была различной. Получаемая продукция томата была безопасной по содержанию тяжелых металлов: кадмий, свинец, мышьяк и ртуть. Уровень содержания этих токсичных металлов обязательно учитывают при возделывании овощных культур. Из данных табл. 5 видно, что интенсивный рост томата под действием изучаемых удобрений не вызывал накопления из питательного раствора для капельного полива и применяемых удобрений опасных токсичных микроэлементов, и их содержание было значительно ниже ПДУ. А мышьяк и ртуть в плодах томата не были обнаружены совсем.

Таблица 5 - Содержание меди, марганца, кадмия и свинца в плодах томата гибрида Томимару Мучо F 1 (в пересчете на натуральное вещество)

Варианты опыта	Медь, мг/кг	Марганец, мг/кг	Кадмий, мг/кг	Свинец, мг/кг
БелБио-1(Si)	0,36±0,01	0,21±0,02*	0,005±0,002	0,10±0,02
БелБио-3(Si)	0,48±0,02*	0,24±0,02*	0,004±0,001	0,04±0,01
БелБио-4	0,36±0,01	0,16±0,04	0,003±0,001	0,10±0,02
Органобор	0,39±0,01	0,18±0,01	0,004±0,002	0,07±0,01
Органомикс	0,39±0,02	0,20±0,02*	0,004±0,001	0,04±0,01
Контроль	0,35±0,02	0,15±0,05	0,004±0,002	0,07±0,01

Примечание: * p< 0,05; ** p< 0,05; по сравнению с контролем

Наивысшее накопление меди и марганца отмечено в плодах томата с применением удобрения варианта опыта № 2 – БелБио-3(Si). Эти биогенные элементы важны для жизни растений. Затрудненное их усвоение приводит не только к нарушению метаболизма растений, но и проявляется фенологически в контрольном варианте опыта, а именно: появление признаков деформации и скручивание молодых листьев (рис. 9).



Рис. 9. Фото появления деформированных листьев на растении томата контрольной группы

Известно, что высокие дозы азотных удобрений и недостаток биогенных элементов питания (калия, фосфора, марганца, бора и др.) могут по-разному влиять на сроки созревания плодов, например, удлиняя их. Масса плодов зависит также от температурных условий. Если температура очень высокая, масса плодов будет уменьшаться. Оптимальная температура для созревания плодов составляет днем около 24 °С при влажности воздуха 60 – 70 %, ночью – около 17 – 19 °С. А высокий уровень минерального питания, достаточное количество влаги субстрата и воздуха, оптимальная освещенность влияют на химический состав плодов томата и улучшают их вкус и аромат. В результате разработки системы сбалансированного питания удалось исключить появление плодов томата с признаками нетоварности: сухие и вогнутые пятна на поверхности плода. На рис. 10 (А и Б) показаны зафиксированные случаи обнаружения так называемой «вершинки» или «сухая гниль» на плодах томата контрольной группы опыта.



А



Б

Рис. 10. Фото появления (А) и отсутствия (Б) признаков так называемой «вершинки» на плодах томата из контрольной и опытной групп

Преимущество применения гуминовых удобрений и хелатированных микроэлементов при выращивании томата выразилось в наступлении периода зрелости растения и плодообразования. В табл. 6 показаны данные по подсчету плодов на кустах томата. Результаты свидетельствуют, что плодоношение у томата под влиянием дополнительных обработок начинается раньше на 3 – 4 суток по сравнению с контролем.

Таблица 6 - Влияние удобрений на плодообразование томата гибрида Томимаро Мучо F1, (14.10.2017)

Показатели	Варианты опыта					
	1	2	3	4	5	6
Количество плодов шт./растение	18,0±2,0	17,7±1,0	18,0±1,0	19,0±1,3	19,0±2,0	17,7±1,3

В табл. 7 представлены данные об урожайности томата гибрида Томимару Мучо F 1 за вегетацию во всех вариантах опыта.

