ВЕСТНИК ВИЭСХ

№3(16) 2014

Теоретический и научно-практический журнал. Основан в 2005 году
Учредитель и издатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии

Редакционная коллегия:
Д.С. Стребков, акад. (председатель, главный научный редактор)
А.В. Тихомиров, к.т.н. (зам. председателя, зам. главного научного редактора),
А.Н. Васильев, д.т.н. (зам. председателя, зам. главного научного редактора),
А.Б. Коршунов, к.т.н. (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
М. Либра, проф. (Чехия),
Т. Павловский, д-р-инж., проф. (Польша),
В.Н. Дашков, д.т.н., проф. (Беларусь),
В.В Козирский, д.т.н., проф. (Украина),
В.А. Дубровин, д.т.н., проф. (Украина),
Л.П. Кормановский, чл.-корр.,
Ю.М. Антонов, к.т.н.,
Ю.Д. Арбузов, д.т.н.,
В.М. Евдокимов, д.т.н.,
Д.А. Ковалев, к.т.н.,
Б.П. Коршунов, к.т.н.,
В.Р. Краусп, д.т.н.,
А.И. Некрасов, д.т.н.,
Л.Д. Сагинов, к.ф.-м.н.,
Р.С. Суюнчалиев, к.т.н.,
Е.В. Халин, д.т.н.,
Ю.А. Цой, чл.-корр.,
О.В. Шеповалова, к.т.н.,
Ю.М. Щекочихин, д.х.н.,
Т.А. Гудкова (ответственный секретарь, редактор)

Адрес редакции:
109456, г. Москва,
1-й Вешняковский проезд, 2.
Телефон: (499) 171-22-91
Факс: (499) 170-51-01
E-mail: vestnikviesh@gmail.com

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-46497 от 08.09.2011 г.

Выходит 4 раза в год.

Компьютерный оригинал-макет
М.П. Татаринова
Подписано в печать 03.09.2014 г.
Формат 60×84/8. Объем 11,0 печ.л.
Тираж 100 экз. Печать цифровая.
Заказ № 37.

Отпечатано в ООО «Издательство Агрорус».
119590, Москва, ул. Минская, д. 1Г, корп. 2

ISSN 2304-5868

Содержание номера

Дубинин В.С. Обеспечение независимости электро- и теплоснабжения сельских поселений России от электрических сетей на базе поршневых технологий…… **3**
Иванов С.А., Адамовичс А.М., Придача Л.А. Исследования урожайности и технологических вариантов уборки индустриальной конопли…. **7**
Алиханов Д., Шыныбай Ж., Молдажанов А., Яцевич А. Система технического зрения для технологической линии разделения инкубационных яиц по размерам и форме..... **11**
Драганов Б.Х. Термодинамический анализ биогазовых систем…….. **15**
Козырский В.В., Савченко В.В., Синявский А.Ю. Влияние магнитного поля на транспорт ионов в клетке растений…….. **18**
Стребков Д.С., Борисов В.К., Поляков В.И. Влияние наноразмерных покрытий на параметры матричных солнечных элементов……. **23**
Стребков Д.С., Трубников В.З., Пастухов А.В., Шешин Е.П., Чадаев Н.Н. Системы освещения на основе автокатодных люминесцентных ламп и резонансных трансформаторов Тесла……. **28**
Кунцевич П.А. Метод достоверной оценки и прогнозирования производительности генерирующего оборудования альтернативной энергетики... **35**
Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е. Случайные числа: получение и применение при решении задач надежности электрооборудования…… **38**
Борисов Ю.С. Определение экономического ущерба от отказов электрооборудования в сельском хозяйстве…… **52**
Никитенков П.А., Платохина Т.Н. Анализ показателей производства молока на современных фермах…….. **57**
Иванов Ю.Г., Голубятников В.А., Дюльгер Г.П., Сидоренко М.С. Микропроцессорная система контроля функциональной деятельности органов промежности коровы…… **60**
Филиппова О.Б., Доровских В.И., Кийко Е.И. Физиологическая оценка доильного оборудования…….. **64**
Шувалов А.М., Машков А.Н., Калинин В.Ф. Математическое описание тепловых процессов в гелиоэлектроводонагревательной системе…….. **69**
Шувалов А.М., Набатов К.А., Машков А.Н., Чернов Д.С. Обоснование параметров саморегулируемой системы энергоподвода к варочным аппаратам……... **72**
Шувалов А.М., Чернов Д.С., Машков А.Н., Калинин В.Ф. Перспективы применения комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ…… **75**
Базиев Д.Х., Смирнов С.В. Скорость распространения электрического тока…… **78**
Поверин Д.И., Новиков В.Б. Новая терминология в сфере синергопоники и построения «Фрактальных инновационных биотехнологических кластерных платформ», предназначенных для промышленного производства органо-функциональной пищевой продукции с применение универсальных бионических модулей…… **84**

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки: elibrary.ru

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2014.

Contents

Dubinin V.
Ensure the independence of electricity and heat supply rural settlements from Russian electric network based on the piston technology……. **3**

Ivanov S.A., Adamovics A.M., Pridaca L.A.
Research of the yield and technological variants of the industrial hemp harvesting…… **7**

Alikhanov Dzh., Shynybay Zh., Moldazhanov A., Yatsevich A.
System of technical sight for a technological line division of incubation eggs on sizes and form…….. **11**

Draganov B.
Thermodynamic analysis of biogas systems……. **15**

Kozyrsky V., Savchenko V., Sinyavsky A.
Effect of magnetic field on ion transport in plant cells……. **18**

Strebkov D., Borisov V., Polyakov V.
Influence of nanodimensional coverings on parameters of matrix solar cells…….. **23**

Strebkov D., Trubnikov V., Pastuchov A., Sheshin E., Chadayev N.
Systems of lighting on the basis of autocathodic luminescent lamps and resonant tesla transformers…… **28**

Kuncevich P.
Method of probability factors in predicting technical potential sources of irregular natural manifestations... **35**

Syrykh N., Kabdin N.
Random numbers: acquiring and use for solving problems connected with electrical equipment reliability… **38**

Borisov Yu.
Defining of economical losses due to failures of electrical equipment in agriculture…….. **52**

Nikitenkov P., Platokhina T.
Analysis of indicators of milk production on modern farm…….. **57**

Ivanov Yu., Golubyatnikov V., Dyulger G., Sidorenko M.
Microprocessor control system functional activity of cows crotch…….. **60**

Filippova O., Kiyko E., Dorovskikh V.
Physiological assessment of the milking equipment……. **64**

Shuvalov A.M., Mashkov A.N., Kalinin V.F.
Mathematical description thermal processes in helioelectrowater-heating system…….. **69**

Shuvalov A., Nabatov K., Mashkov A., Chernov D.
Justification of parameters of self-regulating system of the power supply to cooking devices…… **72**

Shuvalov A., Chernov D., Kalinin V., Mashkov A.
Prospects of combined electric heating for removing soybeans antinutritients…… **75**

Baziev Dzh., Smirnov S.
Velocity of propagation of electric current……... **78**

Poverin D., Novikov V.
New terminology in sinergoponiki's sphere and constructions of "Fractal innovative biotechnological cluster platforms", intended for industrial production of organo-funktsional of food products about use of universal bionic modules…… **84**

© ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2014.

Доклад – лауреат Диплома II степени
9-й МНТК «Энергообеспечение и энергосбережение
в сельском хозяйстве» (21-22 мая 2014 г., Москва, ВИЭСХ)

УДК 631.371:621.311

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ РОССИИ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ ПОРШНЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.С. Дубинин
МАИ, г. Москва, ФТА, г. Королев:
объединенная научная группа «Промтеплоэнергетика», Россия

Работа обосновывает техническую возможность и экономическую целесообразность перехода на комбинированную децентрализованную выработку тепловой и электрической энергии в полностью газифицированных регионах России на базе поршневых технологий.

Ключевые слова: *децентрализованная выработка энергии, паропоршневые двигатели (ППД), газопоршневые двигатели (ГПД).*

При известных преимуществах широко используемой в настоящее время централизованной комбинированной выработки теплоэлектроэнергии, она имеет ряд существенных недостатков, в том числе невозможность ее применения в сельских поселениях. Цель данной работы обосновать техническую возможность и экономическую целесообразность перехода на комбинированную децентрализованную выработку тепловой и электрической энергии в полностью газифицированных регионах России на базе поршневых технологий с использованием их вместо линий электропередач газопроводов. Со поставляется надежность и стоимость прокладки линейной части существующей Единой электроэнергосистемы (ЕЭЭС) и Единой системы газоснабжения и генерации механической, электрической и тепловой энергии (ЕСГГМЭТЭ) в которой потребители соединяются не электрическими сетями, а газопроводами. Сравнение этих двух систем проводится с учетом того, что для ЕСГГМЭТЭ линейной частью является существующая ЕСГ, а ТЭЦ ЕЭЭС работают в комплекте с теплосетями [1, 2]. На рис. 1 приведено количество аварий в год на 10 000 км различных инженерных сетей.

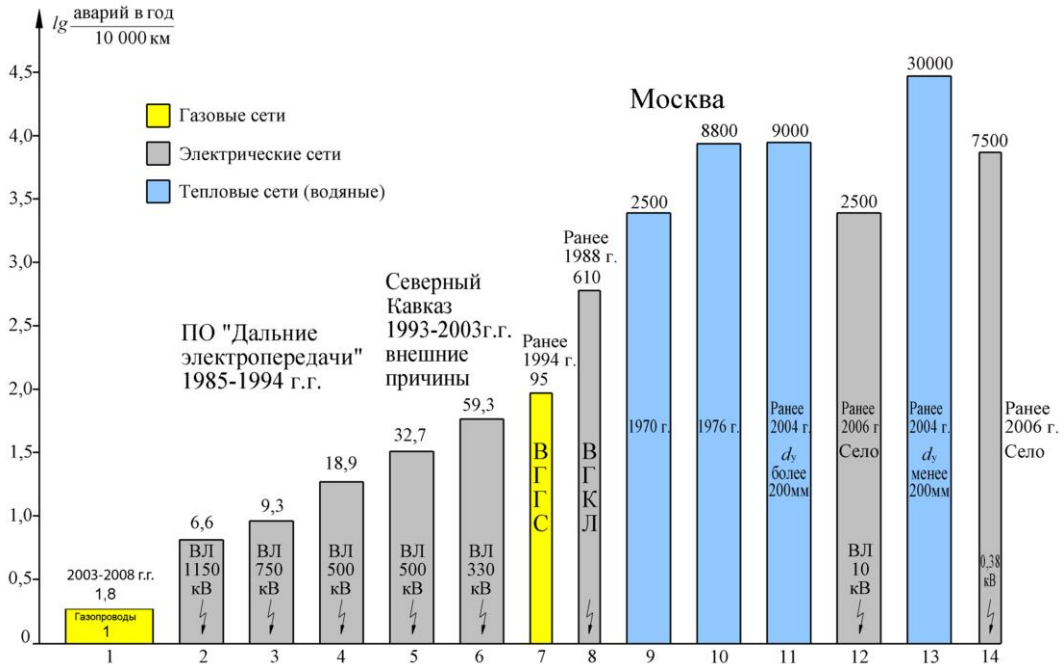


Рис. 1. Логарифм удельной аварийности сетей транспорта энергии

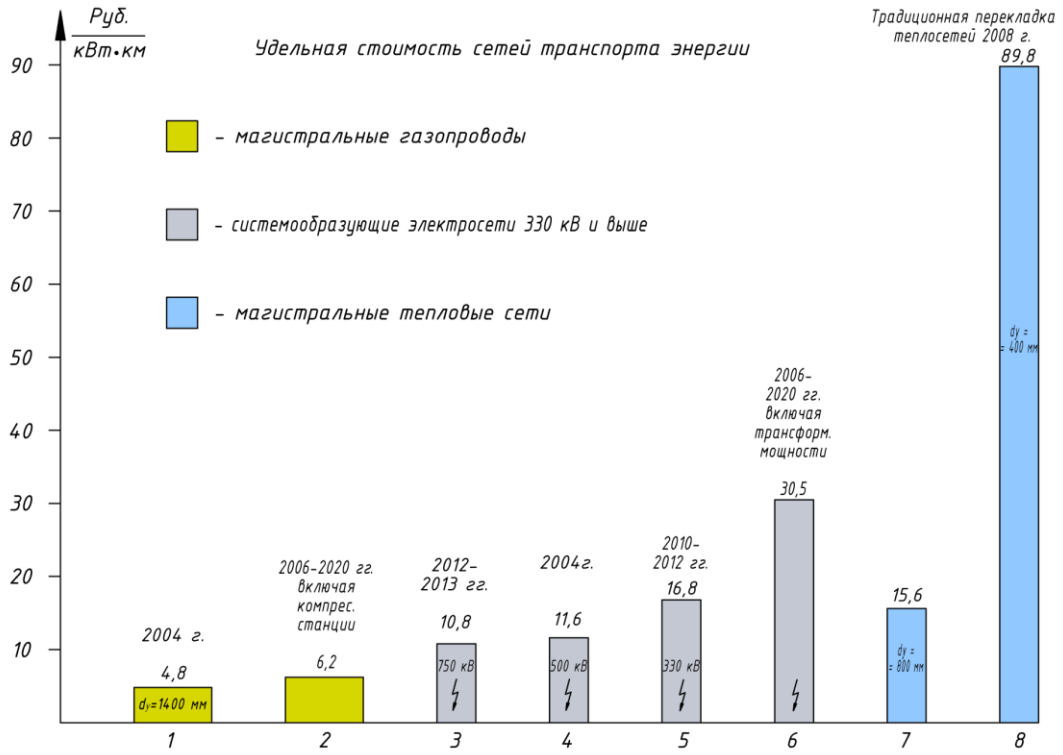


Рис. 2. Удельная стоимость сетей транспорта энергии

Следует обратить внимание, что это сделано в логарифмическом масштабе, а абсолютные цифры указаны сверху столбцов. Видно, что теплосети, обозначенные синим цветом, имеют на несколько порядков больше аварийность, чем газовые и электрические сети. На рис. 2, столбцы №1 и №4 приведены соответственно удельная стоимость в рублях на кВт·км системообразующих газопровода диаметром 1400 мм и воздушной линии электропередачи 500 кВ. Другие столбцы получены из опубликованных данных по капитальным вложениям в газопроводы, воздушные линии электропередач и теплосети. Из рис. 2 видно, что газопроводы имеют наименьшую удельную стоимость прокладки.

Сопоставляя генерирующие части Единой электроэнергетической системы (ЕЭЭС) с предлагаемой Единой системой газоснабжения и генерации механической, электрической и тепловой энергии (ЕСГГМЭТЭ), следует отметить, что в ЕСГГМЭТЭ, в отличие от ЕЭЭС, значительная часть механической энергии, вырабатывается относительно малоразмерными поршневыми двигателями, приводящими промышленное и котельное оборудование, минуя двойное преобразование энергии, это исключает ее потери и затраты на электрогенераторы и электродвигатели. На рис. 3 приведена удельная стоимость электростанций различного типа, при большом разбросе удельных стоимостей тем не менее можно видеть следующие тенденции:

- отечественные газотурбинные теплоэлектростанции относительно большой мощности имеют в среднем большую удельную стоимость по сравнению с отечественными газопоршневыми малой мощности, что делает применение последних для реализации ЕСГГМЭТЭ более предпочтительным;

- плата за присоединение к централизованным электросетям в Московской области примерно равна удельной стоимости отечественных газопоршневых электростанций. Это делает экономически нецелесообразным присоединение к электросетям. Плата за присоединение в г. Москве столь высока, что применение любых мини-ТЭЦ более целесообразно, чем присоединение к электросетям.

Наиболее перспективна работа теплоэлектростанций по теплофикационному циклу. В этом случае главным показателем экономичности является коэффициент использования тепла топлива (КИТТ), он для разных электростанций, применение которых в России реально, приведен на рис. 4.

Столбцы 1, 2, 3, 4 минимальный и максимальный среднечасовой КИТТ, столбцы 5, 6, 7, 8, 9 среднечасовой КИТТ в режиме номинальной электрической и тепловой мощности. Видно, что преимущества имеют газопоршневые ТЭЦ перед газотурбинными ТЭЦ.

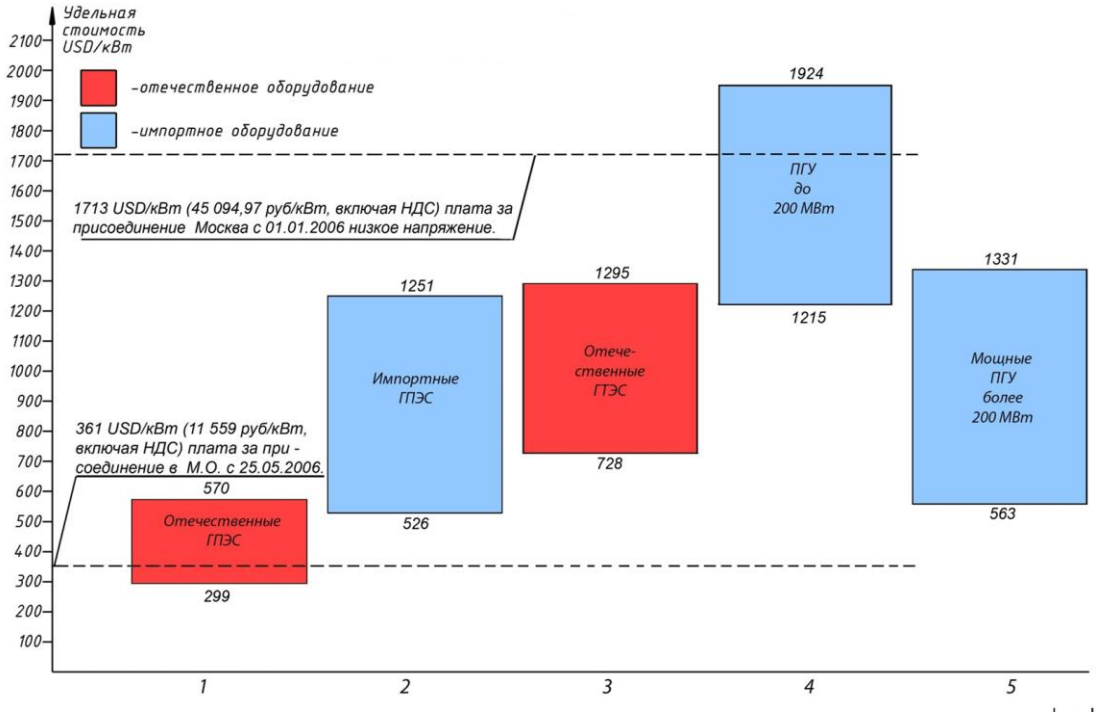


Рис. 3. Удельная стоимость электростанций (доллары 2006 г.)

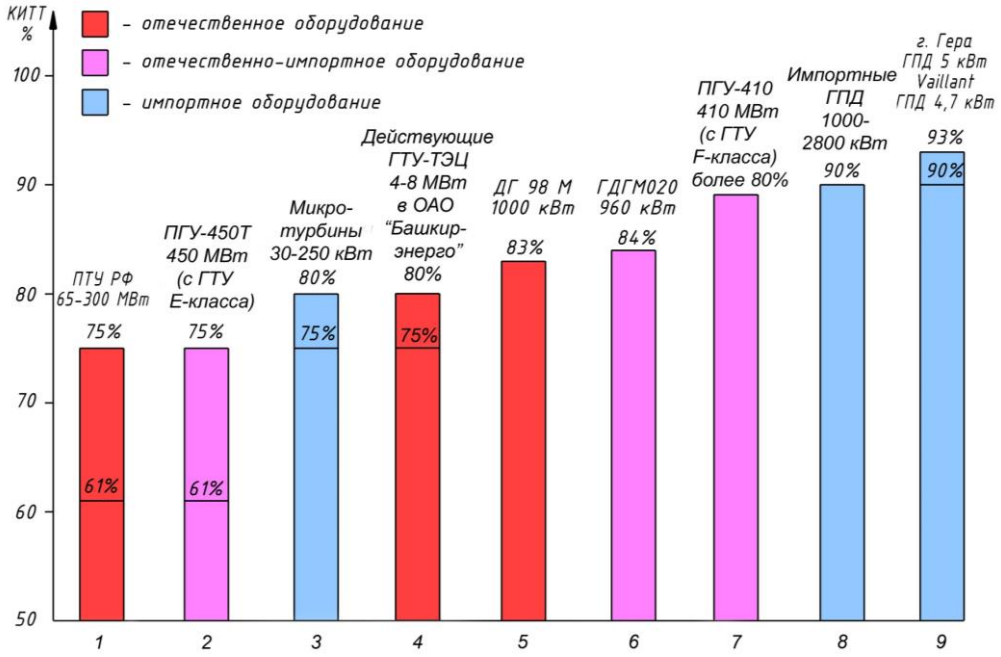


Рис. 4. Коэффициент использования теплоты сгорания топлива теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), мини-ТЭЦ, микро-ТЭЦ

Таким образом, в настоящее время для малой распределенной генерации электроэнергии газопоршневые двигатели более конкурентоспособны по сравнению с газотурбинными и паротурбинными установками по коэффициенту использования тепла топлива, стоимости. Не удивительно, что ОАО «Сатурн - газовые турбины», являющееся головным предприятием по изготовлению и сервисной поддержке газотурбинных электростанций и газоперекачивающих комплексов УК «Объединенная двигателестроительная корпорация» построило цех по производству газопоршневых энергоблоков.

Установлено, что двигатели дискретного действия (ДДД) могут обладать свойством са-

мостабилизации частоты вращения, обеспечивая в случае привода ими синхронного электрогенератора, при автономной от сети выработке электроэнергии, ее качество на уровне требований ГОСТ Р 54149-2010 на сетевую электроэнергию, на этой основе предложена система стабилизации частоты вращения. Это обеспечивает возможность автономного электроснабжения сельских поселений электроэнергией высокого качества. При этом имеется возможность эффективно применять паросиловой цикл там, где он целесообразен (при коэффициенте электрической мощности потребителя меньше чем достижимый КПД ППД), обеспечивая более низкие выбросы оксидов азота паросиловыми установками с ППД, по сравнению с паротурбинными и газотурбинными электростанциями.

Выводы

1. Показано, что в газифицированной части РФ целесообразно соединять источники энергии и потребителей электроэнергии и тепловой энергии не высоковольтными линиями электропередач (ЛЭП) и теплосетями, а газопроводами с комбинированной выработкой механической, электрической и тепловой энергии (когенерацией) на месте их потребления, то есть использовать ЕСГГМЭТЭ, ориентируясь, в основном, на современные поршневые машины. Особенно это актуально для сельских поселений, имеющих малонадежные линии электропередач относительно низкого напряжения.

2. Необходимость такого подхода обусловлена следующими обстоятельствами:

- более низкой стоимостью и более высокой надежностью газопроводов по сравнению с ЛЭП и теплосетями;
- когенерация возможна для потребителя практически любой мощности, в том числе для автономного электроснабжения сельских поселений при использовании природного газа в качестве топлива. При этом уменьшается выброс теплоты в атмосферу (через градирни и с выхлопными газами при применении двигателей внутреннего сгорания), а в конечном счете, экономится природный газ, который не расходуется для компенсации потерь в электрических и тепловых сетях;
- более низкой стоимостью поршневых двигателей, работающих на газообразном топливе по сравнению с ПТУ, ГТУ, ПГУ, при малых мощностях;
- другими обстоятельствами, приведенными в [2].

Литература

1. *Дубинин В.С.* Обеспечение независимости электро- и теплоснабжения России от электрических сетей на базе поршневых технологий: Монография. - М.: МИЭЭ, 2009. - 164 с.
2. *Дубинин В.С.* Совершенствование систем энергоснабжения в газифицированных регионах России на базе поршневых технологий. Дисс. … канд. техн. наук. - М., 2013. Размещена на сайте energodub.ru.

Сведения об авторе:

Дубинин Владимир Сергеевич – кандидат технических наук, МАИ, г. Москва, педагог дополнительного образования ФТА, г. Королев: объединенная научная группа «Промтеплоэнергетика», Россия; e-mail: promteploenergetika@rambler.ru

ENSURE THE INDEPENDENCE OF ELECTRICITY AND HEAT SUPPLY RURAL SETTLEMENTS FROM RUSSIAN ELECTRIC NETWORK BASED ON THE PISTON TECHNOLOGY

V. Dubinin

With the known benefits of the widely used currently centralized combined production of thermal power generation, it has a number of disadvantages, including the inability of its application in rural areas. The purpose of this paper is to justify the technical possibility and economic feasibility of transition to a decentralized combined production of heat and electricity in a fully gasified regions of Russia on the basis of piston technology using them instead of gas transmission lines. Matched reliability and the cost of laying the linear part of the existing United electrical energy sistem (EEES) and the Unified Gas Supply System and generate mechanical, electrical and thermal energy (ESGGMETE) in which customers are not connected electric grids and gas pipelines. Comparison of these two systems is carried out taking into account that the linear part is ESGGMETE current ESG and TEC EEES work supplied with heating systems.

Keywords: decentralized power generation, steampiston engines (PPD), gaspiston engines (GPD).

Author:

Dubinin V. - Ph. D. (Engineering),
e-mail: promteploenergetika@rambler.ru
MAI, Moscow, teacher additional education FTA,
Korolev: United Scientific Group
«Promteploenergetika», Russia.

Доклад – лауреат Диплома II степени
9-й МНТК «Энергообеспечение и энергосбережение
в сельском хозяйстве» (21-22 мая 2014 г., Москва, ВИЭСХ)

УДК 633.521

ИССЛЕДОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ УБОРКИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ КОНОПЛИ

С.А. Иванов[1], А.М. Адамовичс[2], Л.А. Придача[1]
[1]Научный институт сельскохозяйственной техники Латвийского СХУ, г. Рига, Латвия
[2]Институт агробиотехнологии Латвийского СХУ, г. Рига, Латвия

Проведены исследования урожайности различных сортов индустриальной конопли. Выявлено, что в условиях Латвии наибольшую урожайность биологической массы дает сорт Футура. Разработаны технологические схемы и определены направления совершенствования кормоуборочных машин и зерновых комбайнов, которые можно приспособить для уборки индустриальной конопли.

Ключевые слова: *индустриальная конопля, уборка, экономия энергетических затрат.*

Введение. В последние 20 лет в мире стала наблюдаться тенденция активного роста площадей индустриальной конопли. При этом в странах Евросоюза имеет место жесткий контроль, и к возделыванию допускаются только сорта с содержанием тетрагидрокарбинола (ТНС- психоактивной составляющей) не более 0,2 %. При таком содержании ТНС получение наркотического вещества из конопли практически исключено [1]. Индустриальная конопля (Cannabis sativa L.) в странах ЕС считается одним из важных источников возобновляемых ресурсов для производства широкого спектра промышленной продукции (о чем свидетельствует резолюция Еврокомиссии «COM/2008/03/07»). По подсчетам специалистов 1 га конопли по скорости фотосинтеза органической массы равноценен 4 га леса. Наиболее крупные производители конопли в Европе - Франция, Польша, Нидерланды, Германия. В Латвии массовым возделыванием индустриальной конопли занимаются с 2009 года.

Из индустриальной конопли получают волокно для текстиля (джинсовая ткань, ткань CRAILAR и др.), брезент, ценную бумагу и денежные знаки, строительно-изоляционные материалы, композитные материалы для автомобилестроения и многое другое [2]. Побочный продукт - костра - в Латвии активно используется строительстве, в т.ч. для строительства экологически чистых домов с высокой степенью теплоизоляции [3]. Семена индустриальной конопли являются ценным пищевым и кормовым продуктом, а также активно применяются в косметике и медицине. Учитывая высокую урожайность, конопля представляет интерес и как энергетическая культура.

Методика исследований. Цель работы - определить потенциальную урожайность биологической массы индустриальной конопли и разработать экономичные технологические и технические решения по ее уборке в условиях Латвии. В работе использованы стандартные методики проведения полевого опыта по определению урожайности и обработки экспериментальных данных, а также эксплуатационной и агротехнической оценки сельскохозяйственной техники.

Результаты исследований и дискуссия. Урожайность биомассы разрешенных сортов индустриальной конопли в Латвии в опытах 2011 и 2012 годов представлена в табл. 1. Урожайность зеленой массы составляет 45-75 т/га. Наибольшая урожайность зеленой массы конопли была в сравнительных опытах получена при использовании сорта «Futura» – до 75 т/га (в пересчете на сухое вещество 11,0-12,4 т/га). Высота растений до 3,5- 4 м.

Наиболее сложным и трудоемким технологическим процессом в технологии выращивания индустриальной конопли является уборка. Климатические условия Латвии существенно отличаются от западноевропейских по условиям вегетации, и особенно во время уборки. Уборка конопли на 60-70% определяет рентабельность производства данной культуры, а также качество получаемого продукта.

Уборка конопли на волокно предусматривает скашивание стеблестоя в августе и дальнейшую полевую вылежку в тресту и уборку

Таблица 1

Урожайность биомассы индустриальной конопли

Название сорта (в оригинальной транскрипции)	Зеленой массы, t ha^{-1}			Сухой массы, t ha^{-1}		
	2011 г.	2012 г.	Средняя за 2 года	2011 г.	2012 г.	Средняя за 2 года
Bialobrzeskie	45.80	51.25	48.53	17.15	11.95	14.55
Futura 75	54.56	75.00	64.78	21.22	21.33	21.27
Fedora 17	45.69	57.54	51.61	16.60	18.23	17.42
Santhica 27	47.16	66.43	56.79	19.84	17.39	18.61
Beniko	50.21	48.97	49.59	20.51	19.27	19.89
Ferimon	46.69	52.40	49.55	16.90	18.59	17.75
Epsilon 68	54.13	68.45	61.29	20.26	12.89	16.57
Tygra	44.80	58.83	51.82	18.61	20.87	19.74
Wojko	47.15	59.48	53.32	20.33	19.91	20.12
Uso 31	36.57	51.49	44.03	12.65	17.38	15.01
Средняя по сортам	47.28	58.98	53.13	18.41	17.78	18.09

Рис. 1. Уборка индустриальной конопли специальным коноплеуборочным комбайном

(прессование тресты в рулоны или тюки) в конце сентября.

Наиболее сложной комбинированной машиной для уборки индустриальной конопли является специализированный комбайн. В Латвии в 2012 г. использовался комбайн с шириной захвата 4,5 м (жатка Kemper Champion и барабанный измельчитель фирмы Claas). Он обеспечивает кошение, обмолот семенной части, резку стеблей на длину 60 см и их расстил в ленту. В 2012 г. в Европе использовалось 6 таких комбайнов. К сожалению, использование дорогостоящих (стоимостью более 300 тыс. евро) специализированных коноплеуборочных комбайнов (рис. 1) требует большой концентрации площадей (не менее 250-300 га), и, как показал опыт, из-за больших амортизационных затрат, в условиях относительно небольших посевов в отдельных хозяйствах пока экономически малоэффективно (стоимость сервисной услуги по уборке конопли таким комбайном равнялась 200 евро/га).

Скашивание волокнистых стеблей вызывает ряд специфических требований к косилкам. Для эффективного скашивания стеблей тресты на значительных площадях ротационные косилки малопригодны из-за наматывания стеблей вокруг вращающихся валов привода дисков и вероятного повреждения уплотнений подшипниковых узлов. Исследования показывают, что наиболее подходящими для кошения конопли являются сегментно-пальцевые косилки. Из этой группы косилок наилучшие показатели у дуплексных косилок с более высокой скоростью резания. В любых вариантах нужно тщательно следить за степенью заострения сегментных ножей

Рис. 2. Двухуровневая косилка конопли

и регулярно их менять или затачивать (через 40-60 часов работы). При высоте стеблей более 2,5-3 м для упрощения дальнейших процессов уборки и переработки желательно проводить скашивание на двух уровнях (уменьшая длину стеблей в два раза). Для реализации такого скашивания имеются специальные косилки (рис. 2), однако их цена более 12 тыс. евро, и окупиться такая машина может только в хозяйствах с площадью посевов конопли более 40-60 га. Для скашивания стеблей конопли необходимо использовать режущие аппараты подпорного резания. Среди сегментно-пальцевых косилок лучшие показатели имеют дуплексные косилки (например, КДН-210).

Процесс вылежки стеблей конопли в тресту при среднесуточной температуре около 8-12°С длится около 3-5 недель. Единственным практически реализуемым способом улучшения условий вылежки (получения большей равномерности вылежки массы стеблей конопли по вертикальному сечению) является ворошение.

Уборка тресты с поля осуществляется с помощью рулонных или тюковых пресс-подборщиков при влажности не более 16-18%. Оптимальной является конструкция подавателя массы с подборщика в камеру прессования, включающая убирающиеся пальцы (например, как у пресса Z-562). При прессовании рулонными прессами за счет изгиба стеблей в цилиндрическую форму и воздействия на них элементов прессующего механизма имеются некоторые потери костры (5-17%). Учитывая малую плотность и высокую высоту вала тресты конопли перед уборкой пресс-подборщиками рационально провести его прикатывание (уплотнение).

Семенную часть конопли обычно убирают с помощью зерноуборочных комбайнов (соответствующим образом отрегулированных). В Латвии у крестьян централизованно закупают необработанные семена (коробочки) конопли по цене от 600 евро/т. Режущий аппарат жаток зерноуборочных комбайнов в целом удовлетворительно выполняет срез стеблей на высоте около 80-100 см. Важной технической задачей дальнейшей работы является усовершенствование комбайнов в направлении повышения высоты качественного среза до 130-150 см. Это позволит в 1,5 раза повысить объем остающейся на поле массы стеблей, которые в дальнейшем будут использованы для вылежки в тресту и для производства волокна.

Оставшуюся после прохода комбайна часть стеблестоя можно скашивать и оставлять на поле для вылежки в тресту. Однако делать это поздней осенью в условиях Латвии рискованно - погодные условия неблагоприятны (низкие температуры, дожди), и процесс вылежки до зимы может не завершиться, в результате чего велик риск потери всего урожая. Опыт показывает, что оставшийся после прохода комбайна стеблестой можно оставить нескошенным на зиму и убирать весной, после просыхания почвы и возможности прохода по полю техники. Оставшиеся на зиму стебли сохраняют вертикальное положение (не полегают), и до весны

обеспечивается полный процесс вылежки: волокно хорошо отделяется от древесной сердцевины (костры) и принимает светло-серый цвет. При этом операцию скашивания заменяют прикатыванием катками, при котором весной происходит облом стеблей у почвы. Далее по технологии следует валкование массы и прессование в рулоны или тюки.

Работы по совершенствованию технологии уборки индустриальной конопли, проводимые в рамках проекта Европейского социального фонда ЕС (№2013/0064/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/050), планируется продолжить в направлении разработки технологического варианта и совершенствования машин для заготовки как сухой, так и консервированной массы стеблей конопли для производства теплоизоляционных строительных плит с высокими экологическими параметрами.

Выводы

В условиях Латвии наибольшую урожайность биологической массы индустриальной конопли дает сорт Футура (до 75 т/га).

Уборка конопли специальными коноплеуборочными комбайнами экономически эффективна только при большой концентрации площадей посевов (не менее 250-300 га).

Для скашивания стеблей конопли необходимо использовать режущие аппараты подпорного резания. Среди сегментно-пальцевых косилок лучшие показатели имеют дуплексные косилки (например, КДН-210).

Учитывая малую плотность и высокую высоту вала тресты конопли перед прессованием рационально провести его прикатывание (уплотнение).

Литература

1. *Sankari H.* Towards bast fibre production in Finland: stem and fibre yields and mechanical fibre properties ofselected fibre hemp and linseed genotypes. Academic dissertation, ISBN 951-45-9157-7. Helsinki, 2000. - 60 p.
2. *Skujans J., Iljins U., Ziemelis I., Gross U., Ositis N., Brencis R., Veinbergs A. and Kukuts O.* Experimental research of foam gypsum acoustic absorption and heat flow // Chemical Engineering Transactions, 19, 2010. pp. 79 – 84.
3. www. hempecosystems.com. (Hemp Eco Systems/ The Answer is in Nature.)

Сведения об авторах:

Иванов Семен Агафонович - доктор инженерных наук, директор Научного института сельскохозяйственной техники Латвийского Сельскохозяйственного Университета, г. Рига, Латвия, e-mail: senjons@apollo.lv

Адамовичс Александр Михайлович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Института агробиотехнологии Латвийского СХУ, г. Рига, Латвия, e-mail: senjons@apollo.lv

Придача Лариса Александровна - ассистент, Научный институт сельскохозяйственной техники Латвийского СХУ, г. Рига, Латвия, e-mail: senjons@apollo.lv

RESEARCH OF THE YIELD AND TECHNOLOGICAL VARIANTS OF THE INDUSTRIAL HEMP HARVESTING

S. Ivanovs, A. Adamovics, L. Pridaca

Industrial hemp is a fiber and high-yielding energy crop, and the demand for it in recent years in the world is growing steadily. Research of the yields of different varieties of industrial hemp revealed that the conditions of Latvians highest biomass yield variety is achieved by using the Futura hemps. The most difficult and time-consuming process in the technology of growing industrial hemp is the harvesting. In this article different industrial hemp harvesting techniques and the requirements for the main machines for harvesting in autumn and spring are compared and explained.

Keywords: industrial hemp, harvesting, cost reduction.

Autors:

S. Ivanovs - Dr.sc.ing.,
e-mail: senjons@apollo.lv ,
Research Institute of Agricultural Machinery, Latvia University of Agriculture, Riga, Latvia.
A. Adamovics - Dr.agr.,
e-mail: senjons@apollo.lv, Research Institute of Agrobiotechnology, Latvia University of Agriculture, Riga, Latvia.
L. Pridaca - assistant, e-mail: senjons@apollo.lv,
Research Institute of Agricultural Machinery, Latvia University of Agriculture, Riga, Latvia.

Доклад – лауреат Диплома II степени
9-й МНТК «Энергообеспечение и энергосбережение
в сельском хозяйстве» (21-22 мая 2014 г., Москва, ВИЭСХ)

УДК 631.171:631.362

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ИНКУБАЦИОННЫХ ЯИЦ ПО РАЗМЕРАМ И ФОРМЕ

Д. Алиханов, Ж. Шыныбай, А. Молдажанов, А. Яцевич
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Приводятся структура и результаты исследований системы технического зрения для автоматического разделения яиц на категории по размерам и отделение нестандартных по форме яиц в режиме реального времени.

Ключевые слова: *система технического зрения, инкубационные яйца, коэффициент формы, технологическая линия, автоматизированное устройство, LabVIEW.*

Введение. При инкубации яиц различных пород птицы одной из наиболее трудоемких задач является быстрый, а главное - качественный отбор инкубационных яиц. В настоящее время существует несколько методов отбора яиц, например по массе на яйцесортировочных машинах. Для сокращения времени сортировка производится визуально, путем ручного удаления яиц с явными дефектами (насечка, уродливая форма, мраморность, крупные и мелкие яйца). Автоматизация процесса отбора яиц на инкубацию на основе системы технического зрения может повысить производительность труда и качество отбираемых на инкубацию яиц. В соответствии с техническим регламентом «О требованиях к сельскохозяйственной птице, мясу птицы, продуктам его переработки, их производству и обороту», действующим на территории Таможенного Союза [1], для яиц кур различных пород установлены физико-химические показатели идентификации инкубационных яиц, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели идентификации инкубационных яиц

Критерий и показатель	Куры пород		
	яичные с белой скорлупой	яичные с коричневой скорлупой	мясные
Масса яиц:			
- для воспроизводства промышленного стада, г	50-72	50-75	48-75
- для воспроизводства племенного стада, г	52-70	52-73	52-73
Плотность яйца, г/см^3	1,075	1,075	1,075
Индекс формы, %	70-80	70-80	70-82
Толщина скорлупы, мм	0,33	0,34	0,33

Методы исследования. Основными внешними показателями отбора яиц перед закладкой на инкубацию являются: форма и размер яйца, наличие трещин и мраморности скорлупы. При проведении качественного отбора яиц на инкубацию повышается выводимость и сокращаются удельные затраты на производство цыплят. В Казахском национальном аграрном университете разработано автоматизированное устройство для определения геометрических параметров яиц, обеспечивающее получение объективной количественной информации о показателях яиц. Устройство, состоящее из веб-камеры и персонального компьютера с программным обеспечением для машинного зрения на основе LabVIEW, позволяет определять большой и малый диаметр яйца, площадь, периметр, с последующим вычислением индекса и коэффициента формы. Известно, что масса яйца пропорциональна его размерам и может быть определена через площадь продольного сечения. Вместо индекса формы (K_1) использован коэффициент формы (K), равный отношению квадрата периметра к площади, значение которого не зависит от ориентации яйца относительно веб-камеры. В процессе прединкубационного отбора

яиц из общей массы яиц отбираются яйца, соответствующие требованиям технического регламента по массе и индексу формы. На автоматизированном устройстве вместо массы определяется площадь продольного сечения, а вместо индекса формы определяется коэффициент формы бесконтактным способом [2]. Граничные значения коэффициента формы можно вычислить по формуле [3]:

$$K = 4\pi K_1\left[0{,}75(1/K_1+1) - 0{,}5\sqrt{1/K_1}\right]^2. \quad (1)$$

В результате проведенных расчетов установлена зависимость между массой и площадью продольного сечения яиц:

$$S = \sqrt[3]{\left[m/67 * 10^{-5}\right]^2} \quad (2)$$

Вычисленные граничные значения площади и коэффициента формы яиц различных пород кур приведены в табл. 2.

Для проверки соответствия теоретических расчетов были проведены и экспериментальные исследования на отобранных инкубационных яйцах кур мясной породы «Кобб-500». Экспериментальным путем с использованием автоматизированного устройства были определены малый (*d*) и большой (*D*) диаметры, периметр (*L*), площадь (*S*), индекс формы (K_1), коэффициент формы (*K*). Дополнительно определялась масса каждого яйца на электронных весах марки DX-1200. Результаты статистической обработки полученных данных приведены в табл. 3.

Таблица 2

Граничные значения показателей разделение яиц на категории

Порода кур	Граничное значение показателей яиц			
	***m*, г**	$K_1 = \frac{b}{a}100\%$	***S*, мм^2**	$K = \frac{L^2}{S}$
Яичные:				
- с белой скорлупой	50-72	70-80	1772-2260	12,78-13,17
- с коричневой скорлупой	50-75	70-80	1772-2322	12,78-13,17
Мясные	48-75	70-82	1724-2322	12,75-13,17

Таблица 3

Статистические параметры исследованных яиц породы кур яичного направления с коричневой скорлупой

Параметр	***d*, мм**	***D*, мм**	***L*, мм**	***S*, мм^2**	***K***	***M*, г**	**K_1, %**
m	42,80	57,16	157,84	1897,89	13,13	69,18	74,9
σ	0,71	1,34	2,28	49,19	0, 06	2,08	2,5
εβ	±0,14	±0,26	±0,44	±9,6	±0,017	±0,41	±0,49

Примечание. *m* – математическое ожидание параметра, σ – среднеквадратическое отклонение и εβ – доверительный интервал математического ожидания.

Из-за отклонения формы яйца от эллипсоида значение коэффициента формы К при отборе яиц на технологической линии следует выбрать в соответствии с экспериментальными данными для кур определенной породы.

В настоящее время системы технического зрения широко используются в различных отраслях, таких как медицина, промышленность, при научном моделировании процессов в сельском хозяйстве. Система технического зрения (СТЗ) позволяет автоматизировать процессы распознавания, определения положения, контроля размеров и формы, анализ и отбраковка нестандартных яиц.

Системы технического зрения являются одним из главных средств развития автоматических систем управления движением в условиях, когда объем информации не достаточен, и для решения задач управления необходим анализ внешней обстановки в режиме реального времени.

Для проведения исследований разработана экспериментальная установка на базе яйцесортировочной машины «РИТМ 8–3» по определению геометрических параметров яиц в режиме реального времени.

Общий алгоритм работы системы заключается в следующем (рис. 1): исследуемый объект попадает под объектив смарт-камеры (1), полученное изображение смарт-камера передает на встроенный микропроцессор с установленным программным обеспечение LabVIEW (2),

в среде которой разработана специальная программа для анализа и отбраковки некачественных яиц (3), далее полученные данные отправляются на контроллер (4), где некондиционные яйца сбрасываются воздушными поршнями (5). На рис. 1 показан алгоритм анализа и разделения яиц на категории по размерам с отбраковкой некачественных яиц.

На рис. 2, обозначены аппаратные составляющие технологической линии разделение инкубационных яиц на категории. Яйца подаются на конвейер ориентации и вращения, которая выстраивает их в три ряда, с помощью специальных приспособлений яйца перекладывается на перемещающий механизм в один ряд по отношению к объективу камеры. При попадании

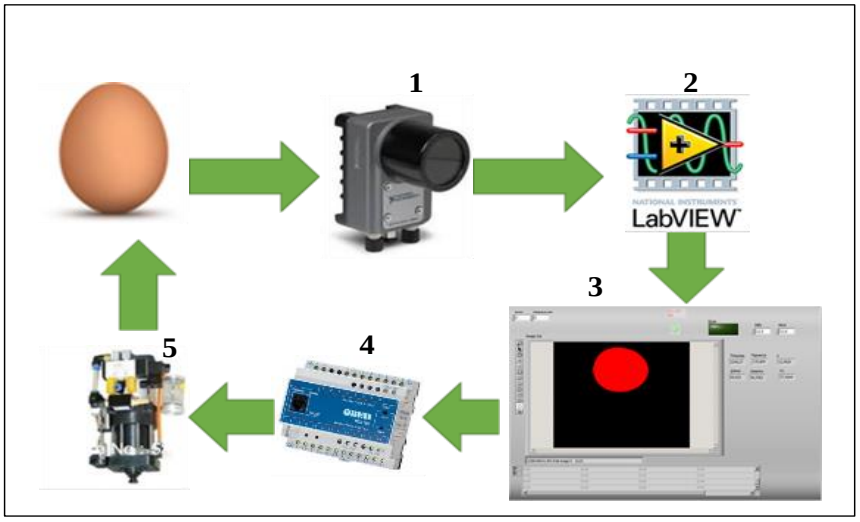


Рис. 1. Алгоритм анализа и разделение яиц на категории по размерам с отбраковкой некачественных яиц

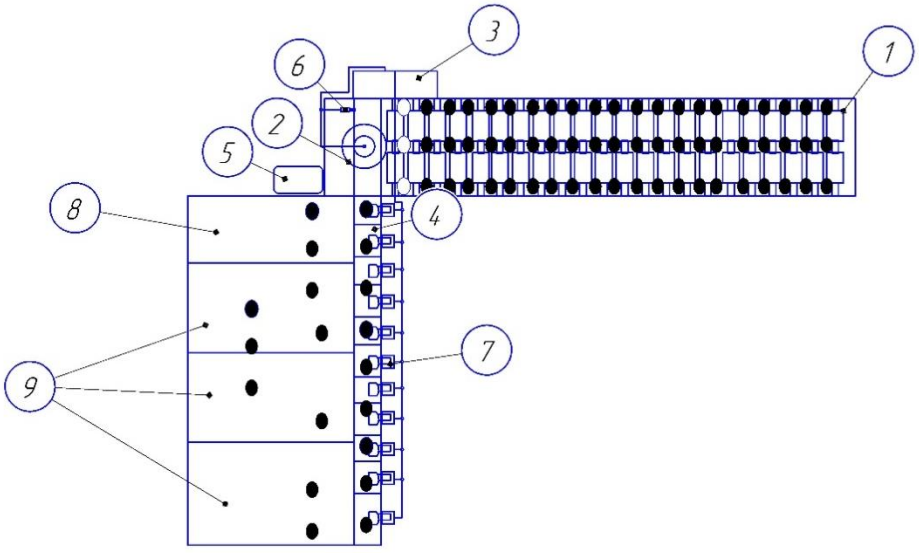


Рис. 2. Технологическая линия разделения инкубационных яиц на категории на базе системы технического зрения:
1 – конвейер ориентации и вращения яиц; 2 – смарт-камера; 3 – контроллер; 4 – поперечный линейный транспортер; 5 – компрессор; 6 – датчики индуктивные; 7 – пневмоклапаны (сбрасыватели); 8 – лоток с нестандартными яйцами; 9 – лотки для яиц различных размеров

в зону контроля камеры каждого яйца, срабатывает индуктивный датчик, который подает сигнал на процессор смарт-камеры, и она захватывает изображение, производит анализ, выделение объекта от общего фона изображения и определяет его параметры (периметр, площадь и коэффициент формы) и отправляет информацию в дискретной форме на контроллер.

Контроллер в зависимости от полученных значений параметров подает сигнал на соответ-

ствующий исполнительный механизм, для разделения яиц на категории по размерам и сброса бракованных яиц. В результате экспериментальных исследований были получены следующие результаты:

- скорость обработки данных в контроллере – не более 100 мкс;

- скорость обработки изображения в камере – не более 140 мс.

Время обмена данными контроллера с камерой и пневмоклапанами – не более 200 мс. Таким образом, необходимое время для обработки информации одного яйца составляет не более 340 мс, или 3 яйца в секунду.

Заключение

Полученные результаты исследований системы технического зрения для определения размеров и формы яиц в режиме реального времени соответствуют требованиям разделения яиц в потоке, на технологической линии разделения яиц на категории по размерам и форме. Расчетная производительность технологической линии на базе системы технического зрения составляет более 10 тыс. яиц в час, что на 20% выше производительности яйцесортировочной машины «РИТМ 8–3».

Литература

1. Технический регламент «О требованиях к сельскохозяйственной птице, мясу птицы, продуктам его переработки, их производству и обороту», действующий на территории Таможенного Союза, утвержденный правительством РФ от 21.04.2013 г.
2. Патент на полезную модель №935. Устройство для автоматизированного определения параметров яиц, отбираемых для инкубации / Алиханов Д.М., Альпейсов Ш.А. // БИ. 2013. №5.
3. *Алиханов Д.М., Альпейсов Ш.А., Мустафин Е.Г., Молдажанов А.К.* Обоснование граничных значений параметров отбора инкубационных яиц на автоматизированном устройстве // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Птицеводство Казахстана: Проблемы и перспективы развития». Алматы, 5-6 ноября 2013. – С 36-42.

Сведения об авторах:

Алиханов Джахфер Музаферович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Энергосбережение и автоматика», Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, e-mail: alikhanov.d@list.ru

Шыныбай Ж. - магистр, Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, e-mail: alikhanov.d@list.ru

Молдажанов А. - магистр, Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, e-mail: alikhanov.d@list.ru

Яцевич А. - магистрант, Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, e-mail: alikhanov.d@list.ru

SYSTEM OF TECHNICAL SIGHT FOR A TECHNOLOGICAL LINE DIVISION OF INCUBATION EGGS ON SIZES AND FORM

Dzh. Alikhanov, Zh. Shynybay, A. Moldazhanov, A. Yatsevich

Object of research are the hatching eggs, vision system for automatically separating eggs into categories based on size and separation of non-standard by shape of eggs in the mode of real time. Presented requirements for hatching eggs, formulas for calculating and results of computations of the boundary values of indicators eggs separation into categories for different breeds of chickens. Obtained the results of research vision system for determining size and shape of the eggs in mode of real time on the experimental technological line. The calculated productivity of technological line based on the vision of technical system is over 10 thousand eggs per hour which is 20% higher performance the sorting machine eggs «RITM 8-3».

Keywords: vision of technical system, incubation eggs, coefficients of form, technological line, automated device, LabVIEW.

Autors:

Dzh. Alikhanov - Ph.D. (Engineering),
e-mail: alikhanov.d@list.ru,
Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan.
Zh. Shynybay - master,
e-mail: alikhanov.d@list.ru,
Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan.
A. Moldazhanov - master,
e-mail: alikhanov.d@list.ru,
Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan.
A. Yatsevich - master,
e-mail: alikhanov.d@list.ru,
Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan.

УДК 620.92

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БИОГАЗОВЫХ СИСТЕМ

Б.Х. Драганов
Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины, г. Киев, Украина

Методом неравновесной термодинамики выполнен анализ биогазовых установок, использующих древесину. Определяется энергетический и экономический потенциал древесины, для чего обращаются к принципам моделирования и статистическим данным.

Приведена принципиальная схема биогазовой системы, на основе которого определили тепловой баланс анализируемой системы и эксергетический коэффициент полезного действия.

Указано, что наиболее точным и объективным средством оценки энергетической эффективности биогазовой установки, является величина производства энтропии.

Ключевые слова: *биомасса, биоэнергетика, термохимия, энергетическая эффективность, энтальпия, энтропия, термодинамическая система.*

Одним из перспективных источников энергии является биоэнергетика.

Европейские эксперты по вопросам биоэнергетики выделяют два основных подхода к оценке потенциала биомассы: ресурсно-ориентированный и ориентированный на энергетические потребности [1, 2]. В первом случае исследуется ресурсная база и вопросы конкурентного использования биомассы различными конечными потребителями, то есть энергетическое и энергетические использования. Во втором - оценивается конкурентоспособность различных технологий производства энергии из биомассы по сравнению с другими видами ВИЭ и традиционными топливами с точки зрения наиболее эффективного удовлетворения энергетических потребностей.

Ресурсно-ориентированный подход включает статистические и пространственные методы оценки потенциала биомассы. Простой статистический метод дает результат оценки только для страны в целом, тогда как пространственный (углубленный статистический) – для отдельных административных единиц, в результате чего есть возможность построения карт и диаграмм. В подходе, ориентированном на энергетические нужды, используются методы энергетического и экономического моделирования с учетом стоимости поставки топлива. Этот подход является гораздо более сложным, чем ресурсно-ориентированный, поскольку моделирование требует большого количества исходных данных. Однако полученные результаты могут отражать не только текущий потенциал биомассы, но и прогнозировать его изменение в будущем в зависимости от таких показателей как численность на сечение, его потребности и т.п.

Особо важную роль биомасса играет в производстве тепловой энергии. На сегодня из всех возобновляемых источников энергии теплота производится в основном из биомассы. Доля биомассы в производстве тепловой энергии в Швеции составляет 35,5 %, Финляндии – 28,6 %, Португалии – 22 %. В целом по странам Европейского Союза около 9 % [3].

Опыт европейских стран показывает, что из всех видов биомассы для производства энергии используется в основном твердая биомасса [4].

На рис. 1 схематически изображена равновесная термодинамическая система биогазовой установки. Сырье, окислитель (если требуется) и водяной пар (если требуется) определяют граничные условия этой системы при заданной температуре T_r. Продукты (горения, газификации или сжижения) покидают систему при температуре T_r. Обычно биомасса содержит углерод, водород, кислород, азот и серу; ее состав для сухого и беззольного вещества может быть выражен формулой $C_A H_B O_C N_D S_E$.

Для описания стандартного состояния можно воспользоваться уравнением вида [5]:

$$C_A H_B O_C N_D S_E(\text{т}) + nO_2(\text{г}) + (1/2B H_2O(\text{ж}) + \\ + (1/2)D N_2(\text{г}) + E SO_2(\text{г}), \quad (1)$$

где (т), (ж) и (г) - соответственно твердое, жидкое и газообразное состояние при T_r, а коэффициент n определяется стехиометрией реакции. Соответствующая энтальпия определяется как h_i – энтальпия компоненты i (Дж/кг·моль) при T_r, h_f – энтальпия сырья (Дж/кг·моль) при T_r.

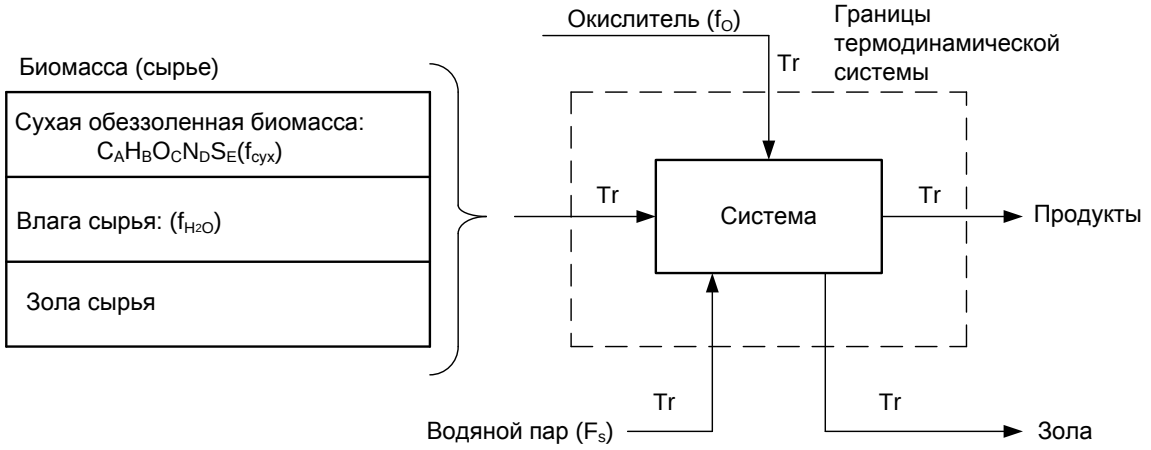


Рис. 1. Границы термодинамической системы:
T_r – стандартная температура; f – скорость подачи сырья, моль/время

В этом случае для 1 моля сырья согласно уравнению (1):

теплота, поступающая в систему, =

$$= 1\times h_f + nh_{O_2},$$

теплота, выходящая из системы, =

$$= Ah_{CO_2} + (1/2)Bh_{H_2O(ж)}\cdot$$

$$+ (1/2)Bh_{N_2} + Eh_{SO_2}.$$

Если пренебречь потерями тепла и изменениями потенциальной и кинетической энергии, то теплота реакции ΔH_R может быть выражена следующим образом:

$$\Delta H_{R,T_r} = \left[\sum H_{\text{продукт}} - \sum H_{\text{реагент}}\right]T_r, \quad (2)$$

$$\Delta H_{R,T_r} = Ah_{CO_2} + (1/2)Bh_{H_2O(ж)} + (1/2)Bh_{N_2} + Eh_{SO_2} - h_f - nh_{O_2}. \quad (3)$$

Принимая энтальпию следующих компонент при температуре T_r, равной

$$h_{CO_2} = h_{H_2O(ж)} = h_{N_2} = h_{SO_2} = h_{O_2} = 0, \quad (4)$$

получаем

$$\Delta H_{R,T_r} = -h_f, \quad (5)$$

где знак «минус» означает, что тепло выделяется.

В работе [6] предлагается следующее выражение для теплового КПД:

$$\eta_T = W/\left(M_{вых}\Delta H'_{вых} - M_{вх}\Delta H'_{вх}\right), \quad (6)$$

где W – генерируемая энергия; M – расход массы; $\Delta H'$ – энтальпия потоков массового секундного расхода.

Другим показателем эффективности изучаемых явлений – это показатель качества [7]:

$$K = \frac{\text{Максимальная энергия выходящих потоков}}{\text{Максимальная энергия, содержащаяся во всех вводимых потоках}}.$$

Приведенное соотношение следует определить как эксергетический КПД [8].

Определим энергетическую эффективность по величине производства энтропии [9].

Производительность химической реакции и равна:

$$\nu = \frac{d\xi}{Vdt} = R_1 - R_2, \quad (7)$$

где V – объем системы; ξ – степень полноты реакции; R_1 и R_2 – скорости прямой и обратной реакций.

Анализируемые процессы являются необратимы и следовательно, можно определять величину средства энтропии [8]

$$\frac{1}{V}\frac{dS}{dt} = \frac{1}{V}\frac{A}{T}\frac{d\xi}{dt}, \quad (8)$$

где A – химическое средство; T – температура, К.

Между A и скоростями реакций существует зависимость

$$A = RT\ln\frac{R_1}{R_2}, \quad (9)$$

где R – газовая постоянная.

Уравнения (8) допускает обобщение на случай нескольких одновременно идущих реак-

ций, каждая из которых отмечается индексом *к*. Производство энтропии на единицу объема равна сумме энтропий, произведенных каждой реакции:

$$\frac{1}{V}\frac{dS}{dt} = \frac{1}{V}\sum_{\kappa}\frac{A_{\kappa}}{T}\frac{d\xi_{\kappa}}{dt}, \qquad (10)$$

Заключение

Биомасса является одним из перспективных источников энергии в мире. Она может сыграть существенную роль в решение энергетической проблемы в Украине. Для определения эффективности используемых энергетических ресурсов используются соответствующие оценочные критерии. Одним из наиболее объективных критериев, основывается на принципах термодинамики, включая значение производства энтропии.

Литература

1. *Edward Smeets.* General base line and principles. Report on WP4.1 of the EC FP7 Project «Biomass Energy Europe», 2008. Copernicus Institute, Utrecht university, the Netherlands. Internet: http://www.eu-bee.com
2. *Martijn Vis.* Harmonization of biomass resource assessments. Volume I: Best practices and methods handbook. Report on WP5 of the EC FP7 Project «Biomass Energy Europe», 2010. BTG Biomass Technology Group B.V., the Netherlands. Internet: http:/www.eu-bee.com
3. *Железная Т.А., Лезнова В.Е.* Анализ современного состояния и перспектив развития биоэнергетики в странах Европейского Союза // Промышленная энергетика, 2009. Т.31. №3. С. 77-83.
4. *Железная Т.А., Морозова А.В.* Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии // Промышленная теплотехника. 2008. Т.30. №3. С.60-67.
5. *Кохан С.* Термохимические процессы в переработке биомассы: В кн.: Биомасса источник электроэнергии: пер. с англ. / Под. ред. С. Соуфера, А. Забореки. - М.: Мир, 1985. - 368 с.
6. *Powers J. E., Katz D.L., Briggs D.E., Lady E.R., Rasin Tek M., Williams B.* Evaluation of Coal Conversion Process to Provide Clean Fuels, Part III, Prepared for Electric Power Research to Institute, EPRI 206-0-0, University of Michigan, Ann Arbor, Mi. February, 1979.
7. *Bailie R.C.* Energy Conversion Engineering, Addison – Wesley, Reading, Massachusetts, 1978.
8. *Драганов Б.Х., Мищенко А.В.* Энтропийно-эксергетический анализ теплоэнергетических систем // Відновлювальна енергетика. 2010. №3. С. 6-10.
9. *Пригожин И., Кондепуди Д.* Современная термодинамика. От тепловых двигателей до деспотичных структур: пер. с англ. - М.: Мир, 2002. - 461 с.

Сведения об авторе:

Драганов Борис Харлампиевич - доктор технических наук, профессор кафедры теплоэнергетики Национального университета биоресурсов и природоиспользования Украины, г. Киев, Украина, e-mail: rectorat@nubip.edu.ua

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF BIOGAS SYSTEMS

B. Draganov

Method of non-equilibrium thermodynamics is analyzed biogas plants using wood. Determined energy and economic potential of wood, which draw upon the principles of modeling and statistics.

Shows a schematic diagram of a biogas system, which is determined based on the heat balance of the system being analyzed and exergetic efficiency.

Indicated that the most accurate and objective means of assessing the energy efficiency of a biogas plant is the amount of entropy production.

Keywords: biomass, bioenergy, thermochemistry, energy efficiency, enthalpy, entropy, thermodynamic system.

Autor:

Draganov B. - D. Sc. (Engineering), professor of chair of power system, e-mail: rectorat@nubip.edu.ua
National university of bioresources and nature use of Ukraine, Kiev, Ukraine.

УДК 631.371: 621.31

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТРАНСПОРТ ИОНОВ В КЛЕТКЕ РАСТЕНИЙ

В.В. Козырский, В.В. Савченко, А.Ю. Синявский
Национальный университет биоресурсов и природопользования, г. Киев, Украина

В работе приведены результаты исследований влияния магнитного поля на транспорт ионов в клетке растений. Установлена взаимосвязь изменения концентрации ионов в клетке растения при магнитной обработке и параметров магнитного поля.

Ключевые слова: *магнитное поле, магнитная индукция, градиент магнитного поля, скорость ионов, концентрация ионов.*

Предпосевная обработка семян в магнитном поле позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, снизить заболеваемость растений и повысить качество сельскохозяйственной продукции.

Внедрение технологии магнитной обработки семян нуждается в установлении механизма действия магнитного поля на семена, что позволит определить оптимальные режимы обработки. Для этого необходимо исследовать влияние магнитного поля на транспорт ионов в клетке растений.

В настоящее время считается, что транспорт элементов питания в клетку осуществляется двумя автономными механизмами – пассивным движением веществ по электрохимическому градиенту и их активным переносом против электрохимического градиента. Поскольку ионы имеют электрический заряд, то их распределение между клеткой и средой определяется как разностью потенциалов, так и разностью концентраций. Суммарно эти две величины принято обозначать как электрохимический градиент.

Если между растворами с различной концентрацией ионов разместить мембрану, то возникает диффузионный потенциал, величину которого определяют по уравнению Гендерсона [1]:

$$\varphi = \frac{RT}{F}\frac{(U_1 - V_1) - (U_2 - V_2)}{(U_1^{/} - V_1^{/}) - (U_2^{/} - V_2^{/})}\ln\frac{U_1^{/} + V_1^{/}}{U_2^{/} + V_2^{/}}, \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К; T – температура раствора, К; F – число Фарадея, Кл/моль;

$$U_{1(2)} = \Sigma(C_+ v_+)_{1(2)};\ V_{1(2)} = \Sigma(C_- v_-)_{1(2)};$$

$$U_{1(2)}^{/} = \Sigma(C_+ z_+ v_+)_{1(2)};\ V_{1(2)}^{/} = \Sigma(C_- z_- v_-)_{1(2)},$$

где C_+, C_- – концентрации соответственно катионов и анионов, моль/м^3; v_+, v_- – скорости движения катионов и анионов, м/с; z_+, z_- – валентности катионов и анионов; индекс *1* относится к ионам в растворе *1*, индекс *2* – в растворе *2*.

Наличие диффузионного потенциала обуславливает движение ионов через фосфолипидную мембранув клетке растений.

Ионы образовываются при диссоциации солей и кислот вследствие химической реакции:

$$K_{\varsigma_+} A_{\varsigma_-} = \varsigma_+ K^{z+} + \varsigma_- A^{z-}.$$

При диссоциации из одной молекулы образовывается ς_+ катионов с валентностью z_+ и ς_- анионов с валентностью z_-. Обозначим через β произведение этих величин:

$$\beta = \varsigma_+ z_+ = \xi_- z_-. \quad (2)$$

Часть молекул, которая распалась на ионы, определяется степенью электролитической диссоциации [2, 3]:

$$\alpha = \frac{n}{N_a C}. \quad (3)$$

где n – количество молекул, которое распалось на ионы; N_a – число Авогадро, молекул/моль; C – молярная концентрация вещества, моль/л.

Под действием диффузионного потенциала ионы начинают упорядоченное движение, создавая при этом электрический ток I. Сила тока равняется суммарному заряду положительно и отрицательно заряженных ионов, которые проходят через поры в мембране за единицу времени.

За единицу времени через мембрану пройдут те ионы, которые находятся на расстоянии, которое не превышает скорости их дви-

жения, то есть в объеме $v_i a^2$. Тогда сила тока будет составлять:

$$I = \sum_{i=1}^{k} (n_{i_+} a^2 v_{i_+} z_{i_+} e + n_{i_-} a^2 v_{i_-} z_{i_-} e), \quad (4)$$

где e – элементарный заряд, Кл.

При движении иона на него действуют силы электрического поля F_e, трения F_m и взаимодействия между ионами и молекулами растворителя $F_в$ [2]. Согласно второму закону Ньютона имеем:

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = F_{e_i} - F_{m_i} - F_{в_i}, \quad (5)$$

где m_i – масса иона, кг.

Сила электрического поля определяется по формуле [2]:

$$F_{e_i} = z_i eE = z_i e grad\varphi. \quad (6)$$

Силы трения и взаимодействия между ионами прямо пропорциональные скорости [2]:

$$F_{m_i} = k_{m_i} v_i; \quad (7)$$

$$F_{в_i} = k_{в_i} v_i, \quad (8)$$

где k_m и $k_в$ – коэффициенты соответственно трения и взаимодействия ионов, Н·с/м.

Подставив (6), (7), (8) в уравнение (5), получим:

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = z_i e grad\varphi - k_{m_i} v_i - k_{в_i} v_i. \quad (9)$$

Решив (9), находим уравнение движения иона:

$$v_i = \frac{z_i e\, grad\varphi}{k_{m_i} + k_{в_i}} \left(1 - e^{-\frac{k_{m_i} + k_{в_i}}{m_i} t} \right). \quad (10)$$

Поскольку коэффициенты трения и взаимодействия ионов значительно превышают массу иона, то величиной $e^{-\frac{k_{m_i} + k_{в_i}}{m_i} t}$ можно пренебречь [2] и считать, что ион движется с равномерной скоростью

$$v_i = \frac{z_i e\, grad\varphi}{k_{m_i} + k_{в_i}}. \quad (11)$$

При $grad\varphi$ = 1 В/мм $k_{вi}$ = 0 ион движется с абсолютной скоростью [2]:

$$v_i^0 = \frac{z_i e}{k_{m_i}}. \quad (12)$$

Взаимодействие между ионами и молекулами учтем при помощи коэффициента электропроводности:

$$f_i = \frac{k_{m_i}}{k_{m_i} + k_{в_i}}. \quad (13)$$

Тогда скорость движения иона будет определяться выражением:

$$v_i = v_i^0 f_i grad\varphi. \quad (14)$$

Подставив выражение для скорости движения иона (14) в уравнение (4), получим:

$$I = \sum_{i=1}^{k} (n_{i_+} a^2 v_{i_+}^0 f_{i_+} z_{i_+} e\, grad\varphi + n_{i_-} a^2 v_{i_-}^0 f_{i_-} z_{i_-} e\, grad\varphi). \quad (15)$$

Поскольку число Фарадея определяется выражением

$$F = eN_a, \quad (16)$$

то формулу (15) можно записать в виде

$$I = \frac{a^2 F grad\varphi}{N_a} \times \sum_{i=1}^{k} (n_{i_+} v_{i_+}^0 f_{i_+} z_{i_+} + n_{i_-} v_{i_-}^0 f_{i_-} z_{i_-}). \quad (17)$$

При диссоциации из одной молекулы образовывается ς_+ катионов и ς_- анионов, поэтому

$$n_{i_+} = \varsigma_{i_+} n_i;\ n_{i_-} = \varsigma_{i_-} n_i. \quad (18)$$

Подставив выражение (18) в уравнение (17) с учетом (2) и (3), получим:

$$I = a^2 F grad\varphi \sum_{i=1}^{k} f_i \alpha_i \beta_i C_i (v_{i+}^0 + v_{i-}^0), \quad (19)$$

или

$$I = a^2 grad\varphi \sum_{i=1}^{k} f_i \alpha_i \beta_i C_i (\lambda_{i_+}^0 + \lambda_{i_-}^0) = a^2 grad\varphi \sum_{i=1}^{k} f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i, \quad (20)$$

где λ_i^0 - подвижность иона, См·м^2/моль.

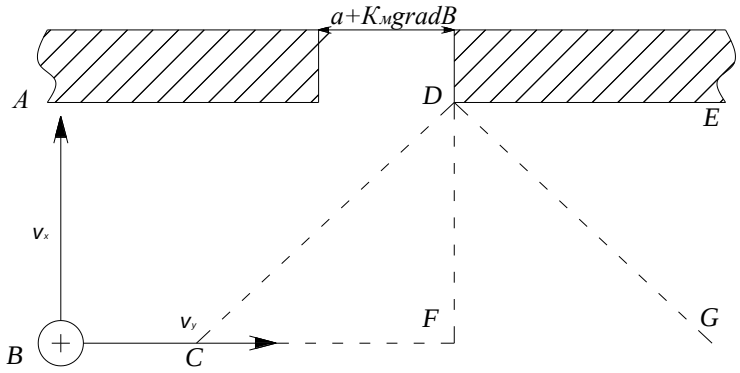


Рис. 1. Схема движения ионов через мембрану

Под действием на клетку растения магнитного поля изменяется направление вектора скорости, увеличивается площадь пор в мембране и степень электролитической диссоциации.