Из данных табл. видно, что товарная урожайность растений томата гибрида Томимару Мучо F1 при сбалансированной системе питания с помощью подкорневых подкормок возросла, причем для вариантов опытов с применением БелБио-1 с кремнием – на 4,0%; БелБио-3 с кремнием – на 3,0%; БелБио-4 с янтарной кислотой – на 8,4%; Оргнобором – на 5%; Органомиксом – на 3,5% по сравнению с контрольным вариантом.

Результаты математической обработки показали, что доверительные интервалы не перекрываются (для варианта №1 от 20,9 до 21,3; для варианта №2 от 20,7 до 21,1; для варианта № 3 от 21,8 до 22,4; для варианта № 4 от 21,2 до 21,4; для варианта № 5 от 20,8 до 21,2 и для варианта № 6 (контроль) от 20,1 до 20,5 кг/м²), следовательно, удобрения оказывают существенное (достоверное) влияние на урожайность томата гибрида Томимаро Мучо F1.

Закключение. В тепличном производстве томата при капельном индивидуальном поливе растению не приходится конкурировать за питательные вещества, так как организм культуры получает все необходимое из питательного раствора. Но дополнительное применение биологических удобрений, содержащие гуминовые вещества с кремнием, янтарной кислотой и в усвояемой хелатной форме минеральные элементы, способствует образованию в плодах белка, клетчатки, сахаров, витамина С и накоплению биогенных минеральных элементов. То есть подкормки удобрениями БелБио-1 и БелБио-3 с кремнием, БелБио-4 с янтарной кислотой, Органобором и Органомиксом способствовали созданию системы сбалансированного питания растений тепличного интердеминатного гибрида томата.

Таким образом, в результате проведения исследования и биохимического анализа плодов томата гибрида Томимаро Мучо F 1 установлено, что в опытных вариантах дополнительное подкорневое применение изучаемых удобрений улучшало качества плодов и выход товарной продукции. Более того данную агротехнологию выращивания интердеминатного гибрида томата с использованием системы капельного полива с применением изучаемых биологических удобрений можно отнести к ресурсосберегающей управляющей качеством экологически безопасной технологии возделывания овощной культуры томата.

Таблица 7 - Влияние удобрений на структуру урожая томата гибрида Томимаро Мучо F1

Варианты опыта	Урожайность, кг/м ²	Выход плодов, %		Товарная урожайность, кг/м ²
		товарных	нетоварных	
октябрь				
БелБио-1(Si)	5,4±0,1	99,6	0,4	5,38
БелБио-3(Si)	5,3±0,1	99,6	0,4	5,28
БелБио-4	5,7±0,2	99,7	0,3	5,68
Органобор	5,5±0,1	99,6	0,4	5,48
Органомикс	5,4±0,2	99,6	0,4	5,38
Контроль	5,3±0,3	99,6	0,4	5,28
ноябрь				
БелБио-1(Si)	8,9±0,2	99,7	0,3	8,87
БелБио-3(Si)	8,9±0,2	99,7	0,3	8,87
БелБио-4	9,4±0,1	99,7	0,3	9,37

Органобор	9,0±0,1	99,7	0,3	8,97
Органомикс	9,0±0,1	99,7	0,3	8,97
Контроль	8,8±0,2	99,5	0,5	7,88
декабрь				
БелБио-1(Si)	7,0±0,1	99,6	0,4	6,97
БелБио-3(Si)	6,9±0,2	99,6	0,4	6,87
БелБио-4	7,1±0,2	99,6	0,4	7,07
Органобор	7,0±0,1	99,6	0,4	7,07
Органомикс	6,8±0,1	99,6	0,4	6,77
Контроль	6,5±0,2	99,4	0,6	6,46
в среднем				
БелБио-1(Si)	21,3±0,1	98,9	1,1	21,1±0,2*
БелБио-3(Si)	21,1±0,1	99,0	1,1	20,9±0,2
БелБио-4	22,2±0,2	99,0	1,0	22,0±0,2*
Органобор	21,5±0,1	98,9	1,1	21,3±0,1*
Органомикс	21,2±0,1	98,9	1,1	21,0±0,2
Контроль	20,6±0,2	98,5	1,5	20,3±0,2