При движении в магнитном поле на ион действуют силы электрического поля F_e, трения F_m, взаимодействия между ионами и молекулами растворителя $F_в$ и сила Лоренца $F_л$. Согласно второму закону Ньютона для нормальной составляющей скорости имеем:

$$m_i \frac{dv_{x_i}}{dt} = F_{e_i} - F_{m_i} - F_{в_i}, \qquad (21)$$

или

$$m_i \frac{dv_{x_i}}{dt} = z_i e\, grad\varphi - k_{m_i} v_i - k_{в_i} v_i. \qquad (22)$$

Пренебрегая коэффициентами трения и взаимодействия ионов [2], решением уравнения (22) будет

$$v_{x_i} = v_i^0 f_i grad\varphi. \qquad (23)$$

Соответственно для тангенциальной составляющей скорости имеем:

$$m_i \frac{dv_{y_i}}{dt} = F_{л_i} - F_{m_i} - F_{в_i}, \qquad (24)$$

или

$$m_i \frac{dv_{y_i}}{dt} = z_i eBv - k_{m_i} v_i - k_{в_i} v_i. \qquad (25)$$

Решив уравнение (25), получим:

$$v_{y_i} = v_i^0 f_i Bv. \qquad (26)$$

За единицу времени через поры в мембране, площадь которых возрастет под действием магнитного поля и составит $(a + K_м gradB)^2$, пройдут те ионы, которые находятся в объеме (рис. 1):

$$V_1 = aS_{ABCD} = v_{x_i}.(a + K_м gradB)^2 + \\ + \frac{1}{2} K_в v_{y_i} (a + K_м gradB) grad\varphi, \qquad (27)$$

где $K_в$ – коэффициент пропорциональности между расстоянием, которое проходит ион, и градиентом диффузионного потенциала, м^2/Тл.

Под действием силы Лоренца ионы, которые находятся в области *CDF* (рис. 1), переместятся в область *DEG*, где увеличится их концентрация. Поэтому целесообразно изменить направление действия магнитного поля, чтобы эти ионы смогли пересечь мембрану. Тогда через мембрану будут проходить ионы, которые находятся в объеме

$$V_2 = v_{x_i}.(a + K_м gradB)^2 + \\ + K_к K_в v_{y_i} (a + K_м gradB) grad\varphi, \qquad (28)$$

где $K_к$ – коэффициент, который учитывает количество ионов, оставшихся в области *DEG* от их общего количества, которое переместилось из области *CDF*. В общем случае коэффициент $K_к$ находится в пределах от 0,5 до 1,0.

Сила тока через клеточную мембрану под действием магнитного поля будет составлять:

$$I = \sum_{i=1}^{k} (n_{i_+} v_{x_{i+}} (a + K_м gradB) \times \\ \times (a + K_м gradB + K_к K_в v_{y_{i_+}} grad\varphi) z_{i+} e + \\ + n_{i_-} v_{x_{i-}}.(a + K_м gradB) \times \\ \times (a + K_м gradB + K_к K_в v_{y_{i-}} grad\varphi) z_{i_-} e). \qquad (29)$$

Подставив выражения для составляющих скорости движения иона (23) и (26) в уравнение (29), получим:

$$I = \sum_{i=1}^{k} (n_{i_+} v_{i_+}^0 f_{i_+} (a + K_м gradB) \times \\ \times (a + K_м gradB + K_к K_в Bv) z_{i_+} e\, grad\varphi + \\ + n_{i_-} v_{i_-}^0 f_{i_-} (a + K_м gradB) \times \\ \times (a + K_м gradB + K_к K_в Bv) z_{i_-} e\, grad\varphi). \qquad (30)$$

Под действием магнитного поля изменяется концентрация минеральных элементов, которые поступают в клетку растения. Скорость изменения концентрации ионов будет определяться зависимостью, которая следует из выражения (30):

$$\frac{dn_{i_2}}{dt} = n_{i_1} v_i^0 f_i (a + K_м gradB) \times \times (a + K_м gradB + K_к K_в Bv) grad\varphi, \quad (31)$$

где n_{i2} - количество ионов, которое поступило из раствора *1* в раствор *2*.

Тогда изменение количества ионов в растворе *2*:

$$\Delta n_{i_2} = \int_0^{t_{обр}} n_{i_1} v_i^0 f_i (a + K_м gradB) \times \times (a + K_м gradB + K_к K_в Bv) grad\varphi \, dt. \quad (32)$$

Если магнитная индукция изменяется вдоль движения семян, то для периодического магнитного поля [4]

$$gradB = \frac{2B}{\tau}, \quad (33)$$

где τ – полюсное деление, м.

Тогда количество ионов в клетке растения возрастет на величину

$$\Delta n_{i_2} = n_{i_1} v_i^0 f_i (a + \frac{2K_м B}{\tau}) \times \times ((a + \frac{2K_м B}{\tau}) t_{обр} + \frac{1}{2} K_к K_в B N_п \tau) grad\varphi, \quad (34)$$

где $t_{обр}$ – время обработки семян в магнитном поле, с; $N_п$ – число перемагничиваний.

С учетом (3) и (18) выражение (34) можно записать в виде:

$$\Delta n_{i_2} = \alpha_i N_a C_{i_1} \varsigma_i v_i^0 f_i (a + \frac{2K_м B}{\tau}) \times \times ((a + \frac{2K_м B}{\tau}) t_{обр} + \frac{1}{2} K_к K_в B N_п \tau) grad\varphi. \quad (35)$$

Изменение концентрации ионов в растворе *2* будет определяться зависимостью:

$$\Delta C_{i_2} = C_{i_1} v_i^0 f_i (a + K_м gradB)(a + \frac{2K_м B}{\tau}) \times \times ((a + \frac{2K_м B}{\tau}) t_{обр} + \frac{1}{2} K_к K_в B N_п \tau) grad\varphi. \quad (36)$$

Поскольку время обработки семян в магнитном поле

$$t_{обр} = \frac{l}{v} = \frac{N_п \tau}{v}, \quad (37)$$

где l – путь, который проходит семя в магнитном поле, м,

то уравнение (36) примет вид:

$$\Delta C_{i_2} = C_{i_1} v_i^0 f_i N_п \tau (a + \frac{2K_м B}{\tau}) \times \times (\frac{a}{v} + \frac{2K_м B}{\tau v} + \frac{1}{2} K_к K_в B) grad\varphi. \quad (38)$$

Выводы

Под действием магнитного поля возрастает ток, который проходит через клеточную мембрану растения. Сила тока зависит от диффузионного потенциала, градиента и величины магнитной индукции, а также скорости движения семян в магнитном поле.

Это приводит к увеличению концентрации минеральных веществ, принимающих участие в химических реакциях, следовательно, возрастает их скорость.

Литература

1. *Никольский Б.П., Смирнова Н.А., Панов М.Ю.* Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство. - Л.: Химия, 1987. - 880 с.
2. *Антропов Л.И.* Теоретическая электрохимия. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1969. - 512 с.
3. *Хмельницкий Р.В.* Физическая и коллоидная химия. - М.: Высшая школа, 1988. - 400 с.
4. *Савченко В.В.* Установка для магнитной обработки семян сельскохозяйственных культур // Вестник ВИЭСХ. 2013. №4(13). С. 12 – 14.

Сведения об авторах:

Козырский Владимир Викторович - доктор технических наук, профессор, директор Учебно-научного института энергетики и автоматики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, e-mail:epafort1@mail.ru

Савченко Виталий Васильевич - кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и электротехнологий, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, e-mail:vit1986@ua.fm

Синявский Александр Юрьевич - кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и электротехнологий, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, e-mail: sinyavsky2008@ukr.net

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON ION TRANSPORT IN PLANT CELLS

V. Kozyrsky, V. Savchenko, A. Sinyavsky

It is currently believed that transport nutrients into the cell in two autonomous mechanisms – passive movement of substances on the electrochemical gradient and active transport against an electrochemical gradient. Since the ions have an electrical charge, their distribution between the cell and its environment is defined as the potential difference and the concentration difference.

If between solutions with different concentrations of ions to place the membrane, there is a diffusion potential, the value of which is determined by the equation of Henderson. Under the effect of ion diffusion potential start ordered motion, creating an electrical current.

Under the influence of the magnetic fieldchanges the direction of the speed vector, increasesthe area of membrane pores and degree of electrolytic dissociation. This increases the current flowing across the cell membrane. The strength of the current depends on the diffusion potential, and the magnitude of the gradient of the magnetic induction and velocity of the seeds in a magnetic field.

This leads to a change in the concentration of minerals, which enter into the plant cell. An analytical expression that relates the change in concentration of mineral elements from the magnetic field parameters was established. Found that the change in concentration of mineral elements depends on the diffuse potential gradient and the magnitude of the magnetic induction, speed of seeds in a magnetic field.

Increasing the concentration of mineral substances that take part in chemical reactions, leads to an increase in their speed.

Keywords: magnetic field, magnetic induction, gradient of a magnetic field, speed of ions, concentration of ions.

Authors:

Kozyrsky V. - Prof.,
e-mail: epafort1@mail.ru
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Savchenko V. - Ph.D.,
e-mail: vit1986@ua.fm
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Sinyavsky A. - Ph.D.,
e-mail: sinyavsky2008@ukr.net
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

УДК 621.383

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПАРАМЕТРЫ МАТРИЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Д.С. Стребков, В.К. Борисов, В.И. Поляков
Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия

Рассматривается влияние наноразмерных покрытий, полученных методами магнетронного и атомно-слоевого осаждения на рекомбинационную активность границы раздела кремний-диэлектрик матричных солнечных элементов (МСЭ) и фотоэлектрические параметры фотопреобразователей.

Показано, что наноструктурированные пассивирующие покрытия с плазмонным эффектом и встроенным зарядом, снижающим эффективную скорость поверхностной рекомбинации, обеспечивают лучшие фотоэлектрические параметры МСЭ.

Ключевые слова: *солнечный элемент, поверхностный заряд, скорость поверхностной рекомбинации, плазмонный эффект, фоточувствительность.*

В мировой практике изготовления планарных СЭ технология подготовки поверхности достаточно отработана, Так например, у промышленно выпускаемых СЭ фирмы SunPower с КПД порядка 21% текстурированная поверхность сначала пассивируется слоем диоксида кремния, а затем просветляется пленкой нитрида кремния. Высокие параметры границы раздела полупроводник-диэлектрик и оптимизация оптических свойств покрытий позволила снизить суммарные потери принимаемого СИ в максимуме спектра до 5% [1].

У МСЭ существует две особенности, не позволяющие использовать технологию подготовки поверхности планарных СЭ. Во-первых, текстурирование поверхности приводит к снижению эффективного времени жизни неосновных носителей заряда (ННЗ) в области p-n переходов микроэлементов МСЭ, выходящих на поверхность и попадающих в зону химической обработки. Во-вторых, микроэлементы в конструкции МСЭ уже металлизированы, и при нанесении пассивирующих и просветляющих покрытий нельзя использовать температуры, близкие или превосходящие температуру плавления металла: в данном случае не больших 140 °С. В планарных СЭ таких ограничений нет.

В связи с этим в качестве покрытий для МСЭ рассматривалось применение тонких пленок, полученных низкотемпературными методами - магнетронным и атомно-слоевым осаждением (АСО) и исследовалось их воздействие на рекомбинационную активность границы раздела и фотоэлектрические характеристики матричных СЭ. В качестве покрытий рассматривались наноразмерные пленки SiO_2, Si_3N_4, Al_2O_3 и Ta_2O_5.

Исследуемые МСЭ имели размер 10x10x0,3 мм и содержали 33 последовательно соединенных p-n переходов. Покрытия наносились на установке L 560 методом магнетронного распыления в вакууме (SiO_2, Si_3N_4, Al_2O_3) при исходном вакууме 10^{-5} мм рт.ст. и реактивно-магнетронного распыления (Ta_2O_5) в среде кислорода и аргона при температуре 60 °С. После нанесения покрытий для гомогенизации их структуры МСЭ и контрольные пластины отжигались в атмосфере азота при температуре 70 °С в течение шести часов.

Пленка Al_2O_3 кроме магнетронного распыления наносилась методом атомно-слоевого осаждения - Al_2O_3 [2]. Метод АСО основан на поверхностно контролируемом осаждении тонких пленок. Во время нанесения покрытия, два вида химических паров (газообразных прекурсоров) триметилаллюминия (ТМА) - $A1(CH_3)_3$ и воды последовательно реагируют на поверхности кремниевой подложки, создавая тонкую пленку $A1_2O_3$. Система нанесения покрытий использует принцип непрерывного потока бегущей волны, где инертный газ-носитель (азот) проходя через систему, переносит короткие импульсы прекурсоров через реакционную камеру в виде последовательных «волн». В результате самоограничения происходящих реакций АСО является поверхностно-управляемым процессом, на который оказывает влияние лишь состав прекурсоров, состояние подложки и температура.

Перед началом процесса АСО поверхность кремниевой подложки стабилизировалась

Таблица 1

Просветляющее покрытие		SiO_2	Si_3N_4,	Al_2O_3(1)	Al_2O_3(2)	Ta_2O_5,
Толщина покрытия на МСЭ, нм		100	80	90	15	85
Показатель преломления		1,44	1,98	1,73	1,65	2,1
Поверхностный заряд, кул/см^2:	**на p-Si**	$1x10^{12}$	$2x10^{12}$	$-8x10^{12}$	$-1x10^{13}$ [2]	$1,5x10^{12}$
	на n-Si	$4x10^{11}$	$6x10^{11}$	$-9x10^{12}$	$-1x10^{13}$ [2]	$8x10^{11}$
Скорость поверхностной рекомбинации, см/сек:	**на p-Si**	220	310	155	-	275
	на n-Si	180	215	415	-	196
Ток короткого замыкания $I_{кз}$, мА:	**МСЭ на p-Si**	1,0	0,95	1,3	1,5	1,15
	МСЭ на n-Si	1,2	1,25	0,95	1,0	1,25

путем термической обработки при 60 °С в течении 30 секунд. После подачи импульса ТМА молекулы прекурсора реагировали с группами ОН воды, находящейся на поверхности подложки. Излишки молекул ТМА и небольшое количество молекул метана CH_4, образовавшегося в результате поверхностной реакции водорода с метиловой группой ТМА, выдувались из камеры азотом. Вода, подаваемая при импульсе второго прекурсора, взаимодействовала с фрагментами ТМА-комплексом Al-CH_3. Водород реагировал с метиловой группой, образуя метан, а кислород взаимодействовал с Al с образованием слоя Al_2O_3. Непрореагировавшие продукты и метан выводились из реакционной зоны посредством продувки азота. Процесс проводился при температуре 130 °С, расходы $Al(CH_3)_3$ и N_2 составляли соответственно 15 г/ч и 40 л/мин. Пленки, выращенные в процессе АСО, имели чрезвычайно равномерный состав и толщину. За один цикл вырастал 1,0-1,2 Å Al_2O_3, и для получения оптимальных толщин просветляющего покрытия(85-90) нм было необходимо проведение более 700 циклов. Нанесение пассивирующих и просветляющих покрытий из пленок на основе Al_2O_3 методом АСО на поверхности МСЭ производилось в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». На имеющемся оборудовании получить достаточно толстые покрытия Al_2O_3 с толщинами, соответствующими оптимальным, не представлялось возможным. Необходимо оборудование, предназначенное для поверхностной пассивации кремниевых СЭ в промышленных масштабах, например установка TFS NX300 компании *Beneq*, В связи с этим исследовались МСЭ с пленками Al_2O_3 толщиной 10-15 нм.

Толщина покрытий, полученных методом магнетронного и реактивно-магнетронного распыления, подбиралась из условий просветления на длине волны λ_o = 600 нм. Для однослойного покрытия минимальное отражение излучения от поверхности достигается при толщине пленки $d = \lambda_o/4n_1$. Условия просветления оптимальны при $n_1^2 = n_0 n_s$, где n_1, n_0, n_s - коэффициенты преломления соответственно просветляющей пленки, воздуха и кремния. Параметры пленок и границы раздела полупроводник-диэлектрик определялись на контрольных пластинах кремния, использующихся для изготовления МСЭ - КЭФ 4,5 и КДБ 10 (100).

В табл. 1 представлены параметры исследуемых просветляющих покрытий (толщина, показатель преломления, поверхностный заряд), а также результаты измерений скорости поверхностной рекомбинации и фоточувствительности МСЭ. В качестве параметра фоточувствительности фотоэлементов был выбран ток короткого замыкания ($I_{кз}$). Коэффициент преломления пленок измерялся на эллипсометре ЛЭФ-3М на длине волны 0,63 мкм. Поверхностный заряд определялся методом вольт-фарадных характеристик на частоте 1 МГц, скорость поверхностной рекомбинации определялась посредством измерения времени релаксации емкости МДП-структур.

С целью выяснения влияния покрытий на фоточувствительность МСЭ снимался спектр отражения СИ. Спектр отражения, измеренный на спектрофотометре Specord 205 (рис. 1), показал незначительное изменение коэффициента отражения для фотоэлементов с различными покрытиями: в диапазоне длин волн 0,4-1,1 мкм его величина находилась в пределах 0,19-0,01 за исключением МСЭ с Al_2O_3, полученным

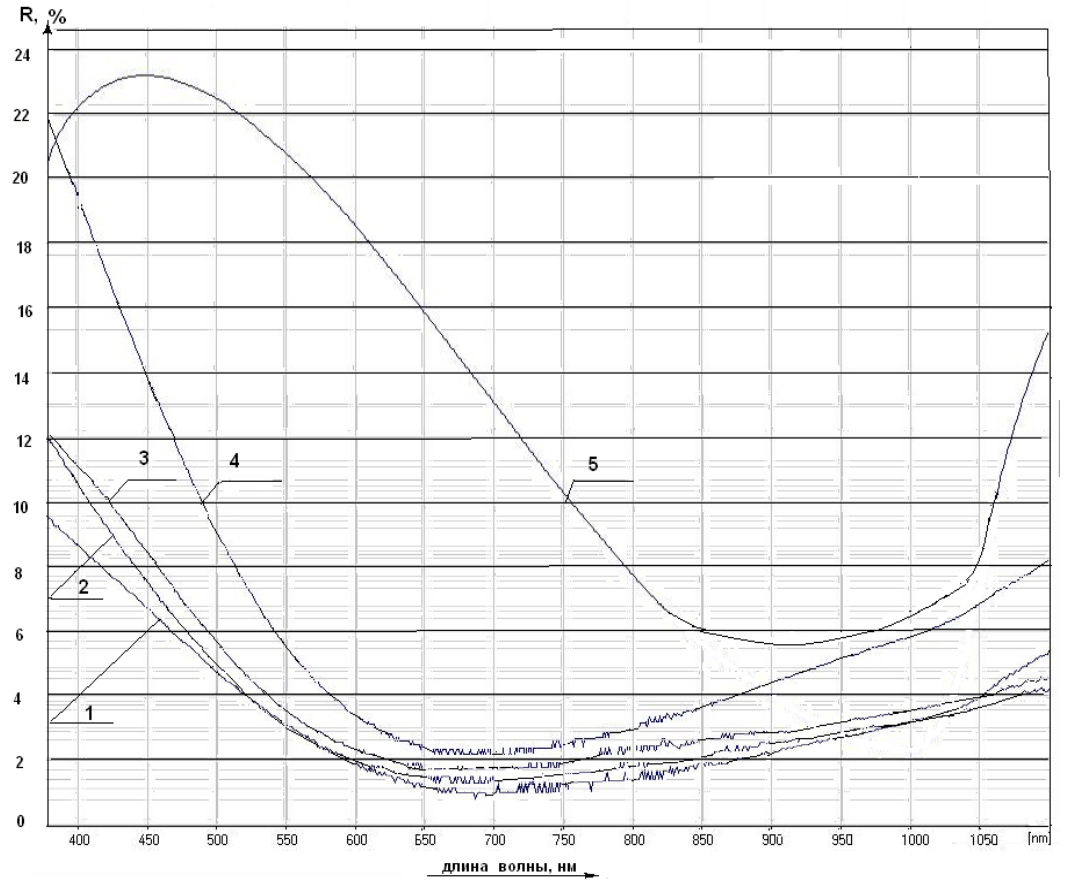


Рис. 1. Спектротражения СИ МСЭ с различными покрытиями:
1 - Ta_2O_5; 2 - Si_3N_4; 3 - Al_2O_3 [1]; 4 - SiO_2; 5 - Al_2O_3 [2]

методом атомно-слоевого осаждения. Столь малое различие в величине коэффициентов отражения не могло объяснить изменения фототока в соответствии с табл. 1. По всей вероятности, определяющим фактором влияния на эффективность фотопреобразования матричного СЭ являлась рекомбинационная активность границы раздела диэлектрик - кремний, определяемая величиной и знаком поверхностного заряда,

При наличии заряда на границе раздела полупроводник - диэлектрик в приповерхностном слое Si индуцируется заряд противоположного знака и возникает потенциал φ_s с максимальной величиной напряженности на поверхности кремния [3]:

$$E_{s\,max} = d\varphi/dx|_{x=0} = (2\varphi_t/L_D)e^{-\varphi s/2\varphi t}.$$

где L_D - длина Дебая; $L_d = (2\varepsilon\varepsilon_0\varphi_t/qN)^{1//2}$; ε, ε_0 - диэлектрическая проницаемость кремния и вакуума соответственно; $\varphi_t = kT/q$.

Поле, аккумулирующее основные носители заряда, будет отталкивать фотогенерированные ННЗ от поверхности базы МСЭ и способствовать тем самым уменьшению скорости поверхностной рекомбинации. Согласно работе [3], эффективная скорость поверхностной рекомбинации связана с величиной поверхностного потенциала соотношением:

$$S_{эф} = N_t(\sigma_p\sigma_n)^{1/2}Ve^{Ub+Et-\varphi s},$$

где N_t - концентрация рекомбинационных центров (РЦ), вызванных наличием фиксированного заряда; σ_p, σ_n - сечение захвата дырок и электронов РЦ; V - тепловая скорость носителей; U_b - объемный потенциал кремния: $U_b = \varphi_t\ln(N/n_i)$ (обозначения общепринятые); E_t - энергия РЦ.

Как видно из табл. 1, наибольшую фоточувствительность имели МСЭ, изготовленные на p-Si с пассивирующими покрытиями из Al_2O_3, наносимого методом атомно-слоевого осаждения. Фоточувствительность МСЭ с данным покрытием превосходила аналогичный параметр фотопреобразователя с покрытием из магнетронного Al_2O_3. Данный результат можно объяснить либо резким снижением скорости рекомбинации на границе раздела кремний - Al_2O_3 [2], либо за счет плазмонного резонанса в пленке Al_2O_3, полученной АСО. Величину

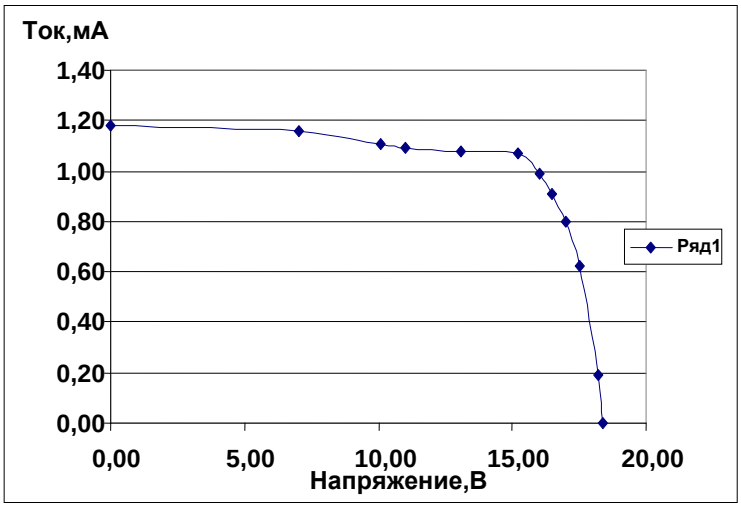


Рис. 2. Вольтамперная характеристика модуля МСЭ ($S = 1$ см^2, $T_{возд.} = 12$ °С, $E_0 = 785$ Вт/м^2)

скорости поверхностной рекомбинации при наличии таких покрытий невозможно измерить методом релаксации емкости МДП структур из-за прокола столь тонких пленок при контактировании.

Сочетание оптических, механических и диффузионных характеристик покрытия позволяет в ряде случаев использовать эффект плазмонного резонанса в пленках из полупроводниковых материалов [3]. Возможно, дополнительное увеличение фоточувствительности МСЭ с покрытием из оксида алюминия, наносимого методом атомно-слоевого осаждения, достигается за счет плазмонного резонанса нанокластеров Al_2O_3. При размерах нанокластеров оксида алюминия, меньших длины волны солнечного излучения, частота плазменного резонанса нанокластеров соответствует частоте электромагнитного излучения, что позволяет переизлучать падающее излучение в базу МСЭ, и таким образом, происходит увеличение количества неосновных носителей, заряда и увеличение функции генерации, что и наблюдалось на практике.

На рис. 2 представлена типичная вольтамперная характеристика модуля на базе МСЭ размером 10×10×0,3 мм, содержащего 33 последовательно соединенных микроэлемента. МСЭ изготовливался на Si p-типа и просветлялся покрытиями из Al_2O_3, наносимого методом атомно-слоевого осаждения. Натурные испытания модуля проводились при интенсивности солнечного излучения 785 Вт/м^2. При пересчете на освещенность 1000 Вт/м^2 величина тока короткого замыкания составила 1,53 мА (при последовательном соединении микроэлементов ток короткого замыкания МСЭ равен току одного элемента, пропорциональному его площади). Таким образом, плотность тока составит - 1,53мА:1/33см^2 = 50,53 мА/см^2.

Такая плотность тока близка к теоретическому пределу плотности фототока для солнечных элементов из кремния, который определяется по известной формуле:

$$I_ф = qN_{фsi}\beta(\lambda)[1-R(\lambda)]Q(\lambda),$$

где q – заряд электрона; $N_ф$ – плотность фотонов в солнечном спектре с энергией $E_ф$, превышающей ширину запрещенной зоны кремния $E_{gз}$ =1,12 эВ; $\beta(\lambda)$ – квантовый выход; $R(\lambda)$ – коэффициент отражения; $Q(\lambda)$ – эффективность собирания. Подставляя $q = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл, $N_{фsi} = 3{,}5\cdot10^{17}$ см$^{-2}\cdot$с^1, $\beta(\lambda) = 1$, $R(\lambda) = 0{,}1$, $Q(\lambda) = 1$, получим $I_ф$ = 50,4 мА/см^2.

Таким образом, проведенные исследования показали, что оптимальными пассивирующими покрытиями для МСЭ являются наноструктурированные покрытия с плазмонным эффектом и встроенным электрическим зарядом, снижающим эффективную скорость рекомбинации на поверхности кремния.

Авторы благодарят сотрудников ОАО НПО «Орион» и ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» за оказанную помощь в нанесении пассивирующих покрытий и измерение их параметров.

Литература

1. *Jurgens J., Aschenbrenner P., Desai V. and Erban C.* Back contact solar cells in BIPV applications – a new dimension of architectural PV design. Presented at 20th EU PVSEC, 6-10 June 2005, Barcelona, Spain. p. 1-3.

2. *Стребков Д.С., Арбузов Ю.Д., Борисов В.К.* Исследование и разработка технологических процессов получения фотоэлектрических преобразователей с применением нанокластерных материалов»: Научно-технический отчет. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. С. 15-32.
3. *Зи С.М.* Физика полупроводниковых приборов. - М., 1973. - С. 353.
4. *Литовченко В.Г.* Рекомбинационная активность границы раздела полупроводник – диэлектрик» // Полупроводниковая техника и микроэлектроника. 1974. №14. С. 3-20.

Сведения об авторах:

Стребков Дмитрий Семенович - академик РАН, профессор, доктор технических наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

Борисов Валерий Константинович - кандидат технических наук, ВИЭСХ, e-mail: viesh@dol.ru

Поляков Владимир Иванович - научный сотрудник, ВИЭСХ, e-mail: viesh@dol.ru

INFLUENCE OF NANODIMENSIONAL COVERINGS ON PARAMETERS OF MATRIX SOLAR CELLS

D. Strebkov, V. Borisov, V. Polyakov

The impact of the nanoscale coatings obtained by magnetron and atomic layer deposition on the recombination activity of matrix solar cells (MSC) and on photovoltaic solar cells parameters is considered.

It is shown that the nanostructured passivating coatings with plasmonic effect and built-in charge are reducing the effective surface recombination velocity to provide the MSC best photovoltaic parameters.

Keywords: solar cell, surface charge, surface recombination velocity, the plasmonic effect, photosensitivity.

Autors:

Strebkov D. - D. *Sc*. (Engineering), Prof.,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Borisov V. - Ph. D. (Engineering),
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Polyakov V. - research associate,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

УДК 628.9

СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ АВТОКАТОДНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП И РЕЗОНАНСНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЕСЛА

Д.С. Стребков[1], В.З. Трубников[1], А.В. Пастухов[1], Е.П. Шешин[2], Н.Н. Чадаев[2]
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства, г. Москва, Россия
[2]Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область, Россия

Рассматриваются проблемы техники освещения с точки зрения создания промышленной технологии массового производства источников света с повышенной светоотдачей, большим эксплуатационным ресурсом, с комфортным для глаза спектральным составом излучения, при этом недорогих в производстве и эксплуатации, а также создающих минимальную экологическую нагрузку на окружающую среду при их утилизации после выработки паспортного срока службы. Сообщается о результатах ведущихся в этом направлении работ в Московском физико-техническом институте и Всероссийском научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства.

Ключевые слова: *источник света, катодолюминесцентная лампа, спектр света, однопроводная электрическая линия, трансформатор Тесла.*

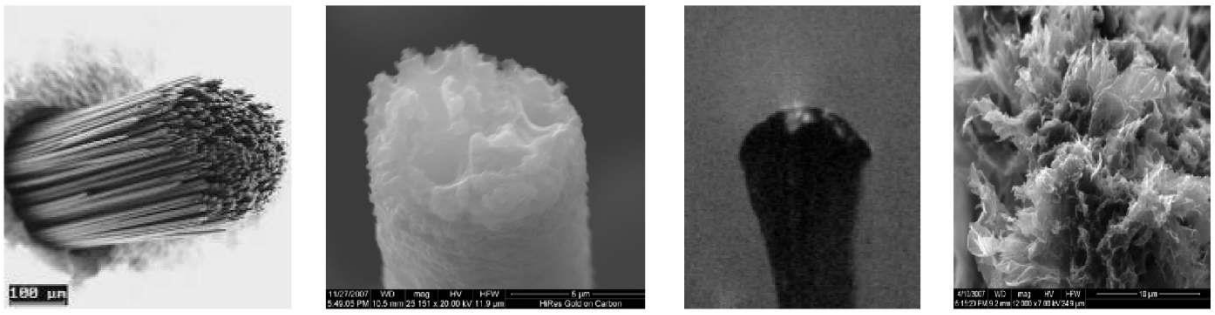
Введение. Известно, что в настоящее время около 19% вырабатываемой в мире электроэнергии тратится на освещение, что составляет свыше 3 трлн. кВт·ч в год, а производство источников света – это отрасль с много миллиардными оборотами. Именно поэтому одной из наиболее актуальных задач мировой экономики является энерго- и ресурсосбережение, в частности, разработка и широкое применение энергосберегающих, дешевых, долговечных и экологически безопасных источников света.

Среди всех типов источников света, использующихся в промышленности, на транспорте, в офисах и жилищно-коммунальном хозяйстве, наибольшее распространение имеют источники света общего назначения, обеспечивающие для отдельного осветительного прибора световой поток в диапазоне от 30 лм до 20 000 лм. Значительную долю таких установленных в России источников света общего назначения и местного освещения все еще составляют традиционные отечественные лампы накаливания мощностью от 15 до 1000 Вт со световыми потоками 120-20 000 лм [1].

Сегодня как наиболее перспективные источники света общего назначения рассматриваются люминесцентные лампы «дневного света» и их модификация - «энергосберегающие лампы», в основе работы которых лежит газовый разряд в парах ртути, сопровождающийся мощным ультрафиолетовым излучением, преобразуемым с помощью люминофора (комбинации люминофоров) в световое излучение в видимом спектральном диапазоне. Вторым, широко обсуждаемым претендентом на роль основного источника света общего назначения, является светодиод, в p-n переходе которого происходит интенсивная рекомбинация электронов и дырок, сопровождающаяся ультрафиолетовым излучением, также с помощью люминофора (люминофоров) преобразуемым в видимое световое излучение. Однако и те, и другие перспективные источники освещения общего назначения наряду с определенными преимуществами имеют и ряд серьезных недостатков.

Энергосберегающие и люминесцентные лампы имеют высокую световую отдачу (отношение величины светового потока к потребляемой электрической мощности) и относительно продолжительный срок службы, но содержат пары ртути, создающие серьезные экологические проблемы при утилизации отслуживших свой срок ламп, имеют ярко выраженный линейчатый спектр излучения. Многие образцы газоразрядных и энергосберегающих ламп при включении обладают достаточно длительным периодом выхода на стационарный уровень освещенности или недостаточно стабильными световыми характеристиками (мерцание, деградация характеристик в процессе эксплуатации и т.д.).

Для производства светодиодных источников света требуется применение сверхчистых материалов, ряд из которых имеет ограниченное распространение в природе (например, индий),



а) б) в) г)

Рис. 1. Автокатоды из наноструктурированных волокон (а, б) и терморасширенного графита (в, г)

а некоторые крайне ядовиты (например, мышьяк). Помимо этого для их производства требуются весьма дорогие и сложные технологии, в основном на базе оборудования, отсутствующего в России. Светодиодные источники оказываются чувствительными к режимам эксплуатации, и ряд образцов ухудшают свои световые характеристики во времени.

Определенные проблемы возникают и с точки зрения оптимизации спектров излучения светодиодных источников освещения, требующих или комбинирования светодиодов, излучающих в различных областях спектра (например, так называемые RGB источники света на основе комбинации красных *Red*, зеленых *Green*, голубых *Blue* светодиодов) или использования светодиодов с ультрафиолетовым излучением и сложной комбинацией люминофоров, обеспечивающих переизлучение света с благоприятными для глаза спектральными характеристиками.

Перспективными являются источники света, в которых возбуждение люминофора производится автоэмиссионными электронами из катодов на основе наноструктурированного углерода. Автоэмиссия представляет собой «вытягивание» электронов из катода электрическим полем и происходит практически без затрат энергии.

Электроны, вылетевшие из катода под действием поля модулятора, ускоряются электрическим полем и вызывают свечение люминофора, нанесенного на анод. Спектр свечения определяется типом используемого люминофора (смеси люминофоров). Слой алюминия на внутренней поверхности люминофора служит для увеличения яркости свечения, т.к. излучение от зерен люминофора распространяется на 360^{o}, а слой алюминия служит зеркалом, отражающим свет во внешнюю часть лампы.

Конструкция и некоторые характеристики автокатодных люминесцентных источников света. В конструкции автокатодных люминесцентных ламп (АКЛ) возможны различные модификации. Тем не менее, основными элементами АКЛ являются автокатод (наноструктурированный углерод) и модулятор (нержавеющая сталь), составляющие катодомодуляторный узел (КМУ), анод (алюминий, телевизионный люминофор), корпус (стекло, как правило, оконное). Новизна этих источников света в автокатоде и электронном прожекторе, который обеспечивает засветку люминесцентного экрана.

В лабораториях МФТИ разработаны весьма устойчивые и надежные автокатоды из наноструктурированных углеродных материалов (рис. 1) [2], которые при определенных режимах эксплуатации имеют практически неограниченный эмиссионный ресурс, и различные конструкции КМУ, позволяющие наряду с выбором анодного напряжения, обеспечивать равномерность и необходимую интенсивность свечения люминофора на аноде. Эти обстоятельства в основном и определяют крайне высокую долговечность ламп с такими автокатодами. Стабильность работы ряда лабораторных образцов акл, созданных в МФТИ, сохраняется уже в течение примерно 10 лет. Аналогичных автокатодов и стабильности работы АКЛ пока нет нигде в мире, несмотря на интенсивные научные поиски в таких странах как США, Великобритания, Южная Корея, Япония и Китай.

При изготовлении автокатода используются углеродные материалы, промышленно производимые в РФ. Среди них наиболее перспективны углеродные волокна и терморасширенный графит. Их исходное структурное строение наилучшим образом подходит для автокатодов АКЛ и позволяет получать энергию и интенсивность потока электронов, необходимую для наиболее эффективного возбуждения катодолюминофоров.

Для увеличения эмиссионного ресурса автокатода исходный материал подвергается пред-

Рис. 2. Лабораторный образец лампы для освещения белым матовым светом (июль 2011 г.)

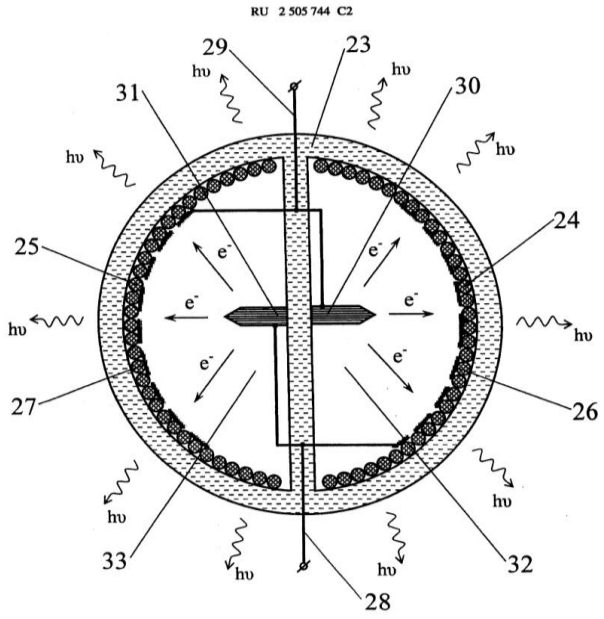


Рис. 3. Конструкция АКЛ лампы в диодном исполнении. В лампе сдвоенный автокатод для работы на переменном токе

варительной обработке, которая осуществляется в несколько этапов:

- предварительная обработка исходного материала, включающая, как правило, стадию температурного отжига, она позволяет улучшить наноструктурированность материала;
- формовка эмиссионной поверхности автокатода потоками ионов или фотонов, способствующая вскрытию и увеличению числа эмиссионных центров и формообразованию автокатода;
- тренировка автокатода при термовакуумной обработке лампы на финишном этапе.

В результате такой обработки удается получать автокатоды с высокой стабильностью, воспроизводимостью характеристик и большим сроком эксплуатации. Лампы можно производить на базе стандартной технологии электровакуумного производства без дополнительных усилий по улучшению вакуумных условий в лампе, т. е. можно использовать электровакуумное оборудование, производящееся и применяемое в РФ.

АКЛ с автокатодами имеют следующие достоинства:

- высокая световая отдача и яркость;
- благоприятный для человека спектр излучения;
- экологическая чистота - отсутствие вредных и ядовитых веществ;
- мгновенная готовность к работе;
- широкий диапазон рабочих температур (от –196 °С до +150 °С);
- большая площадь светоизлучающей поверхности;
- срок службы более 50 тыс. ч;
- в производстве ламп используются простая технология и широко распространенные в природе, дешевые материалы.

Основное применение разработок – экономичное и экологически чистое производство эффективных экологичных источников света для общего освещения и подсветки различных объектов светом любого спектрального состава (R – красный, G – зеленый, B – синий) в видимом диапазоне.

К настоящему времени разработано несколько прототипов катодолюминесцентных источников света с большим сроком службы, часть из которых описана в [3]. Для общего освещения можно использовать плоские катодолюминесцентные лампы, а также лампы, выполненные в виде традиционных люминесцентных или ламп, близких по форме к традиционным сферическим лампам накаливания (рис. 2). Кроме общего освещения, катодолюминесцентные лампы можно использовать как лампы специального назначения для светофоров, семафоров и т.д., для цветной подсветки видеоэкранов большого размера и для создания проекционного телевидения.

В лампах [3] использована триодная конструкция, которая имеет определенные преимущества, например она позволяет регулировать яркость. Для ламп освещения можно использовать и более простую по конструкции, диодную систему (рис. 3) [4]. Однако предложенная в [4] (см. рис. 3) конструкция лампы нуждается в более сложной, а следовательно, и дорогой технологии изготовления катода. Сложность заключается в разработке и освоении технологии, обеспечивающей автокатодам высокую воспроизводимость характеристик и стабильность параметров во времени.

Сравнительные характеристики основных современных источников света. Из большого перечня всевозможных типов источников света, выпускаемых в настоящее время промышленностью, в табл. 1 представлены только те, которые могут быть использованы как источники освещения общего назначения. В табл. 1 приведены характеристики существующих лабораторных образцов, а также прогнозируемые характеристики разрабатываемых автокатодных люминесцентных источников света в сопоставлении с характеристиками существующих промышленно освоенных источников света других типов. Для светодиодов в табл. 1 указан ряд значений характеристик, которые, по-видимому, будут достигнуты в ближайшее время.

Предлагаемый автокатодный люминесцентный источник света сопоставим по технико-экономическим параметрам с наилучшими современными образцами, при этом превосходит их по рабочему температурному диапазону в 2-5 раз, равномерности свечения, потенциально низкой цене производства, использованию в производстве дешевых, доступных, широко распространенных в природе и экологически чистых материалов и технологий. Спектр излучения катодолюминесцентных ламп зависит от состава люминофора. При разработке ламп общего назначения в предположении их массового промышленного производства, спектр должен быть выбран наиболее приближенным к спектру естественного солнечного света.

Изготовлены экспериментальные образцы ламп различных по конструкции, геометрии, с различным составом люминофорного покрытия, излучающего белый свет. Путем создания управляемой технологии удалось добиться стабильного воспроизведения световых характеристик. Спектр излучения одного из лабораторных образцов автокатодной люминесцентной лампы, обладающей мощностью в диапазоне 10 ÷ 30 Вт со световым потоком до 1000 лм, при световой отдаче 50÷60 лм/Вт, представлен на рис. 4 (кривая 1). Здесь же приведен график спектральной чувствительности глаза (кривая 2).

Таблица 1

Сравнительные характеристики ламп общего назначения

Основной параметр	**Катодолюминесцентная лампа**	**Лампа накаливания**	**Люминесцентная лампа**	**Энергосберегающая лампа**	**Лампа на светодиодах**
Лампа	Безнакальная, вакуумная	Накаливания	Газоразрядная	Газоразрядная	Полупроводниковая
Мощность лампы, Вт	25	60	40	20	1-9
Световой поток, лм	700-1500	720	2800	1000	30-700
Световая отдача, лм/Вт	28-60	12	70	50	80 - 100
Время включения, с	0,0005	0,1	1-3	1-3	0,0005
Чувствительность к перепадам напряжения	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая
Стабильность светового потока	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая
Устойчивость к внешней среде	Высокая, –196 ÷ +150 °С	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая, –40 ÷ +85 °С
Срок службы, ч	Не менее 50 000	1 000	10 000	10 000	50 000
Средняя отпускная цена при массовом производстве, долл.	2,2-5, возможно и до 1	0,2	3-4	2-3	3-5

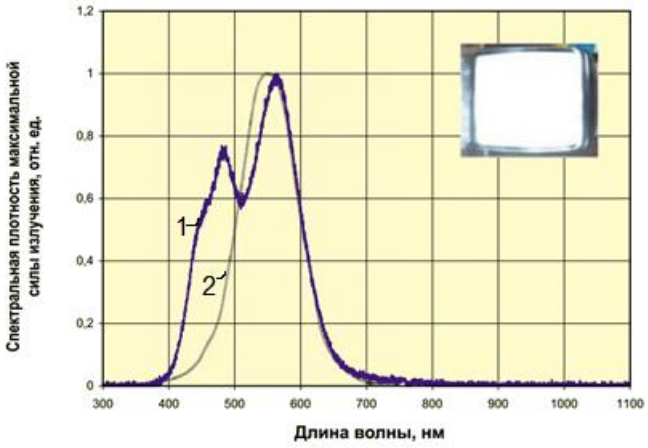


Рис. 4. Спектр излучения лабораторного образца автокатодной люминесцентной лампы 25 Вт 700 лм (1). Кривая спектральной чувствительности глаза (2)

Из приведенных данных видно, что по светотехническим характеристикам автокатодные люминесцентные лампы, могут составить серьезную конкуренцию существующим и еще разрабатываемым перспективным энергосберегающим источникам света, работа которых основана на других физических принципах. Задачей сегодняшнего дня и ближайшего будущего является технологическая доводка автокатодного узла и оптимизация конструкции лампы.

У отечественных автокатодных люминесцентных ламп есть ряд стратегических преимуществ: все материалы, технология и разработки - российские, т.е. независимы от внешних поставок. Кроме того, в стране имеются все предпосылки (разработки, существующие производства) для организации массового производства таких ламп.

На базе предлагаемой АКЛ могут быть созданы приборы индивидуального бытового освещения, а так же системы наружного и внутриобъектового промышленного освещения. При питании от промышленной электрической сети между сетью и АКЛ необходим адаптер-преобразователь, обеспечивающий высоковольтное маломощное энергообеспечение АКЛ. Целесообразным здесь признается решение, аналогичное решению подобной задачи при питании энергосберегающих люминесцентных ламп, т.е. когда ПРА (пускорегулирующий аппарат) является индивидуальной принадлежностью каждой АКЛ и смонтировано в цоколях Е27/27, Е27/30, Е27/40.

В случае организации наружного или промышленного внутриобъектового освещения возможен вариант группового питания АКЛ (рис. 5, 6) [4]. При групповом обеспечении питанием используется один генератор-преобразователь на комплект АКЛ, задействованный в системе освещения, либо на типовую группу АКЛ. Общее количество групп определяется потребностями конкретного освещаемого объекта. В этом случае электропроводка должна выполняться с учетом повышенных требований к электрической прочности изоляции питающих проводников, а так же особых требований к монтажной фурнитуре проводки. Кажущиеся возникающие при этом сложности на практике не являются таковыми. Они, по крайней мере, не оказываются большими, чем при организации освещения электролюминесцентными лампами, технология организации которого в настоящее время освоена достаточно хорошо.

Итак, при групповом обслуживании энергопитанием АКЛ для питания применяется один преобразователь и резонансный повышающий трансформатор необходимой мощности. Габариты преобразователя и резонансного трансформатора, с учетом того, что питание осуществляется на повышенной частоте по экранированной линии, оказываются вполне эксплуатационно пригодными. Например, при питании 100 ламп мощностью 20 Вт, мощности питающего преобразователя и резонансного трансформатора должны составлять 2,0÷2,5 кВт. Габариты такого преобразователя обычно укладываются в 200х150х70 мм^3.

На рис. 5 и 6 представлены примеры возможных систем питания групп АКЛ [4]. На рис. 5 представлена блок-схема подключения АКЛ к солнечной батарее с помощью однопроводной линии питания через балластные электрические емкости, представляющие собой изолированные проводящие поверхности, входящие в конструкцию корпуса светильника. На рис. 6 изображена блок-схема питания АКЛ от трехфазной сети по однопроводной линии через балластные резисторы.

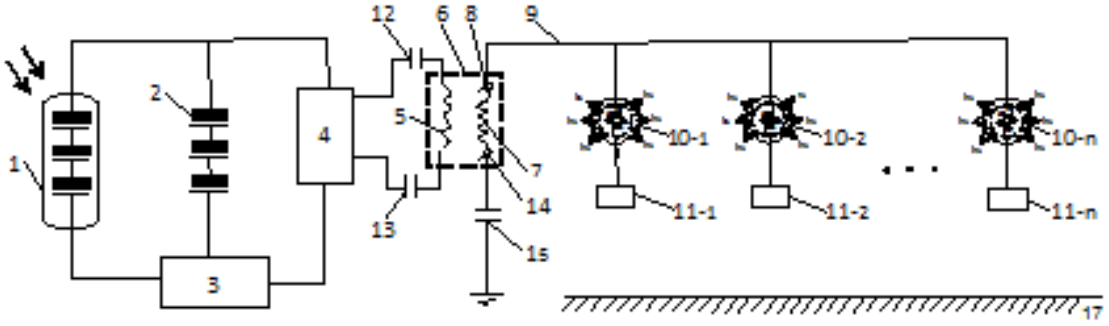


Рис. 5. Групповое подключение АКЛ ламп к общему источнику питания. Балластным элементом является емкость между корпусом конструкции и землей

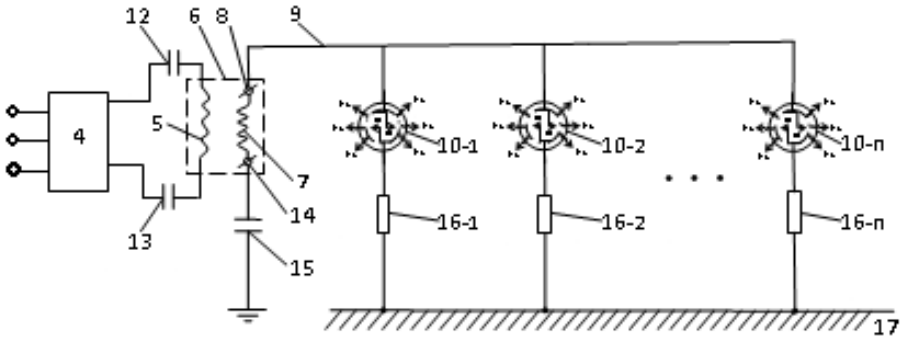


Рис. 6. Групповое подключение АКЛ ламп к общему источнику питания. Балластным элементом является резистор, включенный между АКЛ лампой и землей: 1 – солнечная батарея; 2 – аккумулятор с контроллером заряда 3; 4 – преобразователь (генератор тока повышенной частоты); 5 – питающая низковольтная обмотка резонансного передающего трансформатора 6; 7 – повышающая резонансная обмотка; 8 – высоковольтный вывод повышающей обмотки; 9 – однопроводная линия передачи электрической энергии; 10-1, 10-2, 10-3, …, 10-n – светильники; 11-1, 11-2, 11-3, …, 11-n – естественные емкости (на землю), выполняющие роль элементов корпуса светильников; 12, 13 – конденсаторы в низковольтном резонансном контуре питания однопроводной линии; 14 – низкопотенциальный вывод повышающей резонансной обмотки; 15 – конденсатор в заземляющей цепи высоковольтной резонансной обмотки; 16-1, 16-2, 16-3, …, 16-n – токоограничивающие резисторы в цепи питания автокатодных ламп; 17 – земля

При себестоимости менее 20 руб./шт. и при отпускной цене АКЛ ламп в комплекте с драйвером - порядка 80-120 руб./шт., при объеме выпуска и сбыта автокатодолюменесцентых ламп не менее 10 млн. шт. в год, чистая годовая прибыль может составить не менее 500 млн. руб. Выход на внешние рынки делает проект на порядки более доходным.

Приведенная оценка экономической эффективности произведена при достаточно мягких допущениях:

- функционируют четыре карусельные линии (обычно электроламповые заводы укомплектовываются не менее чем десятью линиями);
- двухсменный режим работы;
- загруженность производства составляет около 50% плановой производительности;
- среднее количество смен за год (на одной линии) – 290;
- средняя производительность одной линии в смену – 86 000 ламп (не выше 90% паспортной производительности карусельной линии отечественного производства).

Выводы

Еще в 2000 году авторы [5] отмечали, что в связи с актуализацией проблемы энергосбережения начался всплеск интереса к катодолюминесцентным источникам света на основе катодов с автоэлектронной эмиссией и, особенно, с автоэлектронными катодами из нового класса материалов – нанокластерных углеродных структур, в первую очередь нанотрубок. Их очевидными достоинствами являются: ничтожный разброс по высоте, равномерный токосъем по поверхности, высокая плотность тока автоэмиссии, высокая механическая прочность, возможность в широких пределах варьировать геометрию катода, высокая стойкость к ионной бом-

бардировке, рекордно низкая работа выхода электрона из материала катода. В результате детального научного анализа авторы [5] в качестве прогноза сформулировали наиболее важные творческоемкие, несущие признаки изобретений и оригинальных решений проблемы на пути освоения массового производства АКЛ:

- выбор материала автоэлектронного катода и его геометрии. Разработка и реализация технологии изготовления, технологии тренировки автоэлектронного катода;
- выбор геометрии источника света в целом и его основных узлов, отвечающий задачам получения заданных световых параметров при оптимальной нагрузке на люминофор.

С точки зрения сути проблем, первая из перечисленных, является узко-специфической и под силу только научным коллективам с соответствующей научно-исследовательской направленностью и оснащенностью. В настоящей статье приведены результаты исследований и разработок специалистов из МФТИ по первой проблеме.

По второй проблеме изложены результаты работы специалистов из ВИЭСХ, предложивших использовать для генерации необходимых рабочих потенциалов и передачи их к светильникам на базе автокатодных ламп однопроводные резонансные технологии, использующие резонансные четвертьволновые трансформаторы Тесла.

Полученные результаты вселяют уверенность в появлении в скором будущем на коммерческом рынке новых источников света и светильников на их основе, удовлетворяющих современным требованиям производства, эксплуатации и утилизации отработавших свой эксплуатационный ресурс.

Литература

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: 2008. , 952 с.
2. *Егоров Н.В., Шешин Е.П.* Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы: Учебник-монография. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 704 с.
3. *Киреев В.Б., Чадаев Н.Н., Шешин Е.П.* Новое поколение автокатодных люминесцентных ламп // Светотехника. 2012. № 1. С. 24-28.
4. Патент РФ № 2505744. Система электрического освещения (варианты) / Стребков Д.С., Трубников В.З., Пастухов А.В., Шешин Е.П., Чадаев Н.Н // 06.03.2012 .
5. *Гуляев Ю.В., Елесин В.Ф., Синицын Н.А., Суворов А.Л., Тимофеев Ю.П.* Катодолюминесцентные источники света на основе автоэлектронной эмиссии: концепция практической реализации // Светотехника. 2000. № 1. С. 10-14.

Сведения об авторах:

Стребков Дмитрий Семенович - академик РАН, профессор, доктор технических наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

Трубников Владимир Захарович - научный сотрудник, ВИЭСХ, г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

Пастухов Андрей Викторович – инженер, ВИЭСХ, г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

Шешин Е.П. – профессор, доктор технических наук, зам. заведующего кафедрой, Московский физико-технический институт, г. Москва, Россия, e-mail: info@mipt.ru

Чадаев Н.Н. – кандидат технических наук, Московский физико-технический институт, г. Москва, Россия, e-mail: info@mipt.ru

SYSTEMS OF LIGHTING ON THE BASIS OF AUTOCATHODIC LUMINESCENT LAMPS AND RESONANT TESLA TRANSFORMERS

D. Strebkov, V. Trubnikov, A. Pastuchov, E. Sheshin, N. Chadayev

Problems of development of lighting sistems with the increased luminous efficiency, a big operational resource, with comfortable spectral structure of radiation, inexpensive in production and operation, and also creating the minimum environmental pressure on environment are considered. It is reported about results of the works which were conducted in this direction at the Moscow Physics and Technology Institute and at the All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture.

Keywords: light source, katodolyuminestsentny lamp, set range, single-wire electric line, Tesla transformer.

Authors:

Strebkov D. - D. Sc. (Engineering), Prof.,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Trubnikov V. - research associate,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Pastuchov A. - research associate,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Sheshin E. - D. Sc. (Engineering), Prof., e-mail: info@mipt.ru, Moscow Physics and Technology Institute, Moscow, Russia.

Chadayev N. – Ph.D. (Engineering), e-mail: info@mipt.ru, Moscow Physics and Technology Institute, Moscow, Russia.

УДК 621.31

МЕТОД ДОСТОВЕРНОЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

П.А. Кунцевич
Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия

Предложен метод прогнозирования производительности генерирующего энергетического оборудования (ГЭО) альтернативной энергетики, основанный на теории множеств, теории вероятности и математической статистике. Приводится формула для расчета ткущей производительности ГЭО, учитывающая надежность ГЭО, технологические потери энергии и уровень организации технических мероприятий. Метод позволяет исключить субъективный фактор в оценке эффективности использования ГЭО.

Ключевые слова: *источник энергии, метод, вероятность, факторы событий, прогнозирование, производительность, надежность, эффективность.*

При оценке технического потенциала источников энергии, порождаемых нерегулярными природными проявлениями (ИНПП) – солнечного излучения, ветра, морских волн, прибоев и др., не учитываются простои генерирующего энергетического оборудования (ГЭО), обусловленные отказами, плановой профилактикой оборудования и технологическими факторами [1, 2].

При этом результаты прогнозирования производительности ГЭО и получаемые при эксплуатации не адекватны [3], что ставит под сомнение выводы в отношении оценки технического потенциала ИНПП и целесообразности реализации проекта. Предлагаемые *a priori* эмпирические формулы для расчета простоев оборудования содержат субъективный фактор, а учет влияния надежности ГЭО некорректен [4].

Для объективной оценки показателей эффективности инвестиционных проектов в области использования ИНПП или при сертификации ГЭО на соответствие автором настоящей статьи предложен строгий (не прибегающей к эмпиризму) метод прогнозирования производительности ГЭО – методом вероятностей факторов событий, позволяющий оценивать и прогнозировать эффективность ГЭО с высокой достоверностью.

В основу предложенного метода положена математическая модель события в пространстве событий: *«вероятность – энергетический параметр – время»*, в пределах расчетного периода времени T_p, выраженная через элементарные события, число которых $I = T_p/\tau$ заведомо определено стандартом наблюдений, где τ – период наблюдений. При продолжительном наблюдении энергетического параметра (ЭП) потока $e(t)$ полное пространство событий относительно достоверно описывается функцией плотности вероятностей $f(e(t))$.

Рассматривая функцию $f(e(t))$ в трехмерной системе координат, автором была установлена строгая связь числа отказов ГЭО $b(t_э)$ с вероятностями факторов событий [5], которая выражается формулой:

$$b(t_э) = \frac{\omega(t_э) T_p F_2 F_3 / F_4}{1 + \omega(t_э)\eta F_2 F_3 / F_4}\ , \qquad (1)$$

где $t_э$ – текущее время эксплуатации; T_p – расчетный период времени; η – среднее время организационного простоя, приходящееся на отказ; F_2 – вероятность фактора назначения; F_3 – вероятность фактора, с которой ГЭО способно выполнять функцию назначения и допускаются технические мероприятия (ТМ); F_4 – вероятность фактора благоприятных условий для ТМ. При этом, частота отказов $\omega(t_э)$ связывается с вероятностью безотказной работы формулой [5]:

$$\omega(t_э) = -j(t_э) P_0 \cdot \frac{ln(P_0)}{T_0} \times \times exp\left[-ln(P_0)\, j(t_э) \frac{T_p - T_0}{T_0} \right], \qquad (2)$$

где $j(t_э)$ – интенсивность отказов в относительных единицах; P_o – вероятность безотказной работы; T_o – отрезок времени, соответствующий P_o. Функция $j(t_э)$ аппроксимирует статистическую кривую интенсивности отказов при эксплуатации.

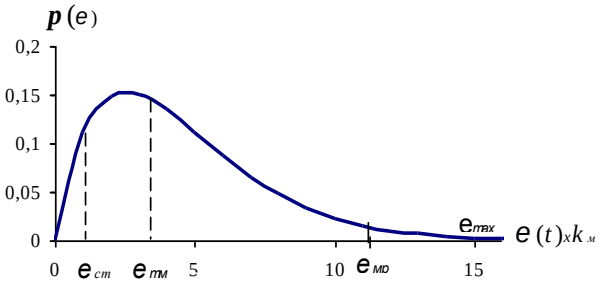


Рис. 1. Функция плотности вероятностей ЭП

Здесь и ниже простой ГЭО – накопление времени за расчетный период, T_p в течение которого мощность ГЭО $N_{ГЭО}(e) = 0$ вследствие объективных факторов простоя: энергетического, технического, организационного, технологического. Затраты времени на технические мероприятия (ТМ) определяются факторами: восстановление работоспособного состояния, техническое обслуживание, ожидание благоприятных условий для ТМ.

Применительно к ветроэнергетике вероятность факторов событий выражается через плотность вероятностей ЭП воздушного потока (ветра) в соответствии с равенствами:

$$F_1 = \int_{e=0}^{e_{ст}} f(e)dt;\quad F_2 = \int_{e=e_{ст}}^{e_{мр}} f(e)dt;$$

$$F_3 = \int_{e=e_{ст}}^{e_{тм}} f(e)dt;\quad F_4 = \int_{e=0}^{e_{тм}} f(e)dt;$$

$$F_5 = \int_{e=e_{тм}}^{e_{max}} f(e)dt, \qquad (3)$$

где $e_{ст}$ и $e_{мр}$ – граничные значения ЭП; e_{max} – максимально возможное значение ЭП; $e_{тм}$ – максимальное значение ЭП по условиям безопасности для ТМ; F_1 – вероятность простоя вследствие низкой энергии ЭП; F_5 – вероятность фактора ожидания благоприятных условий для ТМ (рис. 1, где $k_м$ – масштабный коэффициент).

Все виды простоев мы связываем с расчетным периодом времени T_p и вероятностью событий P_k, выраженной посредством факторов простоев и факторов времени в соответствии с математической моделью события [5]:

$$T_j = T_p P_k = T_p \beta \tau_k P_{ck}, \qquad (4)$$

где T_j – продолжительность события; P_{ck} – вероятность совмещения события.

Таблица 1

События	**Фактор времени τ_k**	**Вероятность P_k**	**Продолжительность T_k**
Энергетический простой	$\tau_э = 1$	$P_э = \beta(1–F_2)$	$T_П^Э = \beta T_p(1–F_2)$
Отказ	$\tau = T_p / I$	$P = 1–P_o$	$t_{ОТК} \to 0$
Организационные мероприятия	$\tau_o = \eta \cdot b(t) / T_p$	$P_o = \eta \cdot b(t) / T_p$	$T_П^O = \eta \cdot b(t)$
Техническое обслуживание (ТО)	$\tau_{то} = D\,T_k^{ТО} / T_p$	$P_{то} = \tau_{то}\beta F_2 F_3 / F_4$	$T_П^{ТО} = \tau_{то}\beta T_p F_2 F_3 / F_4$
Ожидание при ТО	$\tau_{то} = D\,T_k^{ТО} / T_p$	$P_{ож}^{то} = \tau_{то}\beta F_5 / F_4$	$T_{ож}^{ТО} = \tau_{то} T_p \beta F_5 / F_4$
Восстановление	$\tau_в = b(t)\ T_k^В / T_p$	$P_в = \tau_в \beta F_2 F_3 / F_4$	$T_П^В = \tau_в T_p F_2 F_3 / F_4$
Ожидание при восстановлении	$\tau_в = b(t)\ T_k^В / T_p$	$P_{ож}^В = \tau_в \beta F_5 / F_4$	$T_{ож}^В = \tau_в T_p \beta F_5 / F_4$
Режим активный работы		$P_{ар} = 1–(P_э + P_o + P_{ТМ} + P_{ож})$	$T_{ар} = T_p\,P_{ар}$

Формулы в табл. 1 определяют факторы времени τ_k, вероятность P_k и продолжительность событий T_k, где k – индекс события. В табл. 1 приняты обозначения: η – среднее время организационного простоя, D – число плановых профилактических мероприятий за расчетный период; $T_k^{ТО}$ и $T_k^В$ – затраты календарного времени на ТО и восстановление; $\beta = (T_p - \eta \cdot b(t)) / T_p$ – относительное укорочение расчетного времени T_p.

Используя формулы (1) – (4) и табл. 1, автором получена достоверная формула для прогнозирования производительности ГЭО $W_{ГЭО}$ с учетом отказов и плановой профилактики [6].

$$W_{ГЭО} = W_1 + W_2 =$$

$$= T_p \int_{e_i = e_{СТ}}^{e_{ТМ}} N_{ГЭО}(e)(\beta F_3 - P_{ТМ})\, f(e)de + \qquad (5)$$

$$+ T_p \int_{e_i = e_{ТМ}}^{e_{МР}} N_{ГЭО}(e) \cdot (\beta F_5 - P_{ТМ})\, f(e)de.$$

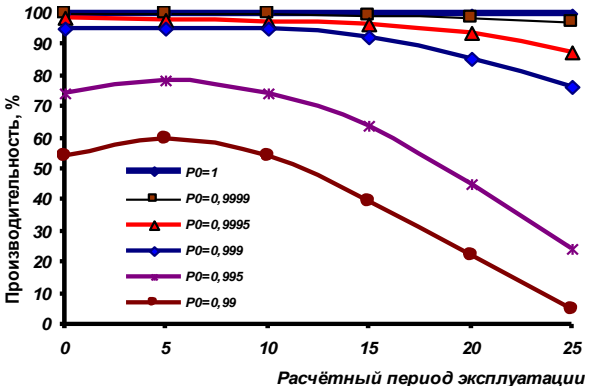


Рис. 2. Динамика производительности ветроустановки УЕ-550-41

Формула (5) подтверждает, что реальная производительность ГЭО за расчетный период не может превышать величину, выраженную (5). Предложенный метод позволяет прогнозировать технологические потери W_{mx}. В этом случае $W_{ГЭО} = W_1 + W_2 - W_{mx}$. Таким образом, расчетное значение производительности безотказного источника ИНПП, которое выражается формулой [7]:

$$W_0 = T_p \int_{e_i = e_{CT}}^{e_{MP}} N_{ГЭО}(e_i) f(e) de \ , \qquad (6)$$

в сравнении с производительностью реального источника (рис. 2) завышается на величину [6]:

$$\Delta W = T_p \int_{e_i = e_{CT}}^{e_{TM}} N_{ГЭО}(e_i)(P_0 F_3 - P_{TM}) f(e) de + T_p \int_{e_i = e_{TM}}^{e_{MP}} N_{ГЭО}(e_i) \cdot (P_0 F_5 - P_{TM}) f(e) de \, . \qquad (7)$$

Результаты расчетов подтверждены опытной эксплуатацией ветроэнергетических станций, построенных в России.

Выводы и рекомендации

1. Предложенный метод предопределяет достоверность долговременного прогноза и позволяет на начальной стадии проекта исключить ошибку в оценке эффективности инвестиций.

2. При аттестации ГЭО на соответствие необходимо учитывать надежность и простои ГЭО по факторам, изложенным в настоящей статье.

3. Следует пересмотреть методику расчета технического потенциала энергии ИНПП с учетом нормированных показателей надежности ГЭО.

Литература

1. *Старков А.Н.* и др. Атлас ветров России. - М.: Можайск-Терра, 2000.
2. *Афонин В.С., Васьков А.Г.* и др. Системные свойства гибридных энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии // Энергобезопасность и энергосбережение. 2012. №2.
3. *Кунцевич П.А., Прохорова Г.А. Штрекалкин С.И.* Развитие ветроэнергетики в России//ЭКО. 2009. №9.
4. *Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудрявцев Ю.И.* Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. - М.: Атмограф, 2007.
5. *Кунцевич П.А.* Принцип прогнозирования простоев энергетического оборудования при переменной вероятности потока энергии первичного источника // Известия РАН. Энергетика. 2011. №4.
6. *Кунцевич П.А., Прохорова Г.А.* Метод вероятностей факторов событий в прогнозировании технического потенциала источников нерегулярных природных проявлений // Альтернативная энергетика и экология. 2013. №7.
7. *Бурмистров Н.К., Виссарионов В.И.* и др. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: Учеб. пособие. - 2-е изд. - М.: Изд-во МЭИ, 2008.

Сведения об авторе:

Кунцевич Петр Антонович - кандидат технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

METHOD OF PROBABILITY FACTORS IN PREDICTING TECHNICAL POTENTIAL SOURCES OF IRREGULAR NATURAL MANIFESTATIONS

P. Kuncevich

A method for generating a reliable prediction performance of power equipment (ERP) is proposed, based on set theory, probability theory and mathematical statistics. The formula for the calculation of the current performance of ERP, ERP takes into account the reliability, energy loss and technological level of organization and technical measures. The method avoids the subjective factor in assessing the effectiveness of using ERP.

Keywords: energy source, method, probability, factors of event, forecasting, performance, reliability, efficiency.

Autor:

Kuncevich P. - Ph. D. (Engineering),
e-mail: viesh@dol.ru,
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

УДК 621.31.001.57

СЛУЧАЙНЫЕ ЧИСЛА: ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Н.Н. Сырых[1], Н.Е. Кабдин[2]
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия
[2]Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Рассматривается процесс нахождения значений случайных величин с нормальным и экспоненциальным законами распределения путем преобразования («разыгрывания») значений «стандартной случайной величины», равномерно распределений в интервале от 0 до 1 для реализации метода статистических испытаний Монте-Карло.

Полученные результаты позволяют формировать репрезентативные выборочные совокупности при экспериментальных исследованиях (испытаниях) надежности электрооборудования и моделирование (прогнозирование) случайных процессов немарковского типа.

Ключевые слова: *случайные величины, статистические совокупности (выборы), законы надежности, моделирование.*

Данная статья является дальнейшим развитием и конкретизацией отдельных положений численного метода решений вероятностно-статистических задач, направленных на **качественную** сторону обеспечения репрезентативности выборочных совокупностей (выборок) при сборе и обработке необходимой информации при решении задач надежности электрооборудования [6]. Напомним также, что при применении методов статистического исчисления, в рамках которого решается одна из главных задач – сделать надежные выводы об объективных свойствах явления, выражаемых полно лишь общей совокупностью значений случайной величины, на основании свойств этого явления, выражаемых частичными совокупностями, полученными при наблюдении.

Чтобы частичные совокупности случайной величины действительно могли служить **пробами**, по которым можно было бы судить о свойствах изучаемого явления, выраженных общей совокупностью, необходимо решить два основных взаимосвязанных вопроса [3]:

- какое число единиц частичной совокупности является достаточно большим для того, чтобы по ней можно было бы делать выводы об изучаемом явлении;

- из каких именно единиц надо составить частичную совокупность, чтобы можно было рассматривать ее в качестве представительного образца данной общей совокупности.

Решение первого вопроса, названного нами условно количественной стороной выборки, подробно рассмотрено в [5]. Решению второго вопроса (качественное формирование выборки) посвящена настоящая статья.

Одним из основных требований при формировании выборочных частичных совокупностей является требование обеспечения **однородности** изучаемых единиц, входящих в выборку. Для того, чтобы единицы наблюдения были однородными, необходимо чтобы они обладали значительным числом общих признаков. При этом следует подчеркнуть, что достижение **полной** однородности единиц наблюдения является практически неосуществимым: как бы далеко мы не продвинулись в этом отношении, мы всегда встречаемся с элементами неоднородности. Более того, благодаря наличию элементов неоднородности, приводящих к изменчивости свойств изучаемого явления, появляется сам предмет статистического исследования – случайные явления.

Другим важным требованием при формировании «качественного» состава выборки является необходимость соблюдения порядка выборки элементов – брать их наугад, т.е. без какого-то ни было подбора, совершенно случайно. Наиболее надежным способом обеспечения случайности при производстве наблюдений является использование случайных чисел и метода статистических испытаний (статистического моделирования, или как его часто называют, метод Монте-Карло).

Метод Монте-Карло является одним из численных методов, получивших распростране-

ние при появлении быстродействующих вычислительных машин (ЭВМ). Он базируется на использовании так называемых случайных чисел – возможных значений некоторой случайной величины с заданным распределением вероятностей. Идея метода Монте-Карло состоит в том, что вместо того, чтобы описывать случайный процесс с помощью аналитического аппарата (дифференциальных уравнений для вероятностей состояний или линейных алгебраических уравнений для финальных вероятностей), производится «розыгрыш» случайного явления с помощью какой-то процедуры, дающей случайный результат. Так же как и в реальности, конкретное осуществление (реализация) случайного процесса складывается каждый раз по-иному, так же и в результате статистического моделирования (розыгрыша) мы получаем каждый раз новую, отличную от других искусственную реализацию случайного процесса. Множество полученных таким путем реализаций в дальнейшем обрабатывается как статистический материал, и из него получаются нужные нам вероятностные характеристики: вероятности, математические ожидания и дисперсии каких-то случайных величин и т.д. При получении множества реализаций мы пользуемся случайностью как аппаратом исследования, заставляем саму случайность работать на нас (выражение Е.С. Вентцель).