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Библиография

1. Государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы»
2. Ахатов, А.К. Мир томата глазами фитопатолога / Ахатов А.К., М.: Изд-во «КМК», 2010. - 288 с.
- Будынкoв Н.И. Проблемы неконтролируемого разрастания корней тепличных культур / Будынкoв Н.И. // Теплицы России. – 2015. – № 3. – С.32 – 34.
3. Бухарова, А.Р. Химический состав и сохранность плодов томата с геном RIN под влиянием некорневой подкормки препаратом кальция в хелатной форме / Бухарова А.Р., Бухаров А.Ф., Свешникова Е.В., Акишин Д.В. // Вестник Российского гос. аграрного заочного университета. – 2013. – №15 (20). – С.18 – 22.
4. Григоров, С.М. Влияние водного и питательного режимов на продуктивность и качество плодов томата при капельном орошении в пленочных теплицах / Григоров С.М., Е.Н. Еронова // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса. – 2013. – №1 (29). – 6 с.
5. Гудковский, В.А. Оценка агротехнических и технологических приемов повышения лежкоспособности плодов томата / Гудковский В.А., Акишин Д.В., Невзорова А.В. // Вестник МичГАУ. – 2011. – №2. Ч.2 – С. 52 – 56.
6. Дворников, В.П. Показатели качества плодов томата различной лежкости / Дворников В.П. // Хранение и переработка сельхозсырья.– 2003. – №2. – С. 49 – 52.
7. Дворников, В.П. Физиолого-биохимическая оценка плодов томата различной сохраняемости / Дворников В.П. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – №3. – С. 39 – 42.
8. Дворников, В.П. Некоторые физиологические и биохимические особенности плодов томата различной сохраняемости / Дворников В.П., Никулаеш М.Д. // Овощебахчевые культуры и картофель. Тирасполь: 2005. – С. 354 –364.
9. Доспехов, Б.А. Опыты с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта / Б.А. Доспехов / В кн.: Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – С.120 – 122.
10. Морозов, Д.О. Новый вектор движения / Д.О. Морозов // Теплицы России. – 2015. – № 3. – С.42 – 43.
11. Тосунов Я.К. Влияние физиологически активных веществ на ростовые процессы растений томатов // КубГАУ Агроэкология северо-западного Кавказа: Проблемы и перспективы, ООО «Эльбрус», 2004. - С. 133-137
12. Олива, Т.В. К вопросу о составе гуминовых препаратов / Олива Т.В., Трубаева Л.В., Курохта Т.И. // Материалы конференции «Биологические проблемы природопользования»: межд. научно-производственная конференция (20 – 21 ноября 2012 г.). – Белгород: Изд-во БелГСХА им. В.Я.Горина, 2012. – С.63 – 66.
13. Олива, Т.В. Экологизация тепличного производства томата на беспочвенном субстрате с использованием системы капельного полива / Олива Т.В., Манохина Л.А., Панин С.И., Колесниченко Е.Ю., Кузьмина Е.А. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/130-23309>
14. Dorais, M. Greenhouse tomato fruit quality / M. Dorais, A. P. Papodapoulos, A. Gosselin // Horticultural Reviews. – 2001. – Vol. 26. – P. 236–319
15. Georgelis, N. Relationship of tomato fruit sugar concentration with physical and chemical traits and linkage of RAPD markers / N. Georgelis, J.W. Scott., E.A. Baldwin //: J.Am.Soc.Hortic.Sc. – 2004. – Vol. 129. –N 6. – P. – 839-845

16. Taheri-Garavand, A. Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in mass models to characterize best post harvesting options / A. TaheriGaravand, S. Rafiee, A. Keyhani //Vegetable crops research bull. / Research inst. of 135 vegetable crops. – Skierniewice. – 2010. – P. –143-149
17. Velcheva, N. Mathematical approaches for grouping large-fruited tomato accessions according to some morphological and biochemical traits of the fruit / N. Velcheva, L. Krasteva, T. Mokreva //Растен.Науки. – 2013. – Т.50. – N 1. – С. 50-53.