В основе «розыгрыша» случайного явления при методе Монте-Карло является получение случайного числа (условно назовем его R), все значения которого лежат в пределах некоторого определенного интервала, причем все значения случайного числа R одинаково вероятны, т.е. обладают одной и той же вероятностью.

Элементарным способом получения случайных чисел является следующий опыт. Напишем на десяти одинаковых бумажках цифры 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Положим эти бумажки в шапку, перемешаем их и будем извлекать оттуда по одной бумажке, каждый раз возвращая ее назад в шапку и снова перемешивая бумажки. Полученные таким образом цифры запишем в виде таблицы подобной таблице 1.

Такая таблица называется таблицей случайных **чисел**, хотя правильнее ее было бы называть таблицей случайных цифр. Таким образом, случайное число – это такое число R, все значения которого от 0 до 1 равновероятны (будем называть величину R «случайная величина от 0 до 1»).

Самая большая из опубликованных таблиц случайных чисел содержит 1 000 000 цифр. Конечно, она составлялась с помощью более современной техники, чем шапка: была сконцентрирована специальная рулетка с использованием электроники. Рулетка представляет собой вращающийся диск с десятью равномерно распределенных секторов с номерами 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Диск резко останавливается и выбирается та цифра из сектора, на которую указывает неподвижная стрелка.

В приведенной табл. 1 случайных чисел цифры расставлены группами по четыре, которые могут рассматриваться как четыре знака после запятой случайного числа R от 0 до 1. Порядок выбора чисел из таблицы произволен: можно, например, так, как они записаны, можно через одну, можно снизу вверх или сверху вниз и т.д., т.е. любым способом лишь бы выбор числа никак не был связан с его значением. При этом принятая однажды процедура выбора должна сохраняться при неоднократном обращении к таблице.

Таблица содержит числа, равномерно-распределенные в интервале от 0 до 10 000. Для того чтобы получить отсюда случайные числа x_i, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1, нужно все числа таблицы разделить на 10 000. Если нужны случайные числа U_i, равномерно распределенные в интервале от a до b, то их можно получить при помощи линейного преобразователя:

$$U_i = a + x_i(b - a). \qquad (1)$$

Заметим, что подавляющее большинство расчетов по методу Монте-Карло в настоящее время осуществляется с использованием псевдослучайных чисел, получаемых на ЭВМ.

Рассмотрим некоторые примеры использования случайных чисел, помещенных в табл. 1.

Пример 1. Найти 5 случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1.

Решение. Берем из табл. 1 первые 5 чисел (можно любые) и делим каждое из них на 10 000. В результате получим: 0,1009; 0,7325; 0,3376;0,5201; 0,3586.

Таблица 1

Равномерно распределенные случайные числа [7]

10009	7325	3376	5201	3586	3467	3548	7680	9590
3754	2048	564	8947	4296	2480	5240	3720	6361
842	2689	5319	6450	9303	2320	9025	6015	9533
9901	9025	2909	3767	715	3831	1311	6588	6767
1280	7999	7080	1573	6147	6403	2366	5398	9511
6606	5747	1734	727	6850	3669	7361	7065	8133
3106	108	545	5718	2406	3530	3426	1486	7990
8526	9776	202	516	5692	6866	5748	1873	538
6357	3321	3505	3254	7048	9055	3575	4828	4682
7379	6457	5303	5296	4778	3580	8342	8260	9352
9852	177	6714	9056	8607	2210	9405	5860	9709
1180	5054	3139	8082	7732	5072	5682	4829	4052
8345	2996	3406	2889	8083	1374	6700	7818	4754
8868	5402	86	5075	8401	3676	6679	5190	3647
9959	4673	4887	5176	4969	9182	6089	2893	7856
6548	1176	7417	4685	950	5804	7769	7473	395
8012	4356	3517	7270	8015	4531	8223	7421	1157
7435	998	1777	4027	7214	4323	6002	1045	5216
6991	6268	366	2522	9148	3693	6872	376	6211
989	3205	514	2256	8514	4642	7567	896	2977
9149	9145	2368	4792	7686	4616	2835	5494	7508
8033	6945	9826	9403	6858	7029	7341	3553	1403
4410	4819	4985	1574	7954	3297	9265	7557	6004
1255	737	4211	1000	2040	1286	746	9796	6448
6360	6493	2916	5053	4484	4021	9525	6343	6517
6119	6904	4626	4574	7774	5192	4337	2965	3945
1547	4452	6695	2707	9953	5936	7838	4882	3961
9455	7285	7367	8975	4387	5462	2444	3191	1904
4248	1162	1397	3440	8721	1686	8487	6703	711
2352	3783	1773	2088	9837	6893	5914	1626	2522
449	3524	9475	2463	3824	4586	2510	2561	9627
54	9976	5464	518	8159	9611	9638	9654	6928
3596	3153	726	8980	9354	3335	1354	6277	9745
5980	8083	9145	4272	6842	8360	9497	13	212
4605	8852	3601	3909	2286	7728	1440	7793	9108
3217	9005	9787	3792	5241	556	7070	786	7431
6923	4614	620	1174	5204	1595	6600	18	7439
1956	5414	3001	7587	5379	4041	9215	8566	6749
4515	5149	3819	4760	7246	4366	7945	4359	479
9486	1994	9436	1681	851	3488	8815	5301	5403

Пример 2. Найти три числа равномерно распределенных в интервале от 20 до 120.

Решение. Используя первые три числа из табл. 1 и уравнение (1), получаем:

$$20 + 0{,}1009(120 - 20) = 30{,}09;$$

$$20 + 0{,}7325(120 - 20) = 93{,}25;$$

$$20 + 0{,}3376(120 - 20) = 57{,}76.$$

Для реализации метода статистических испытаний Монте-Карло требуется большое количество случайных чисел с различными законами распределения. Поскольку в этом случае для каждого рассматриваемого закона распределения случайной величины требуется конструировать свою рулетку, а программы получения случайных чисел на ЭВМ оказываются доста-

точно громоздкими, то используется способ преобразования значений одной какой-либо (так сказать «стандартной») случайной величины для получения значения любой случайной величины. Обычно роль такой величины играет случайная величина γ (ранее мы ее обозначили через *R*), равномерно распределенная в интервале от 0 до 1. Как получать значения γ, мы уже знаем.

Процесс нахождения значения

какой-либо случайной величины ε путем преобразования одного или нескольких значений γ условимся называть разыгрыванием случайной величины ε.

Разыгрывание дискретной случайной величины. Допустим, нам нужно получать значения случайной величины ε с распределением,

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \frac{x_1}{P_1} & \frac{x_2}{P_2} & \frac{x_n}{P_n} \end{pmatrix}. \qquad (2)$$

Рассмотрим интервал $0<y<1$ и разобьем его на *n* интервалов, длины которых равны P_1, P_2, …, P_n. Координатами точек деления, очевидно, будут $y = P_1$, $y = P_1 + P_2$, $y = P_1 + P_2 + \ldots + P_{n-1}$. Полученные интервалы занумеруем цифрами 1, 2, 3, …, *n* (рис. 1).

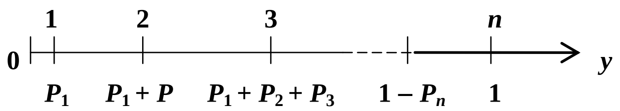


Рис. 1. Приготовление к розыгрышу случайной величины ε

На этом приготовление к розыгрышу заканчивается. Каждый раз, когда надо будет «поставить опыт» и разыграть значение *ε*, мы будем выбирать значение γ и строить точки *y*= γ. Если эта точка попадает в интервал с номером *i*, то будем считать, что $\varepsilon = x_i$ (в этом опыте). Поскольку случайная величина γ равномерно распределена в интервале от 0 до 1, то вероятность того, что γ окажется в некотором интервале, равна длине этого интервала. Значит,

$$\begin{array}{c} P\{0<\gamma<P_1\}=P_1;\ P\{0<\gamma<P_1+P_2\}=P_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P\{P_1+P_2+\ldots+P_{n-1}<\gamma<1\}=P_n \end{array}.$$

Согласно нашей процедуре, $\varepsilon = x_i$ тогда, когда $P_1 + P_2 + \ldots + P_{n-1} < \gamma < P_1 + P_2 + \ldots + P_i$, а вероятность этого равна P_i, что и требовалось доказать.

Пример 3. Необходимо разыграть 10 значений случайной величины *Q* с распределением:

$$Q = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 0{,}58 & 0{,}42 \end{pmatrix}.$$

В качестве значений γ выберем пару цифр из первой строки табл. 1, умноженные на 0,01 (так как в этом примере P_i заданы с двумя десятичными знаками, то вполне достаточно брать γ с двумя десятичными знаками). Итак, γ = 0,10; 0,73; 0,33; 0,52; 0,35; 0,34; 0,35; 0,76; 0,95.

Очевидно, по нашей схеме значениям γ < 0,58 отвечают значения *Q* = 3, а значениям γ ≥ 0,58 – значения *Q* = 4. Следовательно, мы получим значения: *Q* = 3; 4; 3; 3; 3; 3; 3; 4; 4.

Заметим порядок нумерации значений x_1, x_2, x_3, …, x_n в распределении ε может быть произвольным, однако он должен быть фиксирован до начала розыгрыша.

Разыгрывание непрерывной случайной величины. Непрерывные случайные величины наиболее часто встречаются при решении задач надежности (наработки изделий до отказа и на отказ, длительность устранения возникающих отказов и др.). Такие случайные величины, распределенные по **любым законам**, могут быть получены из таблиц случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1 (табл. 1). Делается это на основании следующей теоремы [7].

Пусть x_i – случайные числа, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1. Пусть *f*(*y*) – плотность вероятности случайной величины *y*. Тогда случайные числа y_i, распределенные по закону *f*(*y*), находятся путем решения уравнения

$$x_i = \int_{-\infty}^{y_i} f(y)dy. \qquad (3)$$

Если случайная величина *y* определена только на положительной полуоси, то нижний предел заменяется нулем

$$x_i = \int_{0}^{y_i} f(y)dy, \text{ или } x_i = F(y_i), \qquad (3а)$$

где $F(y_i)$ – функция распределения случайной величины *y*.

Из уравнения (3а) следует, что случайное число y_i является квантилью распределения *y*, отвечающей вероятности x_i. Поэтому, взяв чис-

ло x_i из таблицы случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1 (например, по табл. 1), можно найти соответствующее значение y_i из таблицы квантилей распределения y.

Напомним тем, кто знал (и сообщим тем, кто не знал) что такое квантиль распределения. Из теории вероятности известно, что исчерпывающей характеристикой непрерывной случайной величины является функция распределения $F(x) = P\{X < x\}=P$. Эта функция указывает зависимость вероятности P от переменной x. Функция $Q(P)$, указывающая зависимость переменной x от вероятности P, являясь обратной функцией $F(x)$, называется функцией квантилей. Следовательно, $Q(P)$ есть такое число, что случайная величина с вероятностью P принимает значение, не превышающее этого числа. Таким образом, произвольная случайная величина связана с равномерно распределенной случайной величиной (табл. 1) через свою обратную функцию $Q(P)$. При этом выполняются следующие соотношения:

$$P = F(x),\ x = Q(P);$$

$$X = Q[F(x)],\ P = F[Q(P)]; \qquad (4)$$

$$P\{X \le x\} = F(x) = P;$$

$$P\{x \le Q(P)\} = F(x) = P.$$

Разыгрывание нормально распределенной случайной величины. Функция нормального распределения случайной величины x описывается уравнением:

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} (x)dx = \frac{1}{\sigma_X\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\left(\frac{x-m_X}{2\sigma_x^2}\right)^2} dx, \qquad (5)$$

где $f(x)$ – плотность вероятности нормального распределения; m_x – математическое ожидание; σ_x^2 – дисперсия.

Для нормированного и центрированного распределения (m_x = 0; σ_x = 1) имеется табулированная функция (см. *Приложения*, табл. 1П)

$$F_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \qquad (6)$$

При этом $F(x) = F_0\left(\frac{x-m_X}{\sigma_x}\right)$ и $F_0(-x)$ = $= 1 - F_0(x)$.

Квантиль U_p нормального распределения, отвечающий вероятности P, определяется из выражения $F_0(U_p) = P$. Значения квантилей приведены в табл. 2П (*см. Приложения*) при этом $U_{1-P} = -U_P$.

В табл. 2 приведены случайные числа, распределенные по нормальному закону с математическим ожиданием $M(Z_i) = 0$ и $\sigma_{z_i} = 1$. Если нужны случайные числа U_i, нормально распределенные с параметрами $M(U) = U_0$ и $\sigma(U) = \sigma_U$, то их можно получить при помощи линейного преобразования

$$U_i = U_0 + \frac{z_i}{1000}\sigma_U. \qquad (7)$$

Пример 4. Найти три случайных числа для нормального распределения с параметрами $U_0=0$, $\sigma_U = 1$.

Решение. В соответствии с уравнением (7) надо взять из табл. 2 три числа и разделить каждое из них на 1000. В результате получим: 0,464; 0,137; 2,455.

Пример 5. Найдите три случайных числа для нормального распределения с параметрами $U_0 = 1000$, $\sigma_U = 200$.

Решение. Используя первые три числа из табл. 2 находим при помощи уравнения (6):

$$100 + 464/1000\cdot200 = 1093;$$

$$1000 + 137/1000\cdot200 = 1027;$$

$$1000 + 2455/1000\cdot200 = 1491.$$

Пример 6. Наработка невосстанавливаемого изделия до отказа имеет нормальное распределение с параметром U_0 = 1000 ч и σ_U = = 200 ч. На испытание поставлены 10 изделий. Испытания производятся до отказа всех изделий. Найти одну реализацию результатов этих испытаний.

Решение. Используя первые 10 чисел из табл. 1 и поступая так, как это делалось в примере 2, получаем: 1093, 1491, 1027, 935, 987, 1059, 942, 1260, 1048, 1012.

Расположим эти числа в порядке возрастания их величины:

935; 942; 987; 1012; 1027; 1048;
1059; 1093; 1260; 1491.

Пример 7. Пусть в условиях примера 6 длительность испытаний t_U составляет 950 час. Найти случайное число m отказов на этих испытаниях.

Решение. Рассматривая результаты, полученные в примере 6, находим, что за время испытаний откажут два изделия (m = 2) через 935 и 942 часа после начала испытаний.

Таблица 2

Нормально распределенные случайные числа $M(Z) = 0$; $\sigma(Z) = 1000$

464	137	2455	-323	-68	296	-288	1298	241
60	-2526	-531	-194	543	-1558	187	-1190	22
1486	-354	-634	697	926	1375	785	-963	-853
1022	-472	1279	3521	571	-1851	194	1192	-501
1394	-555	46	321	2945	1974	-258	412	439
906	-513	-525	595	881	-934	1579	161	-1885
1179	-1055	7	769	971	712	1090	-631	-255
-1501	-488	-162	-136	1033	203	448	748	-423
-690	756	-1618	-345	-511	-2051	-457	-218	857
1372	225	378	761	181	-736	960	-1530	-260
-482	1678	-57	-1229	-486	856	-491	-1983	-2830
-1376	-150	1356	-561	-256	-212	219	779	953
-1010	598	-918	1598	65	415	-169	313	-973
-5	-899	12	-725	1147	-121	1096	481	-1691
1393	-1163	-911	1231	-199	-246	1239	-2574	-558
-1787	-261	1237	1046	-508	-1630	-146	-392	-627
-105	-357	-1384	360	-992	-116	-1698	-2832	-1108
-1339	1827	-959	424	969	-1141	-1041	362	-1726
1041	535	731	1377	983	-1330	1620	-1040	524-
279	-2056	717	-873	-1096	-1396	1047	89	-573
-1805	-2008	-1633	542	250	-166	32	79	471
-1186	1180	1114	882	1265	-202	151	-376	-310
658	-1141	1151	-1210	-927	425	290	-902	610
-439	358	-1939	891	-227	602	873	-437	-220
-1399	-230	385	-649	-577	237	-289	513	738
199	208	-1083	-219	-291	1221	1119	4	-2015
159	272	-313	84	-2828	-439	-792	-1275	-623
2273	606	606	-747	247	1291	63	-1793	-699
41	-307	121	790	-584	541	484	-986	481
-1132	-2098	921	145	446	-1661	1045	-1363	-586
768	79	-1473	34	-2127	665	84	-880	-579
375	-1658	851	234	-656	340	-86	-158	-120
-513	-344	210	-736	1041	8	427	-831	191
292	-521	1266	-1206	-899	110	-528	-813	71
1026	2990	-574	-491	-1114	1297	-1433	-1345	-3001
-1334	1278	-568	-109	-515	-566	2923	500	359
-287	-144	-254	574	-451	-1181	-1190	-318	-94
161	-886	-921	-509	1410	-518	192	-432	1501
-1346	193	-1202	394	-1045	843	942	1045	31
1250	-199	-288	1810	1378	584	1216	733	402

Случайные числа, распределенные по экспоненциальному закону. Экспоненциальный закон распределения случайных величин является не менее популярным законом, чем нормальный. Он широко используется при описании процесса функционирования изделий на нормальном периоде эксплуатации с преобладанием внезапных отказов с примерно постоянной

Таблица 3

Случайные числа, распределенные по экспоненциальному закону $M(z) = 1000$

550	426	711	497	1705	1679	1023	474	424	103
334	68	1705	860	487	54	3433	314	389	1272
305	2856	1651	1358	293	597	307	522	368	616
355	5714	3705	69	216	161	414	18	513	1482
1774	125	585	456	703	1252	1144	903	98	1457
629	14	635	328	1474	273	1478	286	358	2120
840	652	145	1367	9	25	880	235	546	812
1337	85	2256	177	540	1336	295	475	453	386
2827	2651	572	535	3943	2642	242	31	16	2402
411	1972	1992	1295	135	2133	1956	1061	453	361
1036	405	546	434	169	1394	275	729	78	798
2366	7	615	236	151	100	587	2069	3417	132
1194	1419	1437	395	661	939	214	62	47	2289
595	62	840	284	330	1029	2206	1115	1178	274
446	495	3417	306	439	190	1063	3216	1244	1666
1584	2033	771	1529	1021	2534	310	288	1155	164
6320	1044	1260	1116	952	668	3583	257	66	299
585	438	1828	674	63	1133	615	477	86	1319
140	438	11	17	1086	655	1225	369	1720	1546
1162	386	604	956	2417	1399	41	348	2891	984
2157	920	132	247	2561	1782	366	1055	1151	3231
72	1083	799	1358	535	247	2527	2338	2504	267
72	216	1284	1189	934	26	4710	1205	3124	568
848	358	518	1656	1645	2314	1224	645	23	173
637	17	4841	541	1768	173	1730	2729	1902	691
2358	1119	272	781	524	41	1370	1088	4615	26
4	2045	483	33	1678	724	950	483	833	4110
357	1921	523	782	309	851	3642	1020	3490	66
1151	402	106	88	874	112	1007	573	2168	568
1309	843	1594	247	1770	387	572	125	2680	2551

интенсивностью и моделировании случайных процессов в теории массового обслуживания.

Функция распределения случайных положительных величин находится по уравнению

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \qquad (8)$$

где λ – постоянная величина (параметр распределения).

Если t – наработка изделия, то вероятность безотказной работы до наработки t будет

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \qquad (9)$$

Для облегчения вычислений по уравнениям (8) и (9) в табл. 3П (см. *Приложения*) приводятся значения функций e^{-x}, где $x = \lambda t$.

В табл. 3П (см. *Приложения*) приведены значения e^{-x} для x от 0,00 до 4,5 через 0,01. При помощи этой таблицы можно решать разнообразные задачи по расчету надежности в случае экспоненциального закона распределения.

Пример 8. Интенсивность отказов полупроводников триода равна $\lambda = 10^{-6}$ 1/час. Найти вероятность безотказной работы за 10 000 час.

Решение. По уравнению $P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-x}$, где $x = \lambda t = 10^{-6}10^{4} = 10^{-2} = 0{,}01$ находим $P(10000) = e^{-0{,}01} = 0{,}9900$.

Пример 9. Найти в условиях предыдущего примера вероятность безотказной работы за 20 000 час.

Решение. $P(20\,000) = e^{-0{,}02} = 0{,}9802$.

Пример 10. Найти в условиях предыдущих примеров вероятность отказа в промежутке от 10 000 до 20 000 час.

Решение. Искомая вероятность находится как разность $P(10\,000) - P(20\,000) = 0{,}99 - 0{,}9802 = 0{,}0098$.

Для получения случайных чисел, отвечающих экспоненциальному распределению можно также воспользоваться выражениями (3) и (3а), не используя квантили, так как интеграл (3)

легко выражается через элементарные функции (берется)

$$x_i = \lambda \int_0^{y_i} e^{-\lambda y} dy. \qquad (10)$$

После соответствующих преобразований получим

$$y_i = -\frac{1}{\lambda} \ln x_i. \qquad (11)$$

Подставляя в правую часть уравнения (11) последовательно случайные числа x_i, получим последовательность случайных чисел с экспоненциальным законом распределения.

В табл. 3 помещены случайные числа Z_i, отвечающие экспоненциальному распределению с математическим ожиданием $M(Z) = 1000$. Если нужны случайные числа U_i, отвечающие экспоненциальному распределению с математическим ожиданием U_0, то их можно получить при помощи линейного преобразования

$$U_i = \frac{z_i}{1000} U_0. \qquad (12)$$

Пример 11. Найти три случайных числа, отвечающих экспоненциальному распределению с математическим ожиданием $U_0 = 500$.

Решение. Используя первые три числа из табл. 3, находим при помощи уравнения (12)

550/1000·500 = 275;
426/1000·500 = 213;
711/1000·500 = 355,5.

Пример 12. После окончания периода приработки изделия наработка на отказ составляет 500 час. Найти моменты появления пяти отказов в одной реализации потока отказов.

Решение. После окончания приработки поток отказов становится простейшим, и промежутки между соседними отказами распределены по экспоненциальному закону. Используя первые пять чисел из табл. 3 и поступая так, как это делалось выше в примере 11, получаем 275, 213, 355, 248, 852.

Путем последовательного сложения находим моменты появления отказов (в часах) - 275, 488, 843, 1091, 1943.

Приложения

Таблица 1П

Значения функций $F_0(x)$

x		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,	5000	5040	5080	5120	5160	5199	5239	5279	5319	5359
0,1	0,	5398	5438	5478	5517	5557	5596	5636	5675	5714	5753
0,2	0,	5793	5832	5871	5910	5948	5987	6026	6064	6103	6141
0,3	0,	6179	6217	6255	6293	6331	6368	6406	6443	6480	6512
0,4	0,	6554	6591	6628	6664	6700	6736	6772	6808	6844	6879
0,5	0,	6915	6950	6985	7019	7054	7088	7123	7157	7190	7224
0,6	0,	7257	7291	7324	7357	7389	7422	7454	7486	7517	7549
0,7	0,	7580	7611	7642	7673	7704	7734	7764	7794	7823	7852
0,8	0,	7881	7910	7939	7967	7995	8023	8051	8078	8106	8133
0,9	0,	8159	8186	8212	8238	8264	8289	8315	8340	8365	8389
1,0	0,	8413	8438	8461	8485	8508	8531	8554	8577	8599	8621
1,1	0,	8643	8665	8686	8708	8729	8749	8770	8790	8810	8830
1,2	0,	8849	8869	8888	8907	8925	8944	8962	8980	8997	9015
1,3	0,9	0320	0490	0658	0824	0988	1140	1308	1466	1621	1774
1,4	0,9	1924	2073	2220	2364	2507	2647	2785	2922	3056	3189
1,5	0,9	3319	3448	3574	3699	3822	3943	4062	4179	4295	4408
1,6	0,9	4520	4630	4738	4845	4950	5053	5154	5254	5352	5449
1,7	0,9	5543	5637	5728	5818	5907	5994	6080	6164	6246	6327
1,8	0,9	6407	6485	6562	6637	6712	6784	6856	6926	6995	7062
1,9	0,9	7128	7193	7257	7320	7381	7441	7500	7558	7615	7670
2,0	0,9	7725	7778	7831	7882	7932	7982	8030	8077	8124	8169
2,1	0,9	8214	8257	8300	8341	8382	8422	8461	8500	8537	8574
2,2	0,9	8610	8645	8679	8713	8745	8778	8809	8840	8870	8899
2,3	0,9	8928	8956	8983	9010	9036	9061	9086	9111	9134	9158
2,4	0,99	1802	2024	2240	2451	2656	2857	3053	3244	3431	3613
2,5	0,99	3790	3963	4132	4297	4457	4614	4766	4915	5060	5201

Окончание табл. 1П

x		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,6	0,99	5339	5473	5603	5731	5855	5975	6093	6207	6319	6427
2,7	0,99	6533	6636	6736	6833	6928	7020	7110	7197	7282	2765
2,8	0,99	7445	7523	7599	7673	7744	7814	7882	7948	8012	6574
2,9	0,99	8134	8193	8250	8305	8359	8411	8462	8511	8559	8605
3,0	0,99	8650	8694	8736	8777	8817	8856	8893	8930	8965	8999

Примечание. При отрицательных значениях x следует пользоваться уравнением $F_0(-x) = 1 - F_0(x)$.

Пример. Пусть наработка изделия до отказа имеет нормальное распределение с параметрами a = 100 ч и σ = 400 ч.

Требуется определить вероятность безотказной работы для ряда значений наработки.

Решение. По уравнению (6) и табл. 1П находим:

- для x = 400 ч

$$P(400) = F_0 = \left(\frac{1000-400}{200}\right) = F_0(3) = 0{,}998999;$$

- для x = 1200 ч

$$P(1200) = F_0 = \left(\frac{1000-1200}{200}\right) =$$

$$= F_0(-1) = 1 - F_0(1) = 1 - 0{,}8413 = 0{,}1587.$$

Таблица 2П

Квантили нормального распределения

P		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,50	0,0	0000	0251	0501	0752	1002	1253	1504	1755	2005	2256
0,51	0,0	2507	2758	3008	3259	3510	3761	4012	4263	4513	4764
0,52	0,0	5015	5266	5517	5768	6020	6271	6522	6773	7024	7276
0,53	0,0	7527	7778	8030	8281	8533	8784	9036	9288	9540	9791
0,54	0,	1004	1030	1055	1080	1105	1130	1156	1181	1206	1231
0,55	0,	1257	1282	1307	1332	1358	1383	1408	1434	1459	1484
0,56	0,	1510	1535	1560	1586	1611	1637	1662	1687	1713	1738
0,57	0,	1764	1789	1815	1840	1806	1891	1917	1942	1968	1993
0,58	0,	2019	2045	2070	2096	2121	2147	2173	2198	2224	2250
0,59	0,	2275	2301	2327	2353	2378	2404	2430	2456	2482	2508
0,60	0,	2533	2559	2585	2611	2637	2663	2689	2715	2741	2767
0,61	0,	2793	2819	2845	2871	2898	2924	2950	2976	3002	3029
0,62	0,	3055	3081	3107	3134	3160	3186	3213	3239	3266	3292
0,63	0,	3319	3345	3372	3398	3425	3451	3478	3505	3531	3558
0,64	0,	3585	3611	3638	3665	3692	3719	3745	3772	3799	3826
0,65	0,	3853	3880	3907	3934	3961	3989	4016	4043	4070	4097
0,66	0,	4125	4152	4179	4207	4234	4261	4289	4316	4344	4372
0,67	0,	4399	4427	4454	4482	4510	4538	4565	4593	4621	4649
0,68	0,	4677	4705	4733	4761	4789	4817	4845	4874	4902	4930
0,69	0,	4959	4987	5015	5044	5072	5101	5129	5158	5187	5215
0,70	0,	5244	5273	5302	5330	5259	5388	5417	5446	5476	5505
0,71	0,	5534	5563	5592	5622	5651	5681	5710	5740	5769	5799
0,72	0,	5828	5858	5888	5918	5948	5978	6008	6038	6068	6098
0,73	0,	6128	6158	6189	6219	6250	6280	6311	6341	6372	6403
0,74	0,	6433	6464	6495	6526	6557	6588	6620	6651	6682	6713
0,75	0,	6745	6776	6808	6840	6871	6903	6935	6967	6999	7031
0,76	0,	7063	7095	7128	7160	7192	7225	7257	7290	7323	7356
0,77	0,	7388	7421	7454	7488	7521	7554	7588	7621	7655	7688
0,78	0,	7722	7756	7790	7824	7858	7892	7926	7961	7995	8030
0,79	0,	8064	8099	8134	8169	8204	8239	8274	8310	8345	8381
0,80	0,	8416	8453	8488	8524	8560	8596	8633	8669	8705	8742
0,81	0,	8779	8816	8853	8890	8927	8965	9002	9040	9078	9116
0,82	0,	9154	9192	9230	9269	9307	9346	9385	9124	9463	9502
0,83	0,	9542	9581	9621	9661	9701	9741	9782	9822	9863	9904

Окончание табл. 2П

P		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,84	-	0,994	0,999	1,003	1,007	1,011	1,015	1,019	1,024	1,028	1,032
0,85	-	1,036	1,041	1,045	1,049	1,054	1,058	1,063	1,067	1,071	1,076
0,86	-	0,080	1,085	1,089	1,094	1,098	1,103	1,108	0,112	1,117	1,122
0,87	-	1,126	1,131	1,136	1,141	1,146	1,150	1,155	1,160	1,165	1,170
0,88	-	1,175	1,180	1,185	1,190	1,195	1,200	1,206	1,211	1,216	1,221
0,89	-	1,227	1,232	1,237	1,243	1,248	1,254	1,259	1,265	1,270	1,276
0,90	-	1,282	1,287	1,293	1,299	1,305	1,311	1,317	1,323	1,329	1,335
0,91	-	1,341	1,347	1,353	1,359	1,366	1,372	1,379	1,385	1,392	1,398
0,92	-	1,405	1,412	1,419	1,426	1,433	1,440	1,447	1,454	1,461	1,468
0,93	-	1,476	1,483	1,491	1,499	1,506	1,514	1,522	1,530	1,538	1,546
0,94	-	1,555	1,563	1,572	1,580	1,589	1,598	1,607	1,616	1,626	1,635
0,95	-	1,645	1,655	1,665	1,675	1,685	1,695	1,706	1,717	1,728	1,739
0,96	-	1,751	1,762	1,774	1,787	1,799	1,812	1,825	1,838	1,852	1,866
0,97	-	1,881	1,896	1,911	1,927	1,943	1,960	1,977	1,995	2,014	2,034
0,98	-	2,054	2,075	2,097	2,120	2,144	2,170	2,197	2,226	2,257	2,290
0,99	-	2,326	2,366	2,409	2,457	2,512	2,576	2,652	2,748	2,878	3,090

Примечание. В таблице приведены значения квантилей *Up* для $P \geq 0{,}5$. При $P < 0{,}5$ следует пользоваться уравнением $U_{1-P} = -U_P$. Так, например, для $P = 0{,}20$ находим $U_{0,20} = U_{1-0.80} = -0{,}80 = 0{,}8416$.

Если наработка изделия до отказа распределения по нормальному закону с параметрами t_{cp} и σ, то наработка, отвечающая вероятности безотказной работы P, находится по уравнению $t_p = t_{cp} - U_p\sigma$.

Пример. Наработка изделия до отказа имеет нормальное распределение с параметрами $t_{cp} = 100$ ч и $\sigma = 200$ ч. Требуется найти наработку, отвечающую $P = 0{,}90$ безотказной работы.

Решение. По табл. 2П находим для $P = 0{,}90$ значение $U_p = 1{,}282$. По уравнению $t_p = t_{cp} - U_p\sigma$ определяем $t_p = 1000 - 1{,}282 \cdot 200 = 744$ часа.

Таблица 3П

Значения функций e^{-x}

x		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,	-	9900	9802	9704	9608	9512	9418	9324	9231	9139
0,1	0,	9048	8958	8869	8781	8694	8607	8521	8437	8353	8270
0,2	0,	8187	8106	8025	7945	7866	7788	7710	7634	7558	7483
0,3	0,	7408	7334	7261	7189	7118	7047	6977	6907	6839	6771
0,4	0,	6703	6636	6570	6505	6440	6376	6313	6250	6188	6126
0,5	0,	6065	6005	5945	5886	5827	5770	5712	5655	5599	5543
0,6	0,	5488	5433	5379	5326	5273	5220	5168	5117	5066	5016
0,7	0,	4966	4916	4867	4819	4771	4724	4677	4630	4584	4538
0,8	0,	4493	4449	4404	4360	4317	4274	4232	4189	4148	4107
0,9	0,	4066	4025	3985	3945	3906	3867	3829	3791	3753	3716
1,0	0,	3679	3642	3606	3570	3534	3499	3465	3430	3396	3362
1,1	0,	3329	3296	3263	3230	3198	3166	3135	3104	3073	3042
1,2	0,	3012	2982	2952	2923	2894	2865	2836	2808	2780	2753
1,3	0,	2725	2698	2671	2645	2618	2592	2567	2541	2516	2491
1,4	0,	2466	2441	2417	2393	2369	2346	2322	2299	2276	2254
1,5	0,	2231	2209	2187	2165	2144	2122	2101	2080	2060	2039
1,6	0,	2019	1999	1979	1959	1940	1920	1901	1882	1864	1845
1,7	0,	1827	1809	1791	1773	1755	1738	1720	1703	1686	1670
1,8	0,	1653	1636	1620	1604	1588	1572	1557	1541	1526	1511
1,9	0,	1496	1481	1466	1451	1437	1423	1409	1395	1381	1367
2,0	0,	1353	1340	1327	1312	1300	1287	1275	1262	1249	1237
2,1	0,	1225	1212	1200	1188	1175	1165	1153	1142	1130	1119
2,2	0,	1108	1097	1089	1075	1065	1054	1043	1033	1023	1013
2,3	0,	1003	0993	0983	0973	0963	0954	0944	0935	0926	0916

Окончание табл. 3П

x		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,4	0,0	9072	8981	8892	8804	8716	8629	8544	8458	8374	8291
2,5	0,0	8208	8127	8046	7966	7887	7809	7730	7654	7577	7502
2,6	0,0	7427	7354	7280	7208	7136	7065	6995	6925	6856	6788
2,7	0,0	6721	6654	6587	6522	6457	6393	6329	6266	6204	6142
2,8	0,0	6081	6020	5961	5901	5843	5784	5727	5670	5614	5558
2,9	0,0	5502	5448	5393	5340	5287	5234	5182	5130	5079	5029
3,0	0,0	4979	4929	4880	4832	4784	4736	4689	4642	4596	4550
3,1	0,0	4505	4460	4416	4372	4328	4285	4243	4200	4159	4117
3,2	0,0	4076	4036	3996	3956	3916	3877	3839	3801	3763	3725
3,3	0,0	3688	3652	3615	3579	3544	3508	3474	3439	3405	3371
3,4	0,0	3377	3304	3271	3239	3206	3175	3143	3112	3081	3050
3,5	0,0	3020	2990	2960	2930	2901	2872	2844	2816	2788	2760
3,6	0,0	2732	2705	2678	2652	2625	2599	2573	2548	2522	2497
3,7	0,0	2472	2448	2423	2399	2375	2352	2328	2305	2282	2260
3,8	0,0	2237	2215	2193	2171	2149	2128	2707	2086	2065	2044
3,9	0,0	2024	2004	1984	1964	1945	1925	1906	1887	1869	1850
4,0	0,0	1832	1813	1795	1777	1760	1742	1725	1708	1691	1674
4,1	0,0	1657	1641	1624	1608	1692	1576	1561	1545	1530	1515
4,2	0,0	1500	1485	1470	1455	1441	1426	1412	1398	1384	1370
4,3	0,0	1357	1343	1330	1317	1304	1291	1278	1265	1253	1241
4,4	0,0	1228	1216	1203	1191	1180	1168	1156	1145	1133	1122
4,5	0,0	1111	1100	1089	1078	1067	1057	1046	1036	1025	1015

Таблица 4П

Квантили экспонента Z_p

P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	-	6,908	6,215	5,809	5,521	5,298	5,116	4,962	4,828	4,711
0,01	4,605	4,510	4,423	4,343	4,269	4,200	4,135	4,075	4,017	3,963
0,02	3,912	3,863	3,817	3,772	3,730	3,689	3,650	3,612	3,576	3,540
0,03	3,507	3,474	3,442	3,411	3,381	3,352	3,324	3,297	3,270	3,244
0,04	3,219	3,194	3,170	3,147	3,124	3,101	3,079	3,058	3,037	3,016
0,05	2,996	2,976	2,957	2,937	2,919	2,900	2,882	2,865	2,847	2,830
0,06	2,813	2,797	2,781	2,765	2,749	2,733	2,718	2,703	2,688	2,674
0,07	2,659	2,645	2,631	2,617	2,604	2,590	2,577	2,564	2,551	2,538
0,08	2,526	2,513	2,501	2,489	2,477	2,465	2,453	2,442	2,430	2,419
0,09	2,408	2,397	2,386	2,375	2,364	2,354	2,343	2,333	2,323	2,313
0,10	2,303	2,299	2,283	2,273	2,263	2,254	2,244	2,235	2,226	2,216
0,11	2,297	2,198	2,189	2,180	2,172	2,163	2,154	2,146	2,137	2,129
0,12	2,120	2,112	2,104	2,096	2,087	2,079	2,071	2,064	2,056	2,048
0,13	2,040	2,033	2,025	2,017	2,010	2,002	1,995	1,988	1,981	1,973
0,14	1,966	1,959	1,952	1,945	1,938	1,931	1,924	1,917	1,911	1,904
0,15	1,897	1,890	1,884	1,877	1,871	1,864	1,858	1,852	1,845	1,839
0,16	1,833	1,826	1,820	1,814	1,808	1,802	1,796	1,790	1,784	1,778
0,17	1,772	1,766	1,760	1,754	1,749	1,743	1,737	1,732	1,726	1,720
0,18	1,715	1,709	1,704	1,698	1,693	1,687	1,682	1,677	1,671	1,666
0,19	1,661	1,655	1,650	1,645	1,640	1,635	1,630	1,625	1,620	1,614
0,20	1,609	1,604	1,599	1,595	1,590	1,585	1,580	1,575	1,570	1,565
0,21	1,561	1,556	1,551	1,546	1,542	1,537	1,532	1,528	1,523	1,519
0,22	1,514	1,510	1,505	1,501	1,496	1,492	1,487	1,483	1,478	1,474
0,23	1,470	1,465	1,461	1,457	1,452	1,448	1,444	1,440	1,435	1,431
0,24	1,427	1,423	1,419	1,415	1,411	1,407	1,402	1,398	1,394	1,390
0,25	1,386	1,382	1,378	1,374	1,370	1,366	1,363	1,359	1,355	1,351
0,26	1,347	1,343	1,339	1,336	1,332	1,328	1,324	1,321	1,317	1,313
0,27	1,309	1,306	1,302	1,298	1,295	1,291	1,287	1,284	1,280	1,277

Продолжение табл. 4П

P	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
0,28	1,273	1,269	1,266	1,262	1,259	1,255	1,252	1,248	1,245	1,241
0,29	1,238	1,234	1,231	1,228	1,224	1,221	1,217	1,214	1,211	1,207
0,30	1,204	1,201	1,197	1,194	1,191	1,187	1,184	1,181	1,178	1,174
0,31	1,171	1,168	1,165	1,162	1,158	1,155	1,152	1,149	1,146	1,143
0,32	1,139	1,136	1,133	1,130	1,127	1,124	1,121	1,118	1,115	1,112
0,33	1,109	1,106	1,103	1,100	1,097	1,094	1,091	1,088	1,085	1,082
0,34	1,079	1,076	1,073	1,070	1,067	1,064	1,061	1,058	1,056	1,053
0,35	1,050	1,047	1,044	1,041	1,038	1,036	1,033	1,030	1,027	1,024
0,36	1,022	1,019	1,016	1,013	1,011	1,008	1,005	1,002	1,000	0,997
0,37	0,994	0,992	,989	0,986	0,984	0,981	0,978	0,976	0,973	0,970
0,38	0,968	0,965	0,962	0,960	0,957	0,955	0,952	0,940	0,947	0,944
0,39	0,942	0,939	0,936	0,934	0,931	0,929	0,926	0,924	0,921	0,919
0,40	0,916	0,914	0,911	0,909	0,906	0,904	0,901	0,899	0,896	0,894
0,41	0,892	0,889	0,887	0,884	0,882	0,879	0,877	0,875	0,872	0,870
0,42	0,868	0,865	0,863	0,860	0,858	0,856	0,853	0,851	0,849	0,846
0,43	0,844	0,842	0,839	0,837	0,835	0,832	0,830	0,828	0,826	0,823
0,44	0,821	0,819	0,816	0,814	0,812	0,810	0,807	0,805	0,803	0,801
0,45	0,799	0,796	0,794	0,792	0,790	0,787	0,785	0,783	0,781	0,779
0,46	0,777	0,774	0,772	0,770	0,768	0,766	0,764	0,761	0,759	0,757
0,47	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,744	0,742	0,740	0,738	0,736
0,48	0,734	0,732	0,730	0,728	0,726	0,724	0,722	0,719	0,717	0,715
0,49	0,713	0,711	0,709	0,707	0,705	0,703	0,701	0,699	0,697	0,695
0,50	0,693	0,691	0,689	0,687	0,685	0,683	0,681	0,679	0,677	0,675
0,51	0,673	0,671	0,669	0,667	0,666	0,664	0,662	0,660	0,658	0,656
0,52	0,654	0,652	0,650	0,648	0,646	0,644	0,642	0,641	0,639	0,637
0,53	0,635	0,633	0,631	0,629	0,627	0,625	0,624	0,622	0,620	0,618
0,54	0,616	0,614	0,612	0,611	0,609	0,607	0,605	0,603	0,601	0,600
0,55	0,598	0,596	0,594	0,592	0,591	0,589	0,587	0,585	0,583	0,582
0,56	0,580	0,578	0,576	0,574	0,573	0,671	0,569	0,567	0,566	0,564
0,57	0,562	0,560	0,559	0,557	0,555	0,553	0,552	0,550	0,548	0,546
0,58	0,545	0,543	0,541	0,540	0,538	0,536	0,534	0,533	0,531	0,529
0,59	0,528	0,526	0,524	0,523	0,521	0,519	0,518	0,516	0,514	0,512
0,60	0,511	0,509	0,508	0,506	0,504	0,503	0,501	0,499	0,498	0,496
0,61	0,494	0,493	0,491	0,489	0,488	0,486	0,485	0,483	0,481	0,480
0,62	0,478	0,476	0,475	0,473	0,472	0,470	0,468	0,467	0,465	0,464
0,63	0,462	0,460	0,459	0,457	0,456	0,454	0,453	0,451	0,449	0,448
0,64	0,446	0,445	0,443	0,442	0,440	0,439	0,437	0,435	0,434	0,432
0,65	0,431	0,429	0,428	0,426	0,425	0,423	0,422	0,420	0,419	0,417
0,66	0,416	0,414	0,412	0,411	0,409	0,408	0,406	0,405	0,403	0,402
0,67	0,400	0,399	0,397	0,396	0,395	0,393	0,392	0,390	0,389	0,387
0,68	0,386	0,384	0,383	0,381	0,380	0,378	0,377	0,375	0,374	0,373
0,69	0,371	0,370	0,368	0,367	0,365	0,364	0,362	0,361	0,360	0,358
0,70	0,357	0,355	0,354	0,352	0,351	0,350	0,348	0,347	0,345	0,344
0,71	0,342	0,341	0,340	0,338	0,337	0,335	0,334	0,333	0,331	0,330
0,72	0,328	0,327	0,326	0,324	0,323	0,322	9,320	0,319	0,317	0,316
0,73	0,315	0,313	0,312	0,311	0,309	0,308	0,307	0,305	0,304	0,302
0,74	0,301	0,300	0,298	0,397	0,296	0,294	0,293	0,292	0,290	0,289
0,75	0,288	0,286	0,285	0,284	0,282	0,281	0,280	0,278	0,277	0,276
0,76	0,274	0,273	0,272	0,271	0,269	0,268	0,267	0,265	0,264	0,263
0,77	0,261	0,260	0,259	0,257	0,256	0,255	0,254	0,252	0,251	0,250
0,78	0,248	0,247	0,246	0,245	0,243	0,242	0,241	0,240	0,238	0,237
0,79	0,236	0,234	0,233	0,232	0,231	0,229	0,228	0,227	0,226	0,224
0,80	0,223	0,222	0,221	0,219	0,218	0,217	0,216	0,214	0,213	0,212
0,81	0,211	0,209	0,208	0,207	0,206	0,205	0,203	0,202	0,201	0,200
0,82	0,198	0,197	0,196	0,195	0,194	0,192	0,191	0,190	0,189	0,188

Окончание табл. 4П

P	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
0,83	0,186	0,185	0,184	0,183	0,182	0,180	0,179	0,178	0,177	0,176
0,84	0,174	0,173	0,172	0,171	0,170	0,168	0,167	0,166	0,165	0,164
0,85	0,163	0,161	0,160	0,159	0,158	0,157	0,155	0,154	0,153	0,152
0,86	0,151	0,150	0,149	0,147	0,146	0,145	0,144	0,143	0,142	0,140
0,87	0,139	0,138	0,137	0,136	0,135	0,134	0,132	0,131	0,130	0,129
0,88	0,128	0,127	0,126	0,124	0,123	0,122	0,121	0,120	0,119	0,118
0,89	0,117	0,115	0,114	0,113	0,112	0,111	0,110	0,109	0,108	0,106
0,90	0,105	0,104	0,103	0,102	0,101	0,100	0,099	0,098	0,097	0,095
0,91	0,0943	0,0932	0,0921	0,0910	0,0899	0,0888	0,0877	0,0867	0,0856	0,0845
0,92	0,0834	0,0823	0,0812	0,0801	0,0790	0,0780	0,0769	0,0758	0,0747	0,0736
0,93	0,0726	0,0715	0,0704	0,0694	0,0683	0,0672	0,0661	0,0651	0,0640	0,0629
0,94	0,0619	0,0608	0,0598	0,0587	0,0576	0,0568	0,0555	0,0545	0,0534	0,0524
0,95	0,0513	0,0502	0,0492	0,0481	0,0471	0,0460	0,0450	0,0440	0,0429	0,0419
0,96	0,0408	0,0398	0,0387	0,0377	0,0367	0,0356	0,0346	0,0336	0,0325	0,0315
0,97	0,0305	0,0294	0,0284	0,0274	0,0263	0,0253	0,0243	0,0233	0,0222	0,0212
0,98	0,0202	0,0192	0,0182	0,0172	0,0161	0,0151	0,0141	0,0131	0,0121	0,0111
0,99	0,0100	0,0090	0,0080	0,0070	0,0060	0,0050	0,0040	0,0030	0,0020	0,0010

При решении многих задач надежности с применением экспоненциального закона требуется определить квантили этого закона. Для облегчения вычислительных процедур в табл. 4П приведены значения квантили Z_P , отвечающей вероятности P по уравнению $P = e^{-Z_P}$.

Пример. При испытаниях 100 невосстанавливаемых изделий в течение 1000 часов получено 18 отказов. Найти интенсивность отказов.

Решение. Для опытной вероятности безотказной работы имеем

$$P_{\text{ОП}}(1000) = 1 - \frac{18}{100} = 0{,}82 .$$

Из уравнений $P(t) = e^{-\lambda t}$ и $P = e^{-Z_P}$ следует, что $\lambda t = Z_P$.

Из табл. 4П для P = 0,82 находим Z_P = 0,198. Поэтому, так как t = 1000 ч, λ = $0{,}198/1000 = 1{,}98 \cdot 10^{-4}$ 1/час.

Пример. Средняя наработка изделия до отказа $\overline{T}$ = 10 000 ч. Найти наработку t_α, отвечающую вероятности α = 0,90.

Решение. По уравнению $t_\alpha = Z_\alpha \overline{T}$ и табл. 4П находим

$$t_\alpha = 0{,}105 \cdot 10\,000 = 1050 \text{ часов}.$$

Литература

1. *Бусленко Н.П.* Метод статистического моделирования. - М.: Статистика, 1970. - 112 с.
2. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. - М.: Знание, 1976. - 66 с.
3. *Митропольский А.К.* Техника статистических вычислений. - М.: Физматгиз, 1961. - 480 с.
4. *Соболь И.М.* Метод Монте-Карло. - М.: Наука, 1968. - 64 с.
5. *Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е.* Характеристики надежности электрооборудования на основе предельных теорем вероятностей // Вестник МГАУ. «Агроинженерия. Электротехнологии, электрификация и автоматизация сельского хозяйства». - М.:МГАУ, 2013. - Вып. 1(57). С. 7-12.
6. *Сырых Н.Н., Кабдин Н.Е.* Применение метода Монте-Карло при определении надежности электрооборудования // Вестник МГАУ. «Агроинженерия. Электротехнологии, электрификация и автоматизация сельского хозяйства». - М.: МГАУ, 2013. - Вып. 2(58). С. 7-10.
7. *Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И.* Таблицы для анализа и контроля надежности. - М.: Советское радио, 1976. - 286 с.

Сведения об авторах:

Сырых Николай Николаевич - доктор технических наук, профессор. ВИЭСХ, г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

Кабдин Николай Егорович - кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой, Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия, e-mail: nekabne45@yandex.ru

RANDOM NUMBERS:
ACQUIRING AND USE FOR SOLVING PROBLEMS CONNECTED WITH ELECTRICAL EQUIPMENT RELIABILITY

N. Syrykh, N. Kabdin

The paper considers the process of evaluating random quantities using the normal and exponential distribution law by mapping (sampling) the values of «standard» random quantities distributed evenly in the interval from 0 to 1 to implement the method of statistical testing (Monte Carlo method).

The obtained results provide for making representative samples in experimental testing of electrical equipment reliability and modelling (predicting) of non-Markovian random processes.

Keywords: random variables, statistical sets (elections), reliability laws, modeling.

Autors:

Syrykh N. - D. Sc. (Engineering), professor,
e-mail: viesh@dol.ru,
All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Kabdin N. - Ph. D. (Engineering), associate professor,
e-mail: nekabne45@yandex.ru,
Institute of mechanics and power of V.P. Goryachkin RGAU –MSHA, name K.A Timiryazeva, Moscow, Russia.

УДК 631.371

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ю.С. Борисов
Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия

Обобщаются результаты многолетних исследований автора экономических ущербов от отказов электрооборудования на различных технологических процессах молочных ферм, предприятий по откорму крупного рогатого скота и свиней, теплиц. Даются сведения о разработанной инженерной методике расчета этих ущербов.

Ключевые слова: *экономический ущерб, электрооборудование, отказ, сельскохозяйственное предприятие, методика.*

Экономически целесообразные мероприятия по сохранению длительной работоспособности электрифицированного оборудования в сельскохозяйственном производстве, оценка эффективности новой и действующей техники, формирование страховых резервов производственной мощности, запасов материальных, трудовых и финансовых ресурсов, выработка норм и стандартов на продукцию или услуги, эксплуатацию и ремонт, контроль договорных обязательств, подсчет штрафов, пени и неустоек во взаимоотношениях организаций и предприятий и другие задачи обсновываются технико-экономическими расчетами, в которых одним из основных показателей является размер возможного экономического ущерба от отказов электротехнических изделий (ЭТИ), в первую очередь электродвигателей.

Величина ущерба зависит от целого комплекса по разному налагающихся друг на друга обстоятельств и условий (надежность элементов системы, колебания производственной нагрузки, климатические факторы, квалификация и добросовестность персонала, попадание отказа в ту или иную стадию технологического процесса, его длительность, степень загруженности резервов, время восстановлениия системы и др.). Она носит вероятностный характер, что требует сбора весьма обширного статистического материала по ряду параметров.

Автору данной статьи в 80-е годы прошлого столетия было поручено разработать инженерную методику расчета экономического ущерба от выхода из строя электрооборудования и координация действий соисполнителей по единой программе. Статистическая информация собиралась в течение ряда лет в Московской, Смоленской, Ленинградской, Ростовской, Челябинской, Новосибирской, Иркутской, Киевской, Владимирской, Харьковской, Запорожской, Минской, Тамбовской областях, в Прибалтике. Она получена из журналов зоотехнических и регистрации надоев, привесов, реализации продукции, перерывов электроснабжения, отказов ЭТИ, затрат на лечение животных, прейскурантов, отечественных и зарубежных литературных источников, обобщения исследований специализированных организаций (ветеринарной академии, зоостанций и др.), наблюдений и замеров непосредственно на сельскохозяйственных объектах.

Методика основана на принятой в то время плановой системе хозяйствования, благодаря которой в стране действовали единые правила и свод нормативов по надоям молока, привесам откармливаемого скота и птицы, по длительности их хозяйственного использования, по рационам и режимам кормления разных возрастных групп, по количеству появляющегося потомства, по срокам службы оборудования, по всевозможным отчислениям, по объемам фондов запасных частей, материалов и резервных ЭТИ, по периодичностям обслуживания и ремонта, по затратам на лечение животных при том или ином заболевании и др. Определены в натуральном и денежном выражении наиболее вероятные численные удельные значения различных составляющих общего ущерба, применимые во всех регионах страны.

Экономический ущерб рассчитывается как для конкретного предприятия или хозяйства (хозяйственный ущерб), так и усредненный с позиции интересов больших административных регионов и географических зон, вплоть до страны в целом (народнохозяйственный ущерб). В первом случае используются зональные

(местные) закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию, во втором – кадастровые цены, представляющие собой централизованно устанавливаемый и утверждаемый Минсельхозом (Госагропромом) при согласовании с Госпланом на 5…10 лет норматив предельно допустимых с народнохозяйственной точки зрения приведенных затрат на прирост выпуска соответствующей продукции (приведенные затраты на производство продукции в наихудших природных и общественно-необходимых условиях массового товарного производства).

Общий (суммарный) ущерб при выходе из строя электрооборудования включает несколько составляющих, из которых решающими являются технологический и обусловленный процедурами с отказавшими ЭТИ. Технологический ущерб возникает за счет недополучения полноценной продукции, издержек на лечение животных и птицы, затрат на ручное выполнение работ по частичному восполнению продукции, потерь из-за снижения продуктивности в течение определенного периода после восстановления отказа, убытков вследствие гибели или преждевременной выбраковки животных, птицы или растений в теплицах, срыва планового количества потомства за нормативный срок хозяйственного использования коров, свиней и других животных, порчи или невозвратимой потери сырья и полуфабрикатов, выхода продукции бракованной или пониженного качества. В случае внеплановой выбраковки или гибели коров, птицы, откармливаемого крупного рогатого скота и свиней возникает ущерб из-за недополучения молока и продуктов из него, мяса, шерсти, кожи, приплода, медицинских компонентов (например, субстанций для гематогена). Он определяется разностью между плановым количеством продукции за весь период хозяйственного использования и фактически полученным к моменту выбраковки или гибели. Данный показатель отнесен к приведенным затратам. Необходимость в таком приведении обусловлена тем, что эту составляющую технологического ущерба в дальнейшем складывают с ущербом, вызванным снижением продуктивности остальных животных при тех же произведенных затратах (в рассматриваемом отказе).

Выведены формулы для расчета приведенной недополученной продукции на предприятиях молочных, по откорму крупного рогатого скота и свиней с учетом возрастного состава, продуктивности, числа лактаций или рождения потомства. Построены графики зависимости доли затрат на содержание животных того или иного вида и возраста до их выбраковки (гибели) в разное время по отношению к затратам на содержание в течение планового срока их использования. Поскольку затраты разновременны, они были приведены к одному году, т.е. к моменту выбраковки или гибели животных. Рассчитаны накопленные за тот или иной период ущербы как в натуральном, так и денежном выражении для объектов с разным поголовьем скота той или иной возрастной группы и производительности. В случае гибели животных учитывался ущерб от недополученного мяса, т.к. мясо погибших животных употреблять в пищу запрещается. Если часть мяса погибших животных после соответствующей обработки используется на корм скоту или птице, то она вычитается из общего объема недополученной продукции. От животного получают непосредственно мяса в среднем 45% от его живого веса. Недополученная продукция приводится к произведенным затратам, т.к. после гибели или выбраковки животных затраты на их содержание прекращаются.

Технологический ущерб на молочных фермах и комплексах подробно рассмотрен в [1]. У них основная выходная продукция – молоко, которое по ГОСТ 13264-70 после выдаивания фильтруют и охлаждают, лишь в особых случаях по согласованию с заготовителями и органами санитарного и ветеринарного контроля допускается его сдавать без охлаждения в течение 1 часа после доения. В зависимости от физико-химических и микробиологических показателей молоко подразделяют на сорта 1-й, 2-й и несортовое. Цены дифференцированы по зонам страны. Их анализ показал, что при ухудшении качества молока и переходе его из категории 1-го сорта «охлажденное» во 2-й производитель несет убытки, составляющие, в среднем, 9,5% от закупочной цены молока 1-го сорта, а при переходе из 1-го сорта в несортовое - 22,5%. Совместно с ЦНИПТИМЭЖ (г. Запорожье) проведены на молочных комплексах эксперименты, в которых имитировались отказы холодильной машины в разные периоды процесса дойки, а также спустя то или иное время после ее окончания [2]. По их результатам составлена справочная таблица количества поступающего за 1 час на охлаждение молока при двух- и трехразовой дойке в зависимости от количества выдаиваемых коров с различными индивидуальными среднесуточными удоями. Построены графики взаимосвязи допустимой длительности хране-

ния молока и соотношения накопленного в резервуаре-охладителе объема при разной температуре содержащегося в нем молока.

Затраты на содержание и выращивание скота на мясо определяются, главным образом, стоимостью кормов. По мере роста животного рацион меняется. При расчетах за основу взяты плановые нормы кормления животных разного возраста, выраженные в кормовых единицах, учитывалось также, что стоимость одного и того же корма, входящего в рацион, в различных зонах страны неодинакова. Вычислялись доли затрат за разные периоды содержания скота. В зависимости от возраста, индивидуальных особенностей вида, назначения и живой массы откармливаемых свиней или крупного рогатого скота животным полагается разное количество кормовых единиц. Поскольку на выращивание крупного рогатого скота и содержание свиноматок затрачивается более года (затраты должны быть учтены с нулевого цикла) принимался в расчет возраст погибшего и выбракованного животного и, следовательно, по-разному приводились разновременные затраты к расчетному году (времени гибели или вынужденной выбраковки). Затраты на содержание и откорм поросят-отъемышей, ремонтного и откармливаемого молодняка, поросят-сосунов не подлежат приведению к расчетному году, т.к. производятся в пределах одного года.

Выведены формулы для определения приведенного объема недополученного мяса, соотношения затрат до момента отказа ЭТИ и полным плановым (до момента планового направления скота на убой), технологического ущерба, обусловленного снижением привеса откармливаемого поголовья из-за нарушения условий кормления, поения, и ухудшения параметров микроклимата при разной длительности перерывов. Построены графики для процентных долей затрат и размера недополученной продукции при преждевременной гибели или выбраковке свиноматок (приплода) и откармливаемых поросят и свиней разного возраста по отношению ко всей сумме за весь нормированный период их жизни [3]. Составлены справочные таблицы средних значений в расчете на одну голову крупного рогатого скота процентного снижения привеса от среднесуточного планового на каждый час простоя технологических процессов сверх допустимой длительности, которая обоснована нами в процессе исследований [4]. Ввиду того, что на здоровье и привесы поросят весьма существенно влияет микроклимат, особенно температура, выполнены расчеты ее изменения в типовых помещениях размещения животных при отказах разного количества тепловентиляционного оборудования в летний, зимний и переходные периоды, построены соответствующие графики и определено время, в течение которого температура и относительная влажность достигают недопустимого предела [4].

Разработана универсальная номограмма, позволяющая почти без расчетов определить технологические ущербы разного характера [5]. В квадрантах прямоугольной системы координат с равномерными шкалами содержатся от 18 до 28 кривых, которые соответствуют: в 1-м квадранте – процентной доле удельного недовыпуска основной (итоговой) продукции (средней доле теряемой основной продукции от среднесуточного объема в результате часового простоя оборудования сверх допустимой длительности) в 1…10%, во 2-м квадранте – разности в 0,1…6 час между длительностями простоя оборудования фактической и максимально допустимой при одном отказе ЭТИ, в 3-м – стоимость единицы полноценной основной продукции (молока, мяса и др.) от 25 до 600 руб./ц (в советских деньгах), в 4-м – доли от 0 до 0,9 погибших или выбракованных животных от общего поголовья обслуживаемого стада. Ущерб от недополученной или невозвратимой ее потери определяется по графикам квадрантов 1 и 2, от реализации продукции пониженного качества – 3-го и 4-го квадрантов, от гибели животных и от недополученного потомства – 3-го квадранта.

Совместно с МИИСП исследованы потери от выхода из строя электрифицированной техники на предприятиях защищенного грунта [6]. В них очень ответственной операцией является поддержание требуемого микроклимата и светового режима. Растения на разных этапах своего развития требуют определенной температуры и влажности. В тепличных хозяйствах применяют зональные культурообороты, разработанные с учетом фотосинтетически активной радиации в теплицах и количества часов солнечного света. Районы страны для того или иного культурооборота разделены на семь световых зон, для которых посев, посадка, выращивание и сбор урожая даже одной и той же культуры осуществляется в разные периоды года. Кроме того, для каждой зоны приняты разные очередности выращивания различных культур на одной площади. Наибольший ущерб наносит гибель растений, при этом он возрастает по мере приближения развития к периоду плодоношения. В нескольких теплицах характерной световой зоны в течение нескольких лет проведены

наблюдения и эксперименты, определены объемы недополученных огурцов, томатов, белокочанной и цветной капусты, редиса, лука, петрушки, салата и сельдерея при разной доле отказавшего тепловентиляционного оборудования для температуры наружного воздуха от 0 до -40°С и различной длительности отказа. Построены графики удельной доли недополученных овощей в зависимости от стадии их развития, доли погибающих растений в увязке с продолжительностью отказов установок микроклимата, изменения температуры воздуха блочных теплиц от длительности отказа той или иной доли указанного оборудования.

Экономический ущерб, вызванный внеплановыми ремонтами ЭТИ или преждевременным его списанием и расходом дополнительных финансовых средств на восстановление работоспособности рабочей машины или технологической линии рассчитывается по-разному в зависимости от характера проводимых работ с отказавшим электрооборудованием [7]:

- заменяться на такое же новое или отремонтированное, либо бывшее ранее в эксплуатации, а само направлено в ремонт либо в металлолом с предварительным извлечением из него исправных элементов для пополнения фонда запасных частей;

- подвергнуться ремонту на месте установки, либо в условиях ремонтного цеха или предприятия и вернуться на прежнее рабочее место.

Во всех случаях учитываются отчисления на амортизацию и реновацию, остаточная стоимость отказавшего и резервного ЭТИ, транспортные расходы, ликвидные стоимости, фактические сроки службы до отказа и на отказ (между ремонтами), количество ремонтов, цены запасных частей и материалов, прейскуранты на новые ЭТИ и их ремонт, стоимость монтажно-демонтажных работ с учетом всех наценок. Все ежегодные отчисления и разновременные эатраты приводятся к году, в котором произошел отказ ЭТИ. Учитывается стоимость ЭТИ в периоды эксплуатации, ремонта или пребывания на складе (»омертвление капитала»). Началом отсчета времени принят год выпуска ЭТИ заводом-изготовителем (указывается в паспортной табличке на его корпусе). При выводе формул принято условие, что отчисления на капитальный ремонт накапливаются за период между соседними ремонтами и полученная сумма расходуется при очередном ремонте (количество таких ремонтов, например, электродвигателей составляло 2…4 за срок их «жизни»).

Составляющая общего экономического ущерба, обусловленная заменой или ремонтом отказавших ЭТИ, для которых нормами не предусмотрены ежегодные отчисления на предстоящий ремонт, исчисляется стоимостью использованных запасных частей и материалов (при ремонте) или прейскурантной ценой (при замене на новое такое же), затрат на доставку и демонтаж-монтаж. Все издержки относят к себестоимости продукции. Такой подход осуществлен в отношении пускозащитной и регулирующей аппаратуры разных наименований, серий и типов, средств автоматизации технологических процессов. Для этой аппаратуры составлены таблицы рассматриваемого ущерба в денежном выражении советских времен.

Итогом всей работы выступают утвержденные Госагропромом СССР и массово изданные по его инициативе рекомендации по определению экономического ущерба от выхода из строя электрооборудования в сельском хозяйстве [8]. В них изложен порядок инженерного с применением калькулятора расчета основных составляющих экономического ущерба и его суммарного значения на один отказ ЭТИ разного типа на той или иной технологической линии (процессе), конкретного суммарного годового и среднегодового ущерба по предприятиям разного назначения и типа, содержатся формулы с разъяснениями по их использованию и справочные таблицы удельного недовыпуска продукции и допустимых длительностей перерыва в технологических процессах на предприятиях молочных, по откорму крупного рогатого скота и свиней, а также теплиц, объемов недополученной продукции (из расчета на одну голову в натуральном выражении) при гибели или преждевременной выбраковке коров, свиноматок, откармливаемого скота, расходов при замене неожиданно отказавшего электрооборудования на новое или ранее отремонтированное и направлением его в капитальный ремонт либо списание, народнохозяйственного ущерба из расчета на одно необслуженное животное и на один отказ ЭТИ на различных технологических процессах предприятий того или иного назначения и размера.

Приведены примеры разных вариантов расчета ущерба. Справочный материал, содержащий финансовую информацию советских времен, в настоящее время может быть использован при его корректировке по правилам пересчета курсов современной и советской отечественной валюты, установленным руководящи-

ми финансовыми органами России. Составление новых кадастровых цен по стране близится к завершению. Полученные в ходе исследований и расчетов технологические ущербы в натуральном выражении (центнеры молока и мяса, голов приплода и т.д.) напрямую применимы в современных условиях хозяйствования. В случае отказа ЭТИ на конкретных предприятиях хозяйственный ущерб рассчитывается, исходя из действующих местных закупочных цен, расценок и тарифов. Методика изложена в форме, понятной сельским работникам любой квалификации.

Литература

1. *Борисов Ю.С., Левашов В.Г.* Оценка ущерба от нарушения режима содержания коров при отказе электрооборудования // НТБ по электрификации сельского хозяйства. - М.: ВИЭСХ, 1986. - Вып.2(57). - С. 62-67.
2. *Борисов Ю.С., Левашов В.Г., Райченко О.Е., Цыбульская Л.И.* Оценка ущерба от отказов электрооборудования линии первичной обработки молока // НТБ по электрификации сельского хозяйства. – М.: ВИЭСХ, 1986. - Вып. 3(58). - С. 39-46.
3. *Борисов Ю.С., Левашов В.Г.* Оценка технологического ущерба от отказов электрооборудования на свиноводческих предприятиях // НТБ по электрификации сельского хозяйства. – М.: ВИЭСХ, 1987. - Вып. 3(61). С. 3-8.
4. *Борисов Ю.С., Левашов В.Г.* Оценка ущерба от отказов электрооборудования на предприятиях откорма крупного рогатого скота // НТБ по электрификации сельского хозяйства. – М.: ВИЭСХ, 1987. - Вып. 2(60). - С. 53-58.
5. *Борисов Ю.С.* Оценка ущерба от отказов электрооборудования на животноводческих предприятиях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1988. - № 4. - С. 37-40.
6. *Борисов Ю.С., Левашов В.Г., Козлов Ю.А.* Оценка ущерба от отказов электрооборудования в теплицах //НТБ по электрификации сельского хозяйства. – М.: ВИЭСХ, 1987. - Вып. 1(59). - С. 16-23.
7. *Борисов Ю.С., Левашов В.Г.* Определение экономического ущерба, обусловленного заменами и ремонтами электрооборудования // Совершенствование методов использования электротехнического и теплотехнического оборудования в животноводстве. Научные труды. – М.: ВИЭСХ, 1985. - Т. 65. - С. 26-38.
8. *Борисов Ю.С., Сырых Н.Н.* Рекомендации по экономической оценке ущербов, наносимых сельскохозяйственному производству отказами электрооборудования. - М.: АгроНИИТЭИИТО, 1987. - С. 33.

Сведения об авторе:

Борисов Юрий Семенович - кандидат технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), Москва, Россия,
e-mail: viesh@dol.ru

DEFINING OF ECONOMICAL LOSSES DUE TO FAILURES OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN AGRICULTURE

Yu. Borisov

The article presents the generalized results of long term investigation of economical losses and damages due to failures of electrical equipment in agricultural production.

Keywords: damage, economical loss, electrical equipment, failure, investigation, agriculture.

Author:

Borisov Yu. – Ph.D. (Engineering),
e-mail: nalios@mail.ru
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

УДК 631.371

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА НА СОВРЕМЕННЫХ ФЕРМАХ

П.А. Никитенков, Т.Н. Платохина
Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Смоленск, Россия

Рассматриваются энергоэкономические показатели производства молока на фермах привязного и беспривязного содержания коров, построенных с учётом новых технологических требований к выполнению основных производственных операций. Показано, что снижение основных удельных показателей производства молока с увеличением размера (вместимости) ферм позволяет считать целесообразным сооружение более крупных производств.

Ключевые слова: *молоко, показатели, производство.*

Современное состояние производства молока отличается большим разнообразием. В эксплуатации наряду с современными крупными фермами и комплексами находится значительное количество мелких и средних ферм, производительность труда на которых в 2-3 раза ниже. В целом, молочная отрасль характеризуется невысокой продуктивностью животных, несовершенством применяемых технологий использованием старой техники [1].

В настоящее время разработаны проектные решения молочных ферм, в которых заложены подходы, способствующие более рациональному использованию трудовых, материальных и энергетических ресурсов, что, должно способствовать улучшению энергоэкономических показателей производства молока.

В разрабатываемых проектных решениях ферм предлагается использование животных с высоким генетическим потенциалом; кормление их полнорационными сбалансированными кормами; применение систем идентификации стада, современных доильных установок, холодильной, кормоприготовительной и навозоуборочной техники; сооружение стойловых и подсобных помещений с использованием легких металлических конструкций и современных теплоизолирующих материалов; выполнение требований норм технологического проектирования для поддержания параметров микроклимата; замена стационарных силовых установок на мобильные и т.п.

Реализация указанных выше подходов требует привлечения значительных материальных и денежных затрат, что вызывает необходимость оценки производства молока по таким показателям как приведенные затраты, себестоимость, энергоемкость, затраты труда.

В связи с тем, что в научной литературе недостаточно отражены энергетические, экономические и технологические показатели, нами сделана попытка дать дополнительную их оценку на основе исследования ряда проектов ферм с различным поголовьем и способами содержания животных.

Таблица 1

Основные показатели производства молока для ферм привязного (числитель) и беспривязного (знаменатель) содержания

Показатель	Размер ферм, гол.					
	50	**100**	**200**	**400**	**600**	**1200**
Энергоемкость, ГДЖ/т	27,3 27,1	25,6 24,1	22,5 21,8	20,9 -	- 20,9	- 20,6
Капитальные затраты, тыс. руб./т	35,1 75,5	43,9* 58,5	23,4 56,7	24,2 -	- 26,8	- 20,4
Себестоимость молока, тыс. руб./т	22,3 23,5	21,1** 20,8	19 19,4	18 -	- 18,2	- 17,8
Приведенные затраты, тыс. руб./т	27,6 34,9	27,7 29,6	22,5 27,9	21,7 -	- 22,2	- 20,9
Трудозатраты, чел.·ч/т	66,7 66,7	40 33,3	25 16,7	16,7 -	- 7,8	- 7,5
Масса оборудования, кг/т	44 53,3	32 34,4	18 23,9	16 -	- 17,8	- 13,8

Примечание. * проект фермы включает в себя стойловые помещения для телят. ** при расчете себестоимости не учитывались издержки на содержание телят.