References

1. Gosudarstvennoy programmy «Razvitiye selskogo khozyaystva i regulirovaniye rynkov selskokhozyaystvennoy produktsii. syria i prodovolstviya na 2013 - 2020 gody»
2. Akhatov. A.K. Mir tomata glazami fitopatologa/ Akhatov A.K.. M.: Izd-vo «KMK». 2010. - 288 s. Budynkov N.I. Problemy nekontroliruyemogo razrastaniya korney teplichnykh kultur / Budynkov N.I. // Tep-litsy Rossii. – 2015. –№ 3. –S.32 – 34.
3. Bukharova. A.R. Khimicheskiy sostav i sokhrannost plodov tomata s genom RIN pod vliyaniem nekornevoy pod-kormki preparatom kaltsiya v khelatnoy forme / Bukharova A.R.. Bukharov A.F.. Sveshnikova E.V.. Akishin D.V. // Vestnik Rossiyskogo gos. agrarnogo zaochnogo universiteta. – 2013. – №15 (20). – S.18 – 22.
4. Grigorov. S.M. Vliyaniye vodnogo i pitatel'nogo rezhimov na produktivnost i kachestvo plodov tomata pri kapelnom orosenii v plenchnykh teplitsakh / Grigorov S.M.. E.N. Eronova // Izvestiya Nizhevolzhskogo agro-universitetskogo kompleksa. – 2013. – №1 (29). – 6 s.
5. Gudkovskiy. V.A. Otsenka agrotekhnicheskikh i tekhnologicheskikh priyemov povysheniya lezhkosposobnosti plodov tomata / Gudkovskiy V.A.. Akishin D.V.. Nevzorova A.V. // Vestnik MichGAU. – 2011. – №2. Ch.2 – S. 52 – 56.
6. Dvornikov. V.P. Pokazateli kachestva plodov tomata razlichnoy lezhkosti / Dvornikov V.P. // Khraneniye i pererabotka selkhozsyria.– 2003. – №2. – S. 49 – 52.
7. Dvornikov. V.P. Fiziologo-biokhimicheskaya otsenka plodov tomata razlichnoy sokhranyayemosti / Dvornikov V.P. // Khraneniye i pererabotka selkhozsyria. – 2003. – №3. – S. 39 – 42.
8. Dvornikov. V.P. Nekotoryye fiziologicheskiye i biokhimicheskiye osobennosti plodov tomata razlichnoy sokhranyayemosti / Dvornikov V.P.. Nikulayesh M.D. // Ovoshchebakhevyye kultury i kartofel. Tiraspol: 2005. – S. 354 –364.
9. Dospekhov. B.A. Opyty s ovoshchnymi kulturami v sooruzheniyakh zashchishchennogo grunta / B.A. Dospekhov / V kn.: Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – 5-e izd. dop. i pererab. – M.: Agropromizdat. 1985. – S.120 – 122.
10. Morozov. D.O. Novyy vektor dvizheniya / D.O. Morozov // Teplitsy Rossii. – 2015. – № 3. – S.42 – 43.
11. Tosunov Ya.K. Vliyaniye fiziologicheski aktivnykh veshchestv na rostovyye protsessy rasteniy tomатов // KubGAU Agroekologiya severo-zapadnogo Kavkaza: Problemy i perspektivy. OOO «Elbrus». 2004. - S. 133-137
12. Oliva. T.V. K voprosu o sostave guminovykh preparatov / Oliva T.V.. Trubayeva L.V.. Kurokhta T.I. // Mate-rialy konferentsii «Biologicheskiye problemy prirodepolzovaniya»: mezhd. nauchno-proizvodstvennaya konferentsiya (20 – 21 noyabrya 2012 g.). – Belgorod: Izd-vo BelGSKhA im. V.Ya.Gorina. 2012. – S.63 – 66.
13. Oliva. T.V. Ekologizatsiya teplichnogo proizvodstva tomata na bespochvennom substrate s ispolzovaniyem sistemy kapelnogo poliva / Oliva T.V.. Manokhina L.A.. Panin S.I.. Kolesnichenko E.Yu.. Kuzmina E.A. // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/130-23309>
14. Dorais, M. Greenhouse tomato fruit quality / M. Dorais, A. P. Papodapoulos, A. Gosselin // Horticultural Reviews. – 2001. – Vol. 26. – P. 236–319
15. Georgelis, N. Relationship of tomato fruit sugar concentration with physical and chemical traits and linkage of RAPD markers / N. Georgelis, J.W. Scott., E.A. Baldwin //: J.Am.Soc.Hortic.Sc. – 2004. – Vol. 129. –N 6. – P. – 839-845
16. Taheri-Garavand, A. Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in mass models to characterize best post harvesting options / A. TaheriGaravand, S. Rafiee, A. Keyhani //Vegetable crops research bull. / Research inst. of 135 vegetable crops. – Skierniewice. – 2010. – P. –143-149
17. Velcheva, N. Mathematical approaches for grouping large-fruited tomato accessions according to some morphological and biochemical traits of the fruit / N. Velcheva, L. Krasteva, T. Mokreva //Растен.Науки. – 2013. – Т.50. – N 1. – С. 50-53.

Сведения об авторах

Олива Тамара Владимировна, доцент кафедры земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, кандидат биологических наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон +7-472-239-26-68, olive_tv@bsaa.edu.ru

Лицуков Сергей Дмитриевич, профессор кафедры земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, доктор сельскохозяйственных наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, , контактный телефон +7-472-239-13-63, litzukov_sd@bsaa.edu.ru

Панин Сергей Иванович, доцент кафедры земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, кандидат биологических наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон +7-472-239-26-68, panin_si@bsaa.edu.ru

Проскурина Елена Николаевна, директор по производству ООО СХП «Теплицы Белогорья», ул. Березовая, 24, п. Разумное, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, контактный телефон +7 (4722) 595-430.

Information about authors

Oliva Tamara Vladimirovna, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry and ecology, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, candidate of biological Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-26-68, olive_tv@bsaa.edu.ru

Litsukov Sergey Dmitrievich, professor of the department of agriculture, agrochemistry and ecology, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, doctor of agricultural Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-13-63, litzukov_sd@bsaa.edu.ru

Panin Sergey Ivanovich, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry and ecology, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, candidate of biological Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-26-68, panin_si@bsaa.edu.ru

Proskurina Elena Nikolaevna, operational director of LLC «Agricultural Enterprise «Teplitsy Belogorya», Berезовая St. 24, set. Razumnoe, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, contact phone +7 (4722) 595-430.

Нашим авторам

В журнале публикуются результаты открытых научных исследований в области сельскохозяйственной науки и техники, материалы о результатах инновационных разработок и проектов предприятий и фирм различных форм собственности, изобретениях; материалы конференций, выставок, конкурсов.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3 – 1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть также приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см (не задавать пробелами), формат – книжный. Если статья была или будет отправлена в другое издание необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

Оформление статьи

Слева в верхнем углу с абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева с абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по-центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

Затем с красной строки приводится аннотация, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объемом 200 – 250 слов (не более 2000 знаков), с нового абзаца – ключевые слова.

Далее необходимо разместить на английском языке: название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

После этого через пробел – текст статьи, библиография (библиографическое описание приводится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка») и ее вариант на английском языке (References). При составлении описаний на английском языке рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, с учетом того, что фамилии и инициалы авторов русскоязычных источников, название статьи транслитерируются (согласно правилам Системы Библиотеки Конгресса США – LC), затем в квадратных скобках приводится перевод названия публикации, далее – ее выходные данные (на английском языке либо в транслитерации, без сокращений и аббревиатур).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности. Затем следует англоязычный вариант информации об авторах (Information about authors).