Таблица 2

Аппроксимирующие выражения энергоэкономических показателей

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Удельные капитальные затраты	К=20+1000/N	К=20+4500/(N+30)
Себестоимость	С=17+4000/N	С=16,5+4000/N
Приведенные затраты	П=21+300/N	П=22+1000/(N+25)
Энергоемкость	Э=20+500/N	Э=19+500/N+N/1000
Удельные трудозатраты	Т=10+3000/N	Т=4+3000/N
Удельная масса оборудования	М=10+2000/N	М=13+2500/N+N/50

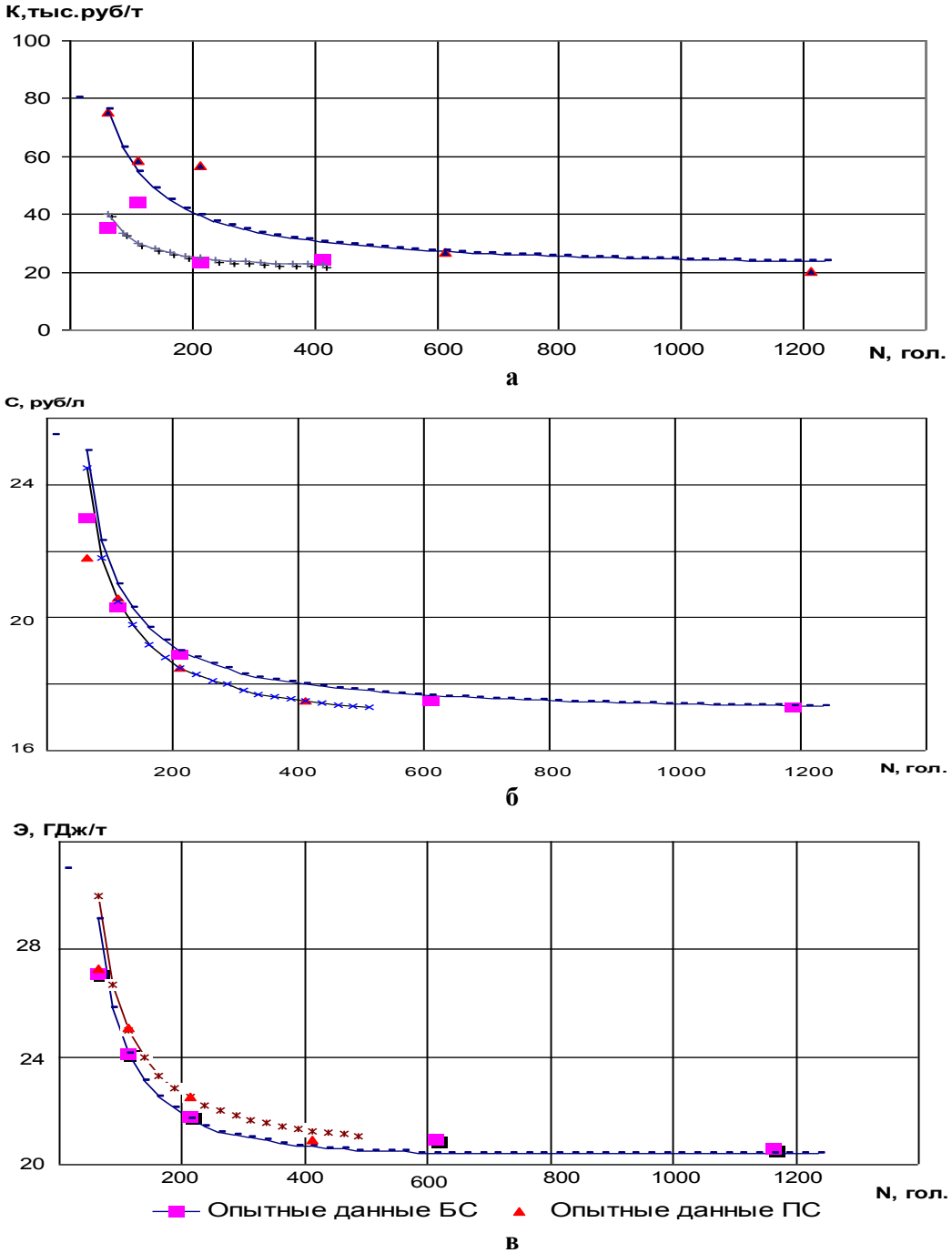


Рис. 1. Зависимости капитальных затрат (а), себестоимости (б) и энергоемкости производства молока (в) от вместимости ферм и способа содержания животных

В качестве объектов, подлежащих изучению, приняты фермы на 50, 100, 200, 600, 1200 голов беспривязного и 50, 100, 200 голов привязного содержания [2].

В таблицах 1 и 2 соответственно для привязного и беспривязного содержания коров представлены основные энергоэкономические удельные показатели производства молока для рассмотренных ферм, на основании которых получены аппроксимирующие выражения.

На рис. 1 представлена зависимость капитальных затрат себестоимости и энергоемкости производства молока от указанных выше факторов. Анализ полученных результатов показывает, что зависимость показателей производства молока от размера ферм и способов содержания коров не имеет оптимума и изменяется по экспоненте. С увеличением вместимости зависимость ослабевает, и кривые асимптотически приближаются к некоторому пределу, определяемому используемыми технологиями.

Капитальные затраты при беспривязном содержании имеют более высокое значение, чем при привязном за счет использования современных доильных залов и систем идентификации, что предопределяет более высокую себестоимость молока при этом варианте содержания коров. Энергоемкость производства молока практически не зависит от способа содержания, так как определяется, в основном, потреблением корма.

Выводы

1. Снижение основных удельных показателей производства молока с увеличением размера (вместимости) ферм позволяет считать целесообразным сооружение более крупных производств.

2. Наиболее ощутимое влияние способ содержания животных оказывает на показатели трудозатрат.

Литература

1. *Морозов Н.М.* Основные направления повышения энергоэффективности в животноводстве // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 7-й междунар. науч.-технич. конференции, 18-19 мая 2010 г. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. - Ч. 1. - С. 40-49.
2. «Молоконт» - завод молочного оборудования. Фермы. Сетевой адрес: http://www.molokont.ru.

Сведения об авторах:

Никитенков Павел Афанасьевич - кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Смоленский НИИСХ, г. Смоленск, Россия, e-mail: smniish-mh@yandex.ru.

Платохина Татьяна Николаевна - кандидат технических наук, Смоленский НИИСХ, г. Смоленск, Россия, e-mail: smniish-mh@yandex.ru.

ANALYSIS OF INDICATORS OF MILK PRODUCTION ON MODERN FARM

P. Nikitenkov, T. Platokhina

Energy and economic indicators of milk production in premises with different content of cows built with new technological requirements to perform basic manufacturing operations are considered. It is shown, that the basic energy and economic indicators of milk production are lower in the larger dairy farms. Therefore, the construction of large dairy farms more profitable.

Keywords: milk, indicators, production.

Authors:

P. Nikitenkov - Ph.D. (Engineering), senior research associate,
e-mail: smniish-mh@yandex.ru,
«Smolensk NIISH», Smolensk, Russia.
T. Platokhina - Ph.D. (Engineering),
e-mail: smniish-mh@yandex.ru,
«Smolensk NIISH», Smolensk, Russia.

УДК 636:591.1

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ПРОМЕЖНОСТИ КОРОВЫ

Ю.Г. Иванов, В.А. Голубятников, Г.П. Дюльгер, М.С. Сидоренко
Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Рассматриваются электронно-технические средства дистанционного мониторинга функциональной деятельности органов промежности коровы. Приводится прототип системы с результатами экспериментальных исследований.

Ключевые слова: *средства дистанционного мониторинга функциональной деятельности органов промежности коровы; система определения начала отела; датчик родов; нарушение дефекации; нарушение деуринации; диспепсия.*

Введение. Важным резервом повышения эффективности производства молока является применение прецизионных технологий, направленных на реализацию генетического потенциала каждого отельного животного [1-3].

В РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на кафедрах «Автоматизация и механизации животноводства» и «Зоогигиена, акушерство и ветеринария» проводятся исследования по созданию микропроцессорной системы контроля функциональной деятельности органов промежности телят и коров [4, 5].

Система предназначена для автоматического дистанционного контроля и оповещения персонала о проявлениях диспепсии новорожденных телят, вызываемых проблемами пищеварительной системы в адаптационный период, о моменте начале родов коров для оказания своевременной помощи, о нарушениях дефекации и деуринации, вызываемых переходом с одного типа кормления на другой, низким качеством кормов или стрессами.

Предпосылки. Одним из индикаторов состояния функциональной деятельности органов промежности коров являются феномены, происходящие с хвостом. Их характер может говорить о моменте начала родов, частоте, продолжительности и времени дефекации и деуринации.

На молочной ферме зоостанции университета проведены экспериментальные исследования. При визуальном наблюдения установлено, что характер движения и положения хвоста животных имеет вполне определенные закономерности при дефекации, деуринации, родах и отличается от характера его движения при отпугивании насекомых. Мышцы хвоста поднимают его, при этом он становится напряженным и приобретает дугообразную форму, сохраняющуюся определенное время. При родах в положении лежа хвост может быть повернут в сторону.

Можно принять с некоторыми допущениями, что положение хвоста животного во время явлений дефекации и деуринации совпадает с положением хвоста животного во время родового акта. Это позволяет предположить, что явления, происходящие с хвостом во время родов, будут подобны явлениям, происходящим с хвостом во время дефекации и деуринации. При этом математические выражения, описывающие процессы, происходящие с хвостом во время дефекации и деуринации, будут описывать и процессы, происходящие с хвостом животного во время родов, с точностью до множителей – коэффициентов, отражающих масштаб явлений.

Для проведения экспериментальных исследований разработан датчик (рис. 1), позволяющий регистрировать положение хвоста животного и представить его в виде электрического сигнала, изменяющегося во времени.

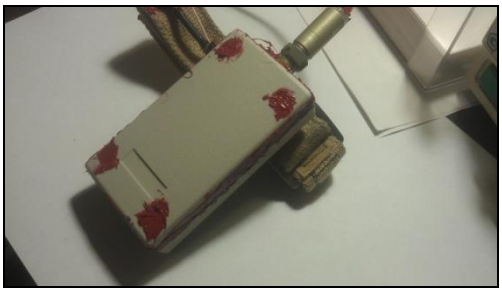


Рис. 1. Датчик регистрации положения хвоста животного

На рис. 2 представлена электрическая функциональная схема датчика регистрации положения хвоста животного. Датчик состоит

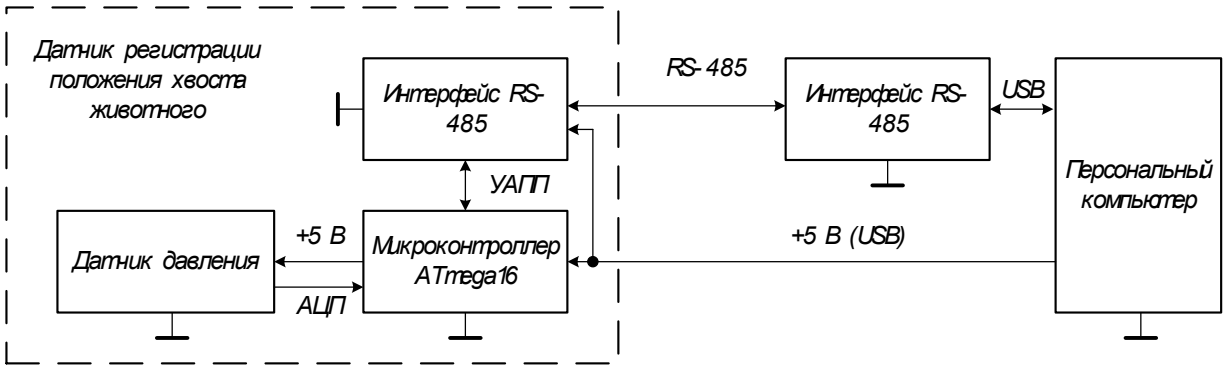


Рис. 2. Схема микропроцессорной системы дистанционного мониторинга функциональной деятельности органов промежности коровы

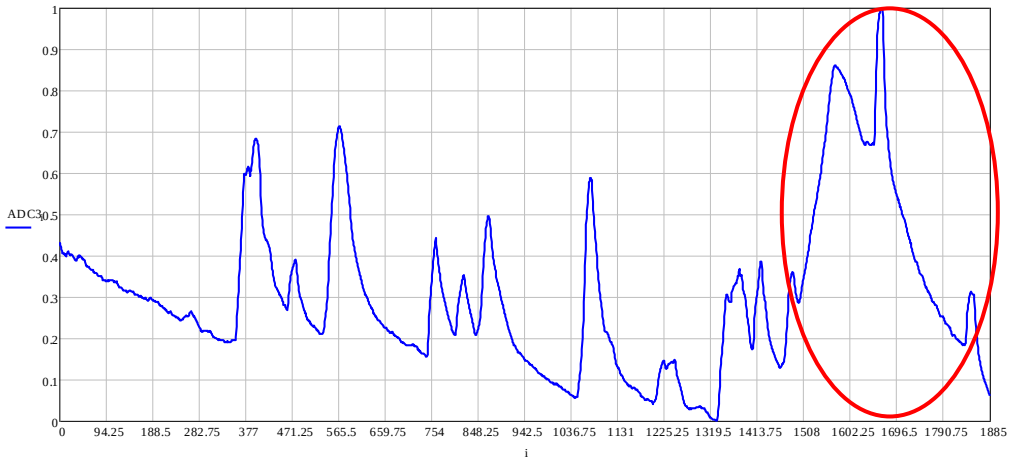


Рис. 3. Временная диаграмма процесса дефекации (выделено красным), режим - 8 Гц

из трех основных узлов: 1 - промышленный интерфейс RS-485, осуществляет передачу сигнала о положении хвоста животного от датчика к программе обработки и визуализации, устанавливаемой на персональном компьютере. Сигнал от датчика проходит через устройство преобразования интерфейсов RS-485-USB, так как бытовой персональный компьютер не имеет промышленного интерфейса RS-485; 2 – 8-разрядный микроконтроллер ATmega16, осуществляющий 10-битное аналого-цифровое преобразование электрического сигнала, изменяющегося во времени, который характеризует положение хвоста животного. Оцифрованный сигнал микроконтроллер передает через универсальный асинхронный приемо-передатчик микросхеме промышленного интерфейса RS-485; 3 - датчик давления, осуществляющий преобразование мышечного тонуса хвоста животного в электрический сигнал, изменяющийся во времени, характеризующий положение хвоста.

Эксперимент. При проведении эксперимента осуществлялась видеозапись, которая синхронизировалась с выходным сигналом датчика. С помощью специального приспособления на хвосте исследуемого животного прикреплялся датчик, регистрирующий поведение хвоста в реальном масштабе времени и передающий актуальные данные в персональный компьютер по интерфейсу RS-485. Запись видеопотока и потока данных о состоянии хвоста животного осуществлялась с незначительными задержками, вызванными реакцией оборудования, сохраняющего информацию.

Датчик эксплуатировался в двух режимах, отличающихся частотой генерирования данных о состоянии хвоста животного: 8 и 16 Гц. В режиме 8 Гц было зафиксировано по одному явлению дефекации и деуринации, а в режиме 16 Гц было зафиксировано два явления деуринации. Сопоставление видеозаписи и данных датчика показало полную адекватность фиксируемых датчиком явлений. Анализ пиков, провалов, углов наклона графика состояния хвоста, построенного на основании данных, полученных с датчика и представленных в виде временной зависимости, позволяет однозначно, с несущественной задержкой, вызванной временем реакции оборудования и математической обработкой данных, определить время начала и окончания процесса дефекации и деуринации. На рис. 3

представлена временная диаграмма с зафиксированным явлением дефекации животного. По оси абсцисс отложены номера выборок, по оси ординат отложены значения данных, нормированные на максимальное значение.

Результаты. Из рис. 3 видно, что явление дефекации четко различимо на временной диаграмме, что позволяет автоматизировать обнаружение этого события и, как следствие, разработать цифровые фильтры обнаружения отклонений в функциональной деятельности органов промежности коровы. Наличие данных отклонений может свидетельствовать, например, о заболеваниях пищеварительной и мочеполовой систем, а также дистоции. Для автоматического обнаружения процесса дефекации и деуринации следует применить специализированный цифровой фильтр (далее - «СЦФ»), настроенный на эти процессы. На рис. 4 приведен результат применения СЦФ к случаю, представленному на рис. 3. Хорошо видно, что примененный датчик и СЦФ надежно и своевременно детектируют явление дефекации, а явления, не представляющие интерес (корова машет хвостом, отгоняет насекомых и т.п.), подавляет. В процессе работы датчика мы располагаем только полученными ранее и текущим оцифрованным значением сигнала. В этом случае целесообразно использовать причинный фильтр, где время – независимая переменная и реакция фильтра возможна только на прошедшие значения (причины). Для компенсации фазового сдвига нами были использованы четыре фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр) описываемые общим выражением (1):

$$y_n = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k u_{n-k}, \qquad (1)$$

где u_n – входные данные, c_k – постоянные фильтра, y_n – выходные сигналы.

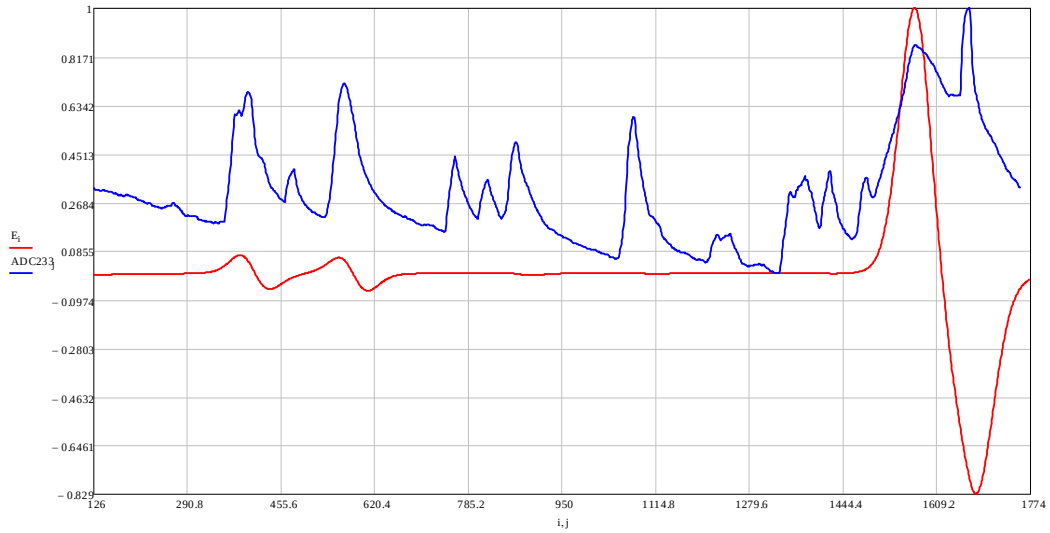


Рис. 4. Временная диаграмма потока данных с датчика состояния хвоста (режим – 8 Гц) – синий цвет, поступающих на вход СЦФ, и временная диаграмма данных на выходе СЦФ (красный цвет)

Коэффициенты фильтра c_k предполагаются постоянными в течение большей части времени, соответственно СЦФ является инвариантным во времени.

Для каждого фильтра было использовано 64-х точечное сглаживание, что отражено в (2):

$$y_n = \frac{1}{64}\sum_{k=0}^{63} u_{n-k}. \qquad (2)$$

Пройдя через четыре фильтра (2), полученные сигналы становятся входными данными дифференциального фильтра четвертого порядка (3):

$$y_n = -(y_n - y_{n-1})(y_n)^4. \qquad (3)$$

Далее сигналы с выхода (3) нормируются на максимальное значение сигнала ансамбля (4):

$$y_n = \frac{y_n}{\max(y)}. \qquad (4)$$

Заключение

Анализ экспериментальных данных видеоматериалов, записанных на цифровую камеру, совмещенных с синхронно полученными и обработанными с помощью специализированных цифровых фильтров сигналами датчика положения хвоста животных показывают, что применение микропроцессорной системы контроля функциональной деятельности органов промежности коровы обеспечивает регистрацию событий наступления родов, дефекации, деуринации и продолжительность этих событий. При-

менение фильтров позволяет исключить влияние сигналов от датчика при размахивании хвоста и отпугивании насекомых. Разработанная система может быть использована для мониторинга функциональной деятельности органов промежности коровы.

Литература

1. *Иванов Ю.Г., Викторов А.И.* Радиотехнический метод определения местонахождения животных и определения половой охоты коров и телок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2005. - №4. - С. 9-11.
2. *Иванов Ю.Г.* Радиотехническая система управления адресным обслуживанием животных // Известия ТСХА. - 2005. - №1. - С. 67-69.
3. *Иванов Ю.Г., Абрашин А.А.* Обоснование параметров электротехнической системы выявления половой охоты коров // Вестник ФГБОУ МГАУ. Сер. Агроинженерия. - 2012. - №2. - С. 23-27.
4. Патент РФ № 134782. Система определения на начала отела / Иванов Ю.Г., Голубятников В.А., Дюльгер Г.П., Сидоренко М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева // БИ. 2013. № 33.
5. *Голубятников В.А., Иванов Ю.Г., Сидоренко М.С.* Первичные электронно-технические средства для определения родового акта коровы // Материалы Всероссийской конференции студентов, аспирантов и ученых с международным участием «Основные направления развития техники и технологии в АПК, легкой и пищевой промышленности» (13 декабря 2012г., г. Княгинино, НГИЭИ). Княгинино: НГИЭИ, 2013. - С.188-193.

Сведения об авторах

Иванов Юрий Григорьевич - доктор технических наук; заведующий кафедрой автоматизации и механизации животноводства; РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия; e-mail: iy.electro@timacad.ru.

Голубятников Вадим Александрович - ведущий электроник кафедры электроники и наноэлектроники; Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (МИЭМ НИУ ВШЭ); г. Москва, Россия; e-mail: vad.golub@mail.ru.

Дюльгер Георгий Петрович - доктор ветеринарных наук; заведующий кафедрой зоогигиены акушерства и ветеринарии; РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия, e-mail: dulger@timacad.ru.

Сидоренко Михаил Сергеевич - аспирант кафедры автоматизации и механизации животноводства; РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия; e-mail: mikes.sidorenko@gmail.com.

MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM FUNCTIONAL ACTIVITY OF COWS CROTCH

Yu. Ivanov, V. Golubyatnikov, G. Dyulger, M. Sidorenko

This paper discusses the electronic - equipment remote monitoring of functional activity of the perineum cows. We present a prototype system with the experimental results. Important reserve for increasing the efficiency of milk production is the use of precision technologies aimed at realizing the genetic potential of hotel each animal.

In RGAU - ICCA named after KA Timirjazeva departments on «Automation and mechanization of livestock» and «zoohygiene, Veterinary obstetrics and» carried out research on the development of microprocessor control system functional activity of the perineum calves and cows.

The system is designed for automated remote monitoring and alert personnel manifestations dyspepsia newborn calves caused by problems of the digestive system in the period of adjustment of the moment of the onset of labor cows for timely assistance. Abuse and defecation deurinatsii caused by the transition from one type to another feeding, low quality feed or stress.

Keywords: tools for remote monitoring of functional activity of the perineum cows; system for determining the beginning of calving; sensor childbirth; violation of defecation; deurinatsii violation; dyspepsia.

Authors:

Yu. Ivanov – Doctor of Engineering;
e-mail: iy.electro@timacad.ru
RGAU - ICCA named after KA Timirjazeva, Moscow, Russia.
V. Golubyatnikov – leading researcher;
e-mail: vad.golub@mail.ru;
Moscow Institute of Electronics and Mathematics, National Research University «Higher School of Economics» (MIEM HSE), Moscow, Russia.
G. Dyulger – Doctor of Veterinary Medicine;
e-mail: dulger@timacad.ru;
RGAU - ICCA named after KA Timirjazeva, Moscow, Russia.
M. Sidorenko – graduate student;
e-mail: mikes.sidorenko@gmail.com;
RGAU - ICCA named after KA Timirjazeva, Moscow, Russia.

УДК 636.082.231:636.22/28:618.19-002

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

О.Б. Филиппова, В.И. Доровских, Е.И. Кийко
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия

Теоретически установлена взаимосвязь режимных параметров доильного аппарата и показателей функциональных свойств вымени животных, обеспечивающая оптимальный режим доения. Экспериментально изучено влияние режимов доения на интенсивность молоковыведения, установлен характер изменения показателей молокоотдачи животных в течение периода лактации. Обоснован принцип тестирования животных и формирования базы данных системы управления.

Ключевые слова: *доильная установка, система управления, качество процесса доения, скорость потока молоковыведения.*

Введение

Известно, что в процессе молоковыведения участвуют доильный аппарат и корова. Характер взаимодействия этих элементов биотехнической системы определяется их параметрами, с одной стороны отсасывающей способностью доильного аппарата, а с другой - функциональными свойствами вымени животных. Основной недостаток современных автоматизированных доильных систем заключается в том, что собранная и находящаяся в базе данных информация не используется в алгоритмах управления процессом молоковыведения. Средняя интенсивность молоковыведения по стаду при их использовании может колебаться в пределах 1-5 л/мин, время доения от 2 до 15 минут. В результате чего животные не раздаиваются, и уровень использования их генетического потенциала не превышает 70-75% [1, 2]. При разработке и реализации новых моделей доильных установок необходимо учитывать физиологичность рабочих органов и режимов доения, осуществлять непрерывный контроль сопряженных технологических процессов [3, 4].

Чтобы адаптировать режимные параметры доильного аппарата к функциональным особенностям вымени животных в данный период лактации, необходимо теоретически и экспериментально установить взаимосвязь режимных параметров и показателей функциональных свойств вымени животных, обосновать принцип тестирования животных и формирования базы данных системы управления.

Методы исследования

Одним из вариантов оценки отсасывающей способности доильного аппарата и взаимосвязи параметров доения является метод регистрации интенсивности молокоотдачи в процессе машинного доения животных и определению параметров молокоотдачи [5,6,7]. Регулярный мониторинг основных параметров доения, а также анализ их изменений в зависимости от стадии лактации, позволяет выявить физиологические особенности каждой коровы. К числу стойких наследственных признаков, имеющих значение для машинного доения, относится тугодойность и скорость отдачи молока. Причиной тугодойности коров может быть узость соскового канала, строение сфинктера, а также характер нервной системы животного[8].

Результаты исследований и их обсуждение

Первая часть исследований проводилась на коровах симментальской породы, доение которых осуществлялось на линейной доильной установке двухрежимными аппаратами. Рабочий вакуум 48 кПа, пониженный вакуум в начале и конце доения - 32 кПа. Соотношение тактов менялось на трех уровнях: 42:58; 60:40 и 70:30. Переход с пониженного вакуума на рабочий осуществлялся при интенсивности молоковыведения 200 и 600 мл/мин. На рис. 1-4 представлены графики молоковыведения коровы с максимальной интенсивностью молокоотдачи 2,5-3,0 л/мин.

На рис. 1 показан процесс молоковыведения в номинальном режиме с соотношением тактов 60:40 и переходом на основной режим при интенсивности молокоотдачи 200 мл/мин. Максимальная интенсивность молоковыведения составила 3,0 л/мин., время выведения основной порции молока (до резкого снижения) около 5 минут, удой 12 литров.

Переход на режим пониженной отсасывающей способности (рис. 2) привел к снижению максимальной интенсивности молоковыведения до 2,0 л/мин, время выведения молока увеличилось до 9,5 минут, а удой снизился до 10,5 литров.

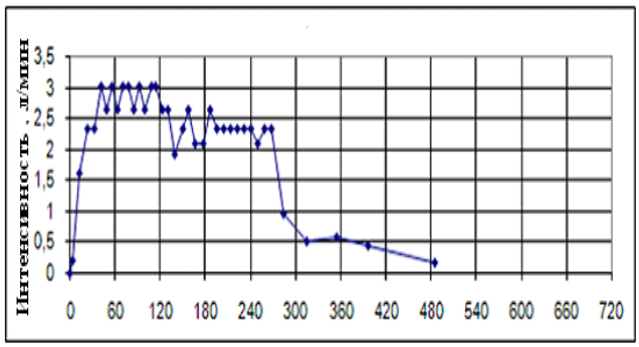


Рис. 1. Номинальный режим с соотношением тактов 60:40 и переходом на основной режим при интенсивности молокоотдачи 200 мл/мин

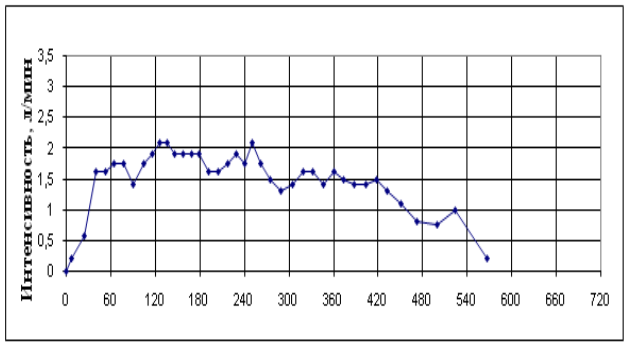


Рис. 2. Режим пониженной отсасывающей способности с соотношением тактов 42:58

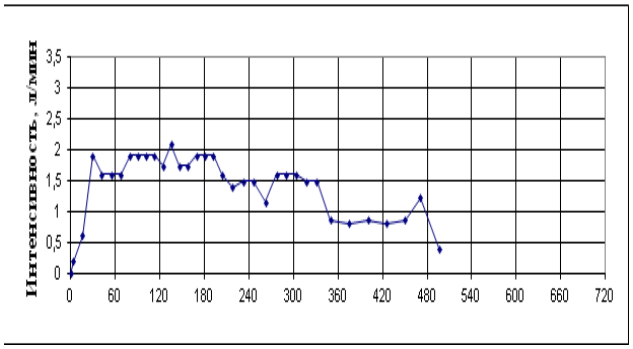


Рис. 3. Режим повышенной отсасывающей способности с соотношением тактов 70:30

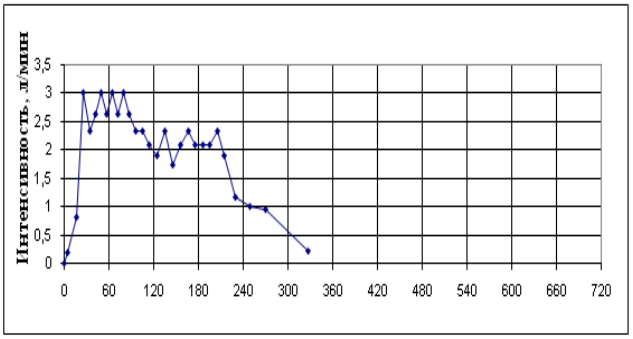


Рис. 4. Режим повышенной отсасывающей способности с соотношением тактов 70:30 и переходом на основной режим при интенсивности молокоотдачи 600 мл/мин

Доение той же коровы в режиме повышенной отсасывающей способности (рис. 3) не привело к увеличению максимальной интенсивности молоковыведения, а по сравнению с номинальным режимом она даже снизилась до 1,8 л/мин, продолжительность выведения молока составило 6,5 минут, а удой - 10,5 литров.

Доение с повышенной отсасывающей способностью, но переходом с пониженного вакуума на основной режим при более высокой интенсивности молокоотдачи (рис. 4) обеспечило интенсивность молоковыведения - 3,0 л/мин и время выведения основной порции молока около четырех минут.

Ответная реакция коров с различными функциональными свойствами вымени и продуктивностью на изменение режимов доения была в основном такой же. При этом было установлено, что у легкодойных коров с максимальной интенсивностью молокоотдачи более 4 л/мин. применение режима пониженной отсасывающей способности не снижает, а в отдельных случаях увеличивает интенсивность молоковыведения. Увеличение такта сосания при доении таких коров приводит к значительному снижению интенсивности молокоотдачи и увеличению времени доения. Для тугодойных коров целесообразно использовать режим повышенной отсасывающей способности с переходом на него при более высокой интенсивности молоковыведения.

Изучение влияния современных автоматизированных доильных аппаратов на физиологическое состояние вымени проведено на коровах черно-пестрой породы. С помощью компьютерной программы «ALPRO» осуществлялся ежемесячный мониторинг основных параметров доения. После детального исследования лактационных кривых, продуктивности, графиков среднего и максимального потоков молоковыведения, средней продолжительности доения, а также характера изменения этих параметров мы разделили животных на группы по степени тугодойности.

Установлено, что около 7% всех коров в стаде являются тугодойными, процесс раздаивания у них проходит крайне медленно. У некоторых животных средняя интенсивность молоковыведения практически не менялась на протяжении всей лактации и оставалась ниже 1 л/мин, а продолжительность доильной сессии составляла 8-10 минут и больше. Почти 10%

Рис. 5. График первой лактации легкодойной коровы № 23. Средний и максимальный поток: 1,8-2,5 и 2,9-4,0 л/мин., после 240 дня: 1,5-1,7 и 2,7-2,8 л/мин. соответственно

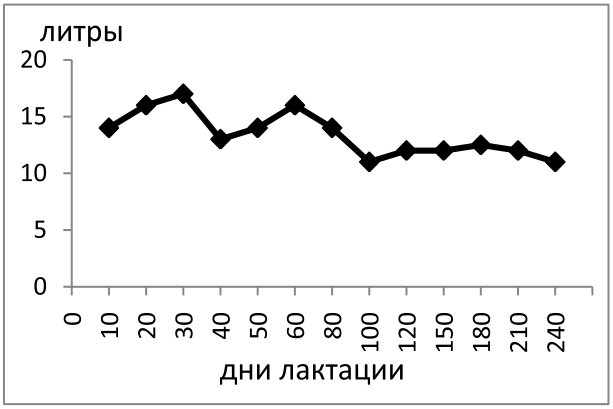


Рис. 6. График второй лактации коровы № 23. Средний и максимальный поток: 1,0-2,4 и 2,8-4,0 л/мин., после 90 дня: 1,0-2,1 и 2,8-3,0 л/мин. соответственно

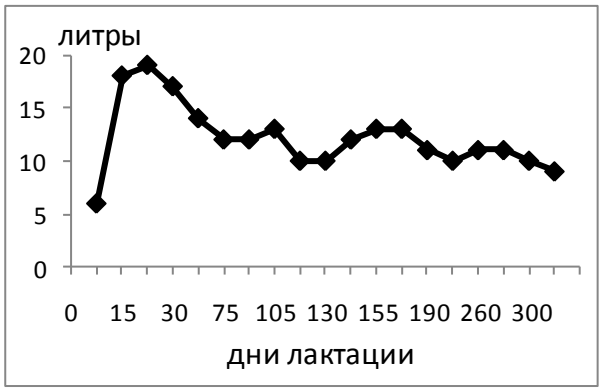


Рис. 7. График первой лактации тугодойной коровы № 74. Средний и максимальный поток: 0,6-0,9 и 0,9-1,4 л/мин., после 180 дня: 0,7-1,1 и 1,2-1,7 л/мин. соответственно

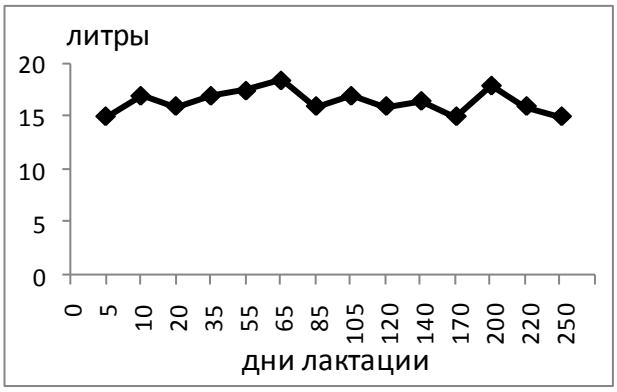


Рис. 8. График второй лактации коровы № 74. Значения потока молоковыведения стабильны и находятся в тех же пределах, что и в первой лактации: 0,7-1,0 и 1,4-1,7 л/мин.