Основной текст публикуемого материала (статьи) приводится на русском или английском языках. Текст публикуемой работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования автором цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, обосновать выбранное решение, отразить, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части автор формулирует обобщенные выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и(или) перспективы, возможности и области их использования. Для выделения наиболее важных понятий, выводов допускается полужирный шрифт и курсив. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1. Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная ориентация таблицы. Подпись таблицы располагается над ней, по центру. Например: «Таблица 3. Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества, формата TIFF (с разрешением 300 dpi) или EPS, все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключения составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

Порядок представления материалов

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию предоставленная автором рукопись статьи рецензируется согласно установленного порядка рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлегия направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

Тематический раздел «Инновационная экономика, управление предприятиями АПК и социальное развитие села»:

Наседкина Татьяна Ивановна, д. э. н., профессор – ответственный редактор,
Груздова Людмила Николаевна, к. э. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: konf.econom@yandex.ru
тел. +7 919 229-09-96.

Тематический раздел «Инновационные технологии в агрономии»:

Лицуков Сергей Дмитриевич, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,
Демидова Анна Геннадьевна, к. с.-х. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: ya.demidova-anya@yandex.ru
тел. +7 952 427-17-83/

Тематический раздел «Агроинженерия и энергоэффективность»:

Пастухов Александр Геннадиевич, д. т. н., профессор – ответственный редактор,
Колесников Александр Станиславович, к. т. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru
тел. +7 908 783-88-92.

Пример оформления статьи

УДК 633.11(470.325)

В.В. Смирнова, Н.А. Сидельникова, И.В. Кулишова

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 2000 знаков).

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5)

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation.

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords.

Далее излагается текст научной статьи.....
(текст).....
(текст).....
(текст).....

Таблица 1 - Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, т/га (2016-2017 г.г.)

Библиография

Приводится список использованных литературных и других источников на русском

References

и на английском языках.

Сведения об авторах

Смирнова Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Сидельникова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26

Кулишова Ирина Владимировна, аспирант второго года обучения кафедры земледелия, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.

Our reviewers

Results of open scientific researches in the field of agricultural science and equipment, materials about results of innovative development and projects of the enterprises and firms of various forms of ownership, inventions, materials of conferences, exhibitions and competitions are published in the Journal.

The contents of articles are reviewed (according to Journal's content) for topic relevance, clearness and statement logicity, the scientific and practical importance of the considered problem and novelty of the proposed author's solutions.

The total amount of the publication is decided by the amount of typographical units with interspaces. The recommended range of values makes from 12 thousand to 40 thousand typographical units with interspaces (0,3 – 1,0 printed pages). Materials which volume exceeds 40 thousand typographical units may be also accepted to the publication after preliminary agreement with editorial body. In case of impossibility of such materials replacement within one article, they may be published (with the author consent) in parts, in each subsequent (next) issue of the Journal.

Articles must be issued on sheets A4, printed type must be Times New Roman, size must be 12 pt; for registration of tables titles, drawings, charts, block diagrams and other illustrations - Times New Roman, usual, size is 10 pt; for notes and footnotes - Times New Roman, usual, size 10 pt. For registration of the bibliography, data on authors, summaries and keywords the size is 10 pt, a line spacing is 1,0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 1,00 cm (without interspaces), a format is a book. If article was or will be sent to another edition it is necessary to report to our editions.

During materials preparation you may not to use an automation equipment of documents (headlines, automatically filled forms and fields, dates) which can influence change of formats of data and reference values.

Article registration

In the left top corner from the paragraph article UDC is printed (check a correctness of the chosen UDC on the site of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information or in cooperation with the bibliographer of the founder of Journal by tel. +7 4722 39-27-05).

Below, after interspaces, at the left from the paragraph are full name of the author(s), semi boldface italics. Further, after interspaces, in the center of a line is article title (the name of article has to reflect the main idea of the executed research and should be as short as possible) and it prints with capital letters.

Then with a new paragraph one places a summary (issued according to requirements imposed to papers and summaries of GOST 7.9-95, GOST 7.5-98, GOST P 7.0.4-2006 of 200 – 250 words (no more than 2000 signs), from the new paragraph one provides keywords.

Further it is necessary to place in English: article title, summary (Abstract), keywords.

Next after interspaces is the text of article, the bibliography (the bibliographic description is provided according to GOST P 7.0.5-2008 "Bibliographic reference") and its option in English (References). By drawing up descriptions in English it is recommended to use the international Harvard standard taking into account that authors full name of Russian-speaking sources, article titles are transliterated (according to rules of System of Library of the Congress of the USA – LC), after that in square brackets is translation of publication title, further is given its output data (in English or transliteration, without reductions and abbreviations).