Рис. 9. График первой лактации коровы № 134 с нормальными параметрами доения. Средний и максимальный поток: 1,0-1,8 и 1,5-2,6 л/мин., после 200 дня: 1,0-1,7 и 1,5-2,4 л/мин. соответственно

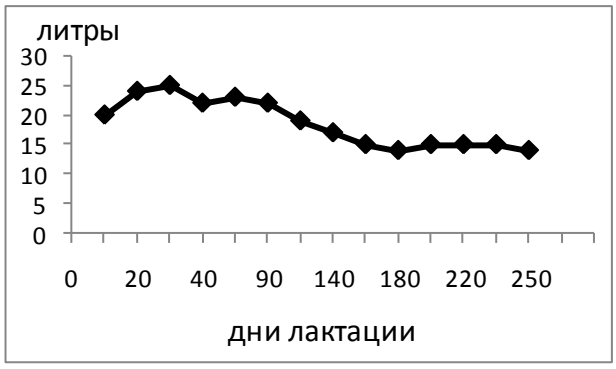


Рис. 10. График второй лактации коровы № 134. Средний и максимальный поток стабилен до 7 месяцев: 1,0-1,8 и 2,0-2,6 л/мин., после 210 дня: 1,0-1,5 и 1,5-2,2 л/мин. соответственно

коров из стада мы отнесли к легкодойному типу, у которых особенно легко изменяется средняя интенсивность молоковыведения и варьирует от 1,8 до 5 л/мин, а продолжительность доения остается на одном уровне и не превышает 2-3 минуты даже у самых продуктивных (со среднесуточным удоем 25-30 л).

После анализа второй лактации мы выявили, что в разных группах коров прослеживаются определенные тенденции в характере лактационных кривых и потока молоковыведения. На рис. 5 и 6 представлены графики лактации коровы из группы легкодойных. Продолжительность доения 2-3 минуты, поток молоковыведения достигал максимальных значений в пик лактации и оставался в этих пределах до конца периода. Однако перенесенные заболевания маститом оказали снижающее влияние на продуктивность.

На рис. 7 и 8 представлены графики лактации коровы из группы тугодойных, для которых характерен низкий поток молоковыведения на протяжении всей лактации, продолжительность доильной сессии составляла 7-11 минут. На рис. 9 и 10 представлены графики лактаций коровы с нормальными параметрами доения. Здесь так же можно говорить о стабильности потока молоковыведения до 6-7 месяцев от начала лактации при продолжительности доения 3-5 минут.

Заключение

Выполненный анализ функциональных показателей вымени показал, что в течение 250-270 дней лактации интенсивность молоковыведения у здоровых коров стабильна и может использоваться в качестве основного параметра при разработке и функционировании алгоритма управления отсасывающей способностью доильного аппарата.

Для коров переболевших маститом и находящихся на заключительной стадии лактации алгоритм управления должен предусматривать пониженный уровень отсасывающей способности доильного аппарата в зависимости от значения текущей продуктивности.

Как легкодойность, так и тугодойность требуют корректировки параметров работы доильной аппаратуры. Сведение влияния человеческого фактора на процесс доения к минимуму, целенаправленная селекция молочных коров и одновременное улучшение конструкции и эксплуатации доильных машин принесут значительные достижения в этом направлении.

Литература

1. *Доровских В.И., Филиппова О.Б., Кийко Е.И.* Управление параметрами доильного оборудования в зависимости от физиологических особенностей коров // Материали за VIII международна научна практична конференция «Бъдещето въпросы от света на науката» 17-25 декември, 2012. Т. 35. География и геология. Селско стопанство. Ветеринарна наука. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД С. 42-46.
2. *Филиппова О.Б., Кийко Е.И.* К проблеме выбраковки коров про степени пригодности к машинному доению / Главный зоотехник. 2013. № 5. С. 14-17.
3. *Китиков В.О., Дашков В.Н.* Совершенствование методологии обоснования технологий и машин для молочного животноводства / Сб. докл. Межд. науч.-практ. конф. Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Ч. 2. Минск, БГТАУ, 2011. С. 16-21.
4. *Доровских В.И., Доровских Д.В.* Измерение отсасывающей способности доильных аппаратов // Наука в центральной России. 2013. №6. С. 21-27.
5. *Усенков И., Усенкова В., Тузов И.* Скорость молокоотдачи – важный признак // Животноводство России. 2012. №1. С. 41-42.
6. *Карташов Л.П., Макаровская З.В.* О проектировании физиологичной доильной техники с точки зрения открытых систем / Сб. науч. тр. Россельхозакадемии. Казань, 2002; XI-й Междун. симпозиум по машинному доению коров. Казань, 2003. С. 23-36.
7. *Доровских В.И., Дейнега А.П.* Оптимизация процесса молоковыведения при доении коров в стойлах // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2008. №2. Т. 18. С. 123-128.
8. *Филиппова О.Б., Кийко Е.И., Радоманский В.М.* Новое техническое решение для снижения заболеваемости коров маститом // Наука в центральной России. 2013. № 6. С. 4-7.

Сведения об авторах:

Филиппова Ольга Борисовна - кандидат биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Доровских Владимир Иванович - кандидат технических наук**,** ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Кийко Елена Ильинична - кандидат биологических наук, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MILKING EQUIPMENT

O. Filippova, E. Kiyko, V. Dorovskikh

The interrelation of regime parameters of the milking machine and indicators of functional properties of an udder of the animals, providing an optimum mode of milking is theoretically established. Influence of modes of milking on intensity of removal of milk is experimentally studied, nature of change of these indicators during the lactation period is discussed. The principle of testing of cows and formation of a database of a control system is reasonable.

Keywords: milking machine, control system, quality of process of milking, speed of removal of milk.

Authors:

Filippova O. - Ph. D. (Biology),
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute of use equipment and oil products of the RAS, Tambov, Russia

Dorovskikh V. - Ph. D. (Engineering),
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute of use equipment and oil products of the RAS, Tambov, Russia

Kiyko E. - Ph. D. (Biology),
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute of use equipment and oil products of the RAS, Tambov, Russia

УДК 621.43:629.114.2:62

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЕЛИОЭЛЕКТРОВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

А.М. Шувалов[1], А.Н. Машков[1], В.Ф. Калинин[2]
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия
[2]Таимбовский Государственный Технический Университет (ТГТУ), г. Тамбов, Россия

Приведен расчет тепловых процессов в гелиоэлектроводонагревательной системе с саморегулированием мощности. Рассмотрена разработанная установка, состоящая из модулей солнечных коллекторов и электроводонагревателя с саморегулированием мощности на базе полупроводниковых нагревательных элементов.

Ключевые слова: *гелиоэлектронагреватель, саморегулируемая система нагрева воды, солнечная, электрическая энергия, тепловой баланс.*

Сегодня наступает эпоха, когда эффективное освоение практически неисчерпаемых, экологически чистых возобновляемых источников энергии становится насущной необходимостью не только для стран зарубежья, но и для России. Особенно важно их применение в сельской местности, в связи с тем, что потребители энергии весьма рассредоточены и часто удалены от систем централизованного энергоснабжения [1, 2, 3].

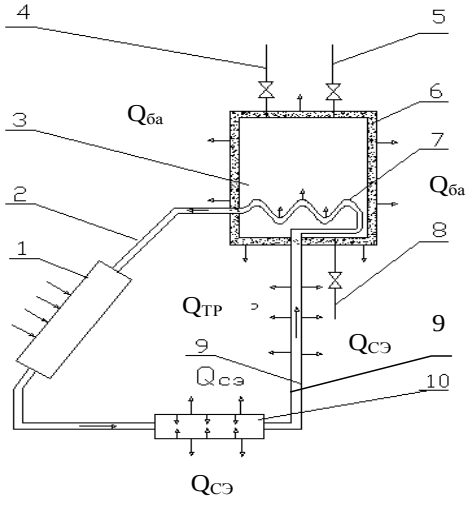


Рис. 1. Гелиоэлектроводонагреватель: 1 – солнечный коллектор; 2 - вводной трубопровод; 3 - бак-аккумулятор; 4 – патрубок; 5 - водоспускной кран; 6 – изоляция; 7 – теплообменник; 8 - подпиточный патрубок; 9 - выводной трубопровод; 10 - саморегулируемый электронагреватель

Потребление энергии на сельскохозяйственных объектах осуществляется независимо от времени года, погодных условий (зимой или летом, солнечные или пасмурные дни), и ежесуточно потребляется электрическая или тепловая энергия. В условиях всеобщего экономического кризиса высокая цена на энергоносители заставляет производственников наиболее экономно использовать электрическую энергию, так как она существенно влияет на экономику сельскохозяйственного производства. В связи с этим возникает потребность в применении эффективных технических средств и их режимов, в частности для горячего водоснабжения целесообразно использование комбинированных установок, которые будут осуществлять нагрев воды как электрической, так и солнечной энергией [4, 5, 6].

Для этих целей разработана установка (рис. 1), состоящая из модулей солнечных коллекторов и электроводонагревателя с саморегулированием мощности [7] на базе полупроводниковых нагревательных элементов (ПНЭ).

Установка построена таким образом, что в период интенсивного солнечного излучения вода в солнечных коллекторах нагревается до заданной температуры, и при поступлении нагретой воды в электронагреватель он работает в режиме «холостого хода», то есть потребляет минимальное количество электроэнергии. В ночное время для утреннего разбора горячей воды, а также в облачные дни вода из солнечного коллектора поступает в электронагреватель холодной. Мощность ПНЭ максимальна и происходит разогрев их до заданной температуры.

Рассмотрим тепловые процессы при нагреве воды в гелиоэлектроводонагревателе. Составим уравнение теплового баланса для

нагревателя. Суммарный тепловой поток, поступающий в нагреватель, складывается из теплового потока от солнечного коллектора и от саморегулируемого электронагревателя:

$$dQ = dQ_{СК} + dQ_{СЭ}. \quad (1)$$

Мощность солнечного коллектора, с учетом его собственных потерь, определяется [8]:

$$\frac{dQ_{СК}}{d\tau} = F_{СК} \cdot \left[I_к \cdot \eta_0 - \alpha_к \cdot (T_{ВХСК} - T_{ВОЗД}) \right], \quad (2)$$

где $F_{СК}$ – площадь поверхности солнечного коллектора, м^2; $I_к$ –плотность потока солнечной радиации, поступающей на поверхность коллектора, Вт/м^2; η_0 – эффективный оптический КПД коллектора; $\alpha_к$ – коэффициент теплоотдачи через стенки коллектора, Вт/м^2·К; $T_{ВХСК}$ – температура на входе в солнечный коллектор °С; $T_{ВОЗД}$ – температура наружного воздуха, °С.

Суммарный тепловой поток, отдаваемый саморегулируемым электронагревателем, с учетом его собственных потерь равен:

$$\frac{dQ_{СЭ}}{d\tau} = P_{СЭ} - \sum Q_{ПОТ\,i} = \frac{nU^2}{R(t_{НЭ})} - \sum Q_{ПОТ\,СЭi}, \quad (3)$$

где n – количество параллельно соединенных НЭ, U – фазное напряжение питающей сети, В; $R(t_{нэ})$ – сопротивление НЭ в функции его температуры, Ом.

Генерируемый тепловой поток расходуется на нагрев воды в баке-аккумуляторе ($Q_В$), нагрев бака-аккумулятора ($Q_{Ме}$), компенсацию тепловых потерь через стенки бака-аккумулятора ($Q_{БА}$) и трубопроводов ($Q_{ТРi}$).

Потребляемые тепловые потоки гелионагревательной системой:

$$dQ = dQ_В + dQ_{Ме} + dQ_{БА} + \sum dQ_{ТРi}. \quad (4)$$

Нагрев технологической воды:

$$dQ_В = c_В \cdot m_В \cdot dT_В, \quad (5)$$

где $c_В$ – удельная теплоемкость воды при температуре $T_В$, Вт/(кг· К); $m_В$ – масса воды, кг.

Тепловые потери через стенки бака-аккумулятора определяются по уравнению:

$$dQ_{БА} = \alpha_{БА} \cdot F_{БА} \cdot [T_{БА} - T_{ВОЗД})] d\tau. \quad (6)$$

Тепловые потери в подводящем трубопроводе:

$$dQ_{ТР} = F_{ТР}[\alpha_{ТР1}(T_{ТР1} - T_{ВОЗД}) + \alpha_{ТР2}(T_{ТР2} - T_{ВОЗД})] d\tau, \quad (7)$$

где $\alpha_{ТР1}$, $\alpha_{ТР2}$ – коэффициенты теплоотдачи стенок вводного и выводного трубопроводов соответственно, Вт/(м^2·К); $F_{ТР}$ – площадь поверхности трубопровода, м^2; $T_{ТР1}$, $T_{ТР2}$ – температуры воды на вводном и выводном трубопроводах соответственно, $T_{ВОЗД}$ – температура окружающего воздуха.

Нагрев металлоконструкций бака-аккумулятора:

$$dQ_{МеБА} = c_{БА} \cdot m_{БА} \cdot dT_{БА}, \quad (8)$$

где $c_{БА}$ – удельная теплоемкость материала аккумулирующей емкости при температуре $T_{БА}$, кДж/кг·К; $m_{БА}$ – масса корпуса бака-аккумулятора, кг.

Подставив (1), (2), (3), (5), (6), (7), (8) в (4), получим развернутое уравнение, описывающее тепловые процессы в гелиоэлектроводонагревателе:

$$\begin{aligned} & F_{СК} I_к \eta_0 d\tau + \frac{nU^2}{R(t_{НЭ})} d\tau = \\ & + c_В \cdot m_В \cdot dT_В + c_{БА} m_{БА} dT_{БА} + \\ & + \alpha_{БА} F_{БА} (T_{БА} - T_{ВОЗД}) d\tau + \\ & + F_{ТР}[\alpha_{ТР1}(T_{ТР1} - T_{ВОЗД}) + \\ & + \alpha_{ТР1}(T_{ТР2} - T_{ВОЗД})] d\tau + \\ & + F_{СК} \alpha_к (T_{ВХСК} - T_{ВОЗД}) d\tau + \\ & + \sum dQ_{ПО\,ТСЭi}. \end{aligned} \quad (9)$$

В заключение следует отметить, что полученное уравнение теплового баланса гелиоэлектроводонагревателя может быть использовано для оптимизации его режимов работы и энергетических параметров.

Литература

1. *Шувалов А.М., Машков А.Н., Калинин В.Ф., Набатов К.А.* Многоцелевая энерготехнологическая установка для крестьянских хозяйств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. №5. С. 20- 22.
2. *Машков А.Н.* Многофункциональная энерготехнологическая установка // Сельский механизатор. 2010. № 12. С. 23.
3. *Шувалов А.М., Машков А.Н., Калинин В.Ф., Набатов К.А.* Минимизация мощности аппаратов многоцелевой энерготехнологической установки // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 16-18.
4. *Шувалов А.М., Стребков Д.С., Далько Е.М.* Одним солнцем воды не нагреешь // Сельский механизатор. 2002. № 12. С. 30.
5. *Машков А.Н.* Расчет тепловых процессов саморегулируемой системы энергоподвода к аппаратам

многоцелевого агрегата // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 8-й междунар. науч.-технич. конф. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. Часть 3. С. 207-211.
6. Патент РФ № 2454911. Пищеварочная линия / Шувалов А.М., Зазуля А.Н., Набатов К.А., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии // БИ. 2012. № 19.
7. Патент РФ № 2201559. Гелиоустановка / Стребков Д.С., Шувалов А.М., Клейменов О.А., Данько Е.М. // БИ. 2003. № 9.
8. *Харченко Н.В.* Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

Сведения об авторах:

Шувалов Анатолий Михайлович - доктор технических наук, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Машков Алексей Николаевич - научный сотрудник, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Калинин Вячеслав Фёдорович - доктор технических наук, ТГТУ, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

MATHEMATICAL DESCRIPTION THERMAL PROCESSES IN HELIOELECTROWATER-HEATING SYSTEM

A. Shuvalov, A. Mashkov, V. Kalinin

Calculation of thermal processes is given in helioelectrowater-heating system with power self-regulation. The developed installation consisting of modules of solar collectors and an electrowater heater with self-regulation of power on the basis of semiconductor heating elements is considered.

Keywords: helioelectric heater, self-regulating system of heating of water, solar, electric energy, thermal balance.

Authors:

A. Shuvalov - Doctor of Engineering,
e-mail: vniiti@mail.ru,
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov, Russia.
A. Mashkov - researcher, e-mail: vniiti@mail.ru,
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov, Russia.
V. Kalinin - Doctor of Engineering, e-mail: vniiti@mail.ru,
Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

УДК 631.017.3:621.181

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ САМОРЕГУЛИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОПОДВОДА К ВАРОЧНЫМ АППАРАТАМ

А.М. Шувалов, К.А. Набатов, А.Н. Машков, Д.С. Чернов
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия

Приведены результаты по обоснованию параметров саморегулируемой системы энергоподвода к варочным аппаратам. Варочный аппарат позволяет проводить от одного источника тепла термическую обработку концентрированных кормов, варку корнеклубнеплодов, приготовление пищи, пастеризацию молока, сливок, фруктовых соков, стерилизацию овощной продукции, термическую обработку мясных изделий, получение горячей воды и отопление помещений.

Ключевые слова: *многоцелевой саморегулируемый агрегат, электропарогенератор, пароконденсатопровод.*

Чтобы кардинально изменить техническое оснащение и энергообеспечение крестьянских хозяйств, улучшить условия труда крестьян, сократить трудоемкость выполнения различных технологических процессов при термической обработки различной сельхозпродукции в домашних условиях, значительно снизить количество агрегатов, энергоисточников и затраты на их приобретение и эксплуатацию ГНУ ВНИИТиНом разработан компактный, малогабаритный, многоцелевой агрегат с саморегулируемой системой энергоподвода к каждому его аппарату [1, 2, 3]. Он позволяет проводить от одного источника тепла термическую обработку концентрированных кормов, варку корнеклубнеплодов, приготовление пищи, пастеризацию молока, сливок, фруктовых соков, стерилизацию овощной продукции, термическую обработку мясных изделий, получение горячей воды и отопление помещений [4, 5, 6].

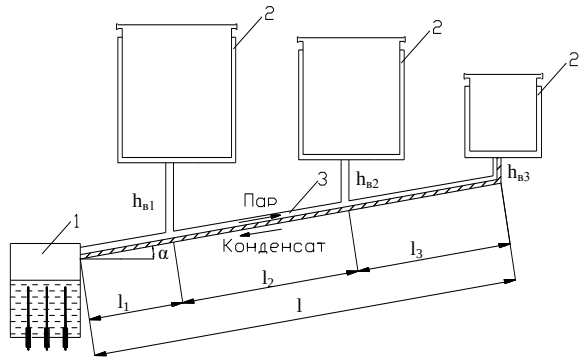


Рис. 1. Система энергоподвода с противоточным движением пара и конденсата: 1 – электропарогенератор; 2 – варочные аппараты; 3 – пароконденсатопровод

В многофункциональном агрегате непременным условием обеспечения саморегулирования тепловых потоков во всех аппаратах без использования дорогостоящих и сложных средств автоматизации является противоточное движение пара и конденсата по одному и тому же пароконденсатопроводу [7, 8] (рис. 1).

При подъемном движении пара и опускном движении конденсата в наклонном пароконденсатопроводе имеет место взаимодействие между ними. В литературе отсутствуют сведения, как определяется сечение и диаметр пароконденсатопровода при встречном движении пара и конденсата и как влияет угол его наклона на эти параметры. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

При значительном расходе пара за счет образования волн на поверхности стекающего конденсата, газовая фаза может увлечь за собой пленку жидкости. При этом жидкость способна полностью поменять направление движения. Это явление получило название «захлебывание».

Максимальный эффект по теплоподводу может быть достигнут, когда встречное движение пара и конденсата будет ближе к расслоенному и исключается режим «захлебывания».

Основными конструктивными параметрами, влияющими на подачу пара и отвод конденсата при встречном движении их в одном и том же пароконденсатопроводе, являются диаметр и уклон пароконденсатопровода. Критерием эффективности теплоподвода к аппаратам принято минимальное время нагрева до кипения содержимого в варочном аппарате.

С учетом ранее проведенных поисковых опытов в многофакторном эксперименте факто-

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

Фактор	Обозначение	Верхний уровень	Нижний уровень
Диаметр трубопровода *d*, дюйм	x_1	3/4	1/4
Уклон к горизонтали α,°	x_2	45	5
Количество заливаемой в электропарогенератор воды *V*, л	x_3	6	4

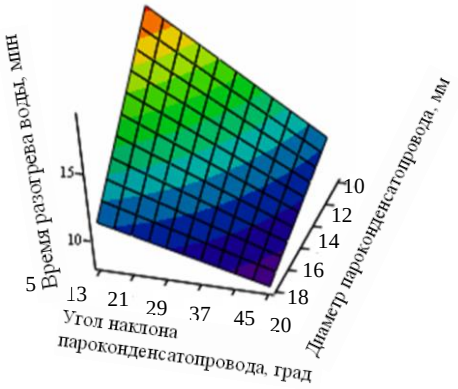


Рис. 2. Изменение времени разогрева воды в аппарате многоцелевого агрегата от уклона к горизонтали и диаметра пароконденсатопровода при объеме воды в электропарогенераторе

Таблица 2

Диаметры пароконденсатопроводов

Объем аппарата, л	Диаметр по результатам исследований	Стандартный диаметр пароконденсатопровода	
	мм	дюйм	мм
60	40	1,5	40
40	36,36	1,5	40
10	22,93	1	25
6	18,71	1	25
4	15,85	3/4	20
2	14,16	3/4	20

рами приняты – диаметр трубопровода d, уклон к горизонтали α, количество заливаемой в электропарогенератор воды V. При этом приняты следующие уровни варьирования факторов (табл. 1).

По результатам исследований и соответствующей обработки опытных данных получено уравнение регрессии в натуральных переменных:

$$y = 1397 - 2{,}75(4d - 2) - 3{,}25\left(\frac{\alpha - 25}{20}\right) - 1{,}49(V - 5) +$$
$$+ 1{,}27(4d - 2)\frac{\alpha - 25}{20} + 0{,}5\frac{\alpha - 25}{20}(V - 5). \quad (1)$$

Проверка полученного уравнения на адекватность проведена по критерию Фишера:

$$F_{\text{расч}} = 0{,}24 \quad F_{\text{табл}} = 3{,}01.$$

Так как $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$, то уравнение регрессии адекватно.

Решая уравнение с использованием программы Mathcad 13.0, получены трехмерные графики изменения времени разогрева воды в аппарате многоцелевого агрегата от уклона к горизонтали и диаметра пароконденсатопровода при различном количестве заливаемой в электропарогенератор воды (рис. 2).

Анализ трехмерных графиков позволил определить, что при угле наклона пароконденсатопровода 5° и диаметре пароконденсатопровода 0,25 дюймов потребуется 19,25 мин. для разогрева воды в аппарате многоцелевого агре-

гата, а при угле наклона пароконденсатопровода 45° и диаметре пароконденсатопровода 0,75 дюймов потребуется 8,25 мин., что на 57% меньше. При этом объеме воды в электропарогенераторе.

Используя выше полученные результаты исследования определены диаметры пароконденсатопровода к каждому аппарату (табл. 2).

Вывод

При проектировании установок подобного типа следует принимать диаметры пароконденсатопроводов для объемных аппаратов не менее 40 мм, а для малообъемных 20-25 мм.

Литература

1. *Шувалов А.М., Машков А.Н., Калинин В.Ф., Набатов К.А.* Многоцелевая энерготехнологическая установка для крестьянских хозяйств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. №5. С. 20- 22.
2. *Машков А.Н.* Многофункциональная энерготехнологическая установка // Сельский механизатор. 2010. № 12. С. 23.
3. Патент РФ №2454911. Пищеварочная линия / Шувалов А.М., Зазуля А.Н., Набатов К.А., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии // БИ. 2012. №19.
4. *Шувалов А.М., Машков А.Н., Калинин В.Ф., Набатов К.А.* Минимизация мощности аппаратов многоцелевой энерготехнологической установки // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 16-18.
5. *Шувалов А.М., Машков А.Н., Зазуля А.Н., Набатов К.А.* Влияние выдержки времени включения варочных аппаратов на мощность электропарогенератора // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Тр. 8-й междунар. науч.-технич. конф. Ч. 3. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. С. 202-207.
6. *Машков А.Н.* Расчет тепловых процессов саморегулируемой системы энергоподвода к аппаратам многоцелевого агрегата // Там же. С. 207-211.
7. *Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А., Милушев Г.М., Чернов Д.С.* Снижение антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои// Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Тр. 8-й междунар. науч.-технич. конф. Ч. 2. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. С. 59-62.
8. *Шувалов А.М., Ивашин А.В.* Математическая модель тепломассообменных процессов саморегулируемого кормоварочного котла на газовом топливе// Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Тр. 8-й междунар. науч.-технич. конф. Ч. 3. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. С. 261-265.

Сведения об авторах:

Шувалов Анатолий Михайлович - доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродутов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Набатов Константин Александрович - кандидат технических наук, ГНУ ВИИТиН РАН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Машков Алексей Николаевич - научный сотрудник, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Чернов Денис Серафимович - аспирант, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF SELF-REGULATING SYSTEM OF THE POWER SUPPLY TO COOKING DEVICES

A. Shuvalov, K. Nabatov, A. Mashkov, D. Chernov

Results on justification of parameters of self-regulating system of a power supply are given to cooking devices. The cooking device allows to carry out from one source of heat heat treatment of the concentrated forages, cooking, pasteurization of milk, cream, fruit juice, sterilization of vegetable production, heat treatment of meat products, receiving hot water and heating of rooms.

Keywords: multi-purpose self-regulating unit, electrosteam generator, steam condenser wire.

Authors:

Shuvalov A. - Doctor of Engineering,
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov, Russia.
Nabatov K. - PhD (Engineering),
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov, Russia.
Mashkov A. - researcher , e-mail: vniiti@mail.ru,
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov, Russia.
Chernov D. - graduate student, e-mail: vniiti@mail.ru,
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov, Russia.

УДК 631.017.3:621.181

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВА ЗЕРНА СОИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АНТИПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

А.М. Шувалов[1], Д.С. Чернов[1], А.Н. Машков[1], В.Ф. Калинин[2]
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия
[2]Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), г. Тамбов, Россия

Рассмотрены преимущества комбинированного электронагрева зерна сои, результаты экспериментов по равномерности прогрева зерна сои при разных режимах обработки.
Ключевые слова: *соя, комбинированный электронагрев, уреаза, равномерность нагрева.*

Одной из ценнейших кормовых культур является соя. В ней содержится 30-45% протеина, до 20% жира. Протеин сои характеризуется высокой растворимостью (до 80%), по этому показателю белок сои близок к животным белкам. Зерно сои богато витаминами A, B, C, D, E, PP, K и минеральными веществами [1, 2, 3].

Однако сою нельзя скармливать в сыром виде, так как в ней содержатся антипитательные вещества, вредные для организма животного. Существуют различные способы обработки сои: инфракрасный нагрев (микронизация), поджаривание, экструдирование, СВЧ-обработка и др. [4-9].

Наибольшее распространение получили инфракрасный нагрев и нагрев от электронагревательной поверхности (поджаривание).

Наиболее эффективным можно считать такой нагрев, при котором температура на оболочке зерна сои и в центре зерна была бы. В этом случае антипитательные вещества удалялись бы одинаково во всем объеме зерна сои. Исследования показали, что мощным потоком лучистой энергии от ИК-излучателей (35 кВт/м^2) можно быстро (90-120 сек) разогреть оболочку сои почти до пригорания (140°С). Однако это не значит, что при таком режиме будет достигнут максимальный эффект по удалению антипитательных веществ, так как из-за тепловой инерционности температура внутри зерна не достигнет величины, при которой уровень антипитательных веществ снизился бы до нормируемых значений.

Вероятность равномерного прогрева внутренней части зерна сои при односторонней подаче теплоты (ИК-нагрев или поджаривание от электронагревательных поверхностей) всегда меньше, чем при двухстороннем комбинированном нагреве сверху и снизу, то есть комбинированный обогрев более предпочтительный для однородного прогрева внутренней части зерна сои, а следовательно, и для более эффективного удаления антипитательных веществ.

Рассмотрим процессы теплопереноса при одностороннем и двухстороннем (снизу и сверху) способах нагрева сои, и определим температуру в центре ее зерна и температурный перепад между температурой оболочки и в центре.

Так как зерно сои – твердое тело, то перенос теплоты с оболочки в центр зерна осуществляется теплопроводностью.

При термической обработке сои осуществляется два процесса переноса теплоты: нестационарный $dt/d\tau \neq 0$ и стационарный $dt/d\tau = 0$.

В данном случае нас интересует стационарный процесс, то есть когда оболочка сои нагрета до заданной температуры и требуется определить, какая же при этом температура в центре зерна.

Примем допущение: в процессе термической обработки коэффициент теплопроводности λ сои постоянный (или среднеинтегральный). Рассмотрим зерно сои как однородное тело толщиной δ и коэффициентом теплопроводности λ.

Если ось X направлена, как показано на рис. 1, то температуру зерна сои в направлении OY и OZ можно принять постоянной:

$$\frac{dt}{dy} = \frac{dt}{dz} = 0.$$

Следовательно, температура будет функцией одной координаты x и дифференциальное уравнение теплопроводности в этом случае имеет вид

$$\frac{d^2t}{dx^2} = 0. \qquad (1)$$

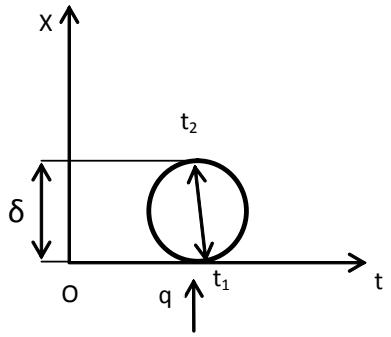


Рис. 1. Расчетная схема переноса теплоты в зерне сои

Зададим следующие граничные условия:

$$\left.\begin{array}{l} \text{при } x = 0 \quad t = t_1 \\ \text{при } x = \delta \quad t = t_2 \end{array}\right\}. \qquad (2)$$

Закон распределения температур по толщине зерна сои найдется в результате двойного интегрирования уравнения (1).

После первого интегрирования получим

$$\frac{dt}{dy} = c_1. \qquad (3)$$

В результате второго интегрирования имеем

$$t = c_1 x + c_2 . \qquad (4)$$

Постоянные c_1 и c_2 в уравнении (4) определяются из граничных условий

$$\text{при } x = 0 \quad t = t_1 \quad \text{и} \quad c_2 = t_1,$$

$$\text{при } x = \delta \quad t = t_2 \quad \text{и} \quad c_1 = -\frac{t_1 - t_2}{\delta}.$$

С учетом значений c_1 и c_2 уравнение (4) принимает вид

$$t = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\delta} x . \qquad (5)$$

По формуле (5) при средней толщине зерна сои 6 мм определена температура в его центре (табл. 1, цифры в скобках).

Кроме того, для уточнения результатов расчетов проведены экспериментальные исследования по нагреву сои с фиксацией температуры на верхней, нижней поверхности и в центре зерна (см. табл. 1).

Результаты расчетов и экспериментальных исследований показали, что при двухстороннем нагреве сои температура в центре зерна при температуре на его поверхности 110-130 °С несущественно отличается от поверхностной температуры, то есть вся масса зерна (в том числе и в центре) прогревается равномерно. Даже при 105 °С внутренняя часть зерна нагревается до 95 °С и если сою с такой температурой темперировать в течение 15 минут, то уровень уреазы не превысит норму [3, 4].

При одностороннем инфракрасном нагреве важно рассмотреть уровень температуры на обогреваемой и необогреваемой поверхности. Как показали опыты (см. табл. 1) разница температуры между обогреваемой и необогреваемой поверхностью достигает 46-52 °С. Неравномерный прогрев внутренней части зерна с температурой необогреваемой поверхности 74-90 °С не позволит снизить уровень уреазы до нормируемых значений. В данном случае снизить уровень уреазы возможно лишь повышением температуры и увеличением времени нагрева зерна. Однако это связано с ухудшением качества обработанной сои и как следствие – снижением ее потребительских свойств.

Таблица 1

Температурный режим при одностороннем и двухстороннем нагреве

Инфракрасный нагрев				**Двухсторонний нагрев**			
τ,с	30	35	40	τ,с	35	40	45
$t_в$	120	130	142	$t_в$	105(105)	115(115)	122(122)
$t_н$	74	80	90	$t_н$	103(103)	110(110)	120(120)
$t_ц$	-	-	-	$t_ц$	95(104)	105(112)	115(117)
$t_в - t_н$	46	50	52	$t_н - t_ц$	8(1)	5(3)	5(3)

Примечание. $t_в$, $t_н$, $t_ц$ – температура верха, низа и центра зерна, °С.

Выводы

Применение двухстороннего нагрева сои позволяет применить щадящий режим (110-120 °С) ее термической обработки с равномерным прогревом наружной и внутренней частей зерна, что позволяет удалять антипитательные вещества при сохранении высокого качества обработанного зерна сои. Кроме того, двухсторонний нагрев позволяет сократить время термической обработки и как следствие этого – повысить производительность установки и уменьшить расход электроэнергии.

Литература

1. *Чернов Д.С.* Поиск наиболее эффективных способов обработки сои для приготовления кормов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сб. науч. докл. XVII Междунар. науч.-практ. конф. 20-21 сентября 2011 г. Тамбов, 2011. С. 399-402.
2. *Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А. и др.* Содержание антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. 16-17 мая 2012 г. В 5-ти частях. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. Ч. 2 «Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике». С. 59-62.
3. *Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А. и др.* Влияние мощности ИК-облучения при микронизации полножирной сои Соер-5 на изменение тестовых показателей в ней // Наука в центральной России. 2013. №1. С. 50-53.
4. *Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А. и др.* Установка для микронизации соевого зерна с применением комбинированного теплоэнергоподвода // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сб. научн. докл. XVII Междунар. науч.-практ. конф. 24-25 сентября 2013 г. Тамбов, 2013. С. 232-236.
5. *Чернов Д.С.* Определение параметров экспериментальной установки для микронизации сои // Инновации в сельском хозяйстве. 2013. №2. С. 49-52.
6. *Шувалов А.М., Калинин В.Ф., Набатов К.А., Машков А.Н.* Минимизация мощности аппаратов многоцелевой энерготехнологической установки // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 16-18.
7. *Машков А.Н.* Расчет тепловых процессов саморегулируемой системы энергоподвода к аппаратам многоцелевого агрегата // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. 16-17 мая 2012 г. В 5-ти частях. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. Ч. 3 «Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике». С. 207-211.
8. *Шувалов А.М., Зазуля А.Н., Набатов К.А., Машков А.Н.* Пищеварочная линия. Патент на изобретение RUS 2454911 28.02.2011.
9. *Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д.* Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. №5. С. 24.

Сведения об авторах:

Шувалов Анатолий Михайлович - доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ГНУ ВИИТиН), г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Чернов Денис Серафимович - аспирант, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

Калинин Вячеслав Фёдорович - доктор технических наук, профессор, Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), г. Тамбов, Россия), e-mail: tstu@admin.tstu.ru

Машков Алексей Николаевич - научный сотрудник, ГНУ ВИИТиН, г. Тамбов, Россия, e-mail: vniiti@mail.ru

PROSPECTS OF COMBINED ELECTRIC HEATING FOR REMOVING SOYBEANS ANTINUTRITIENTS

A. Shuvalov, D. Chernov, V. Kalinin, A. Mashkov

This article discusses the advantages of combined electrical heating soybeans, the results of experiments on the uniform heating of soybean under different processing modes.

Keywords: soy, combined electrical heating, urease, uniform heating.

Authors:

Shuvalov A. - doctor of technical sciences, professor, head of the laboratory «alternative energy sources instead of liquid fuel,
e-mail: vniiti@mail.ru,
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products RAS, Tambov, Russia

Chernov D. - graduate student,
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products RAS, Tambov, Russia

Kalinin V. - TSTU Vice Rector, doctor of technical sciences, professor,
e-mail: tstu@admin.tstu.ru,
Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Mashkov A. - research associate,
e-mail: vniiti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute use of technology and mineral oil products RAS, Tambov, Russia

УДК 621.31:53.02

СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Д.Х. Базиев[1], С.В. Смирнов[2]
[1] Медико-техническая академия при МГТУ имени Баумана, г. Москва, Россия
[2] НПК «Эталон-тест», г. Зеленоград, Россия

В существующей теоретической физике принято, что электрический ток представляет собой направленное движение «электронов проводимости» внутри проводника, при этом вокруг проводника непременно формируется некое магнитное поле.

В рамках Единой теории физики (ЕТФ) показано, что электроны не являются носителями электрического тока, а так называемое магнитное поле вокруг проводника с током и есть сам электрический ток. При этом носителем тока является новая, истинно элементарная