Further there are data about authors, which include a surname, a name and a middle name; academic degree, academic status (now); post or profession; a place of work (study) – full name of organization, including structural division (chair, faculty, department, management, department, etc.), and their full postal address, contact information – telephone and (or) the e-mail address, and also other data on the author's discretion which will be used for article's replacement in the Journal and on the informational website of publishing house. In collective works (articles, reviews, researches) of data of authors are brought in the sequence accepted by them. Further information about authors in English.

The main text of the published material (article) is provided in Russian or English. The text of the published work has to contain: introduction, main part and conclusion. The volume of each of parts is defined by the author. Then it is necessary to detail a problem, carry out the analysis, prove the chosen decision, and give the sufficient bases and proofs confirming ones reliability. In conclusion the author formulates the generalized conclusions, the main recommendations or offers; forecasts and(or) prospects, opportunities and their application area.

For highlighting of the most important concepts, conclusions is used the bold-face type and italics. It is not allowed to apply underlining of the main text, references and notes, and also its allocation (coloring, illumination) a color marker.

The author's text can be accompanied by monochrome drawings, tables, schemes, photos, schedules, charts and other graphic objects. In this case the corresponding references to illustrations are given in the text. Drawings titles and headings of tables are obligatory.

Illustrations in the form of schemes, charts, schedules, photos and others (except tables) images are considered as drawings. Drawing title is under it in the middle of a line. For example: "Fig. 1. Obtaining hybrid cells".

During tables preparation you can use only book orientation of the table. Table title is over it, in the center. For example: "Table 3. The breed standard in live weight of breeding heifers".

The illustrations used in the text in addition are provided in edition in the form of separate files of high

quality, the TIFF format (with the resolution of 300 dpi) or EPS, all fonts have to be transferred to curves. The exception is made by the schedules, schemes and charts executed directly in the Word program in which the text file or Excel is provided. It is not required to provide them in the form of different files.

Mathematical formulas should be written in the form of Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (bibliography) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

- article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,
- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,
- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below:

Thematic section “Innovative Economics, Management of Agricultural Enterprises and Social Development of the Village”:

Nasedkina Tatyana Ivanovna, Dr. Econ. Sci., Professor – the editor-in-chief,
Gruzдова Lyudmila Nikolaevna, Cand. Econ. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: konf .econom@yandex.ru
Tel. +7 919 229-09-96.

Thematic section “Innovative Technologies in Agronomy”:

Litsukov Sergey Dmitriyevich, Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,
Demidova Anna Gennadievna, Cand. Agri. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: ya.demidova-any@yandex.ru
Tel. +7 952 427-17-83.

Thematic section “Agricultural Engineering and Energy Efficiency”:

Pastukhov Alexander Gennadievich, Dr. of Tech. Sci., Professor – the editor-in-chief,
Kolesnikov Alexander Stanislavovich, Cand. Tech. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru
Tel. +7 908 783-88-92.

Example of registration of article

UDC 633.11(470.325)

V.V. Smirnova, N.A. Sidelnikova, I.V. Kulishova

**FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN
OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION**

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation
Text annotation Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....
.....
.....

Table 1 - The breed standard in live weight of breeding sows

References

1. Smirnova V.V. Vliyanie predshestvennikov na urozhajnost' sortov ozimoy pshenicy, tekhnologicheskie kachestva zerna i ih izmenenie pri hranenii: avtoreferat dis. ... kand.s.-h. nauk: 06.01.09 / Smirnova V.V.; BelGSKHA. – Belgorod, 2007. – 19 s.
2. Sidel'nikova N.A. Sovershenstvovanie intensivnykh tekhnologij vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v CCHZ / N.A.Sidel'nikova, L.G.Gavrilenko // Sbornik nauchnykh trudov SKHI.-Belgorod, 1988.-111s.
3. GOST R 52554 – 2006. Pshenica. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 2007-07-01. – M.: Standartinform, 2006. – 13 s.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svc.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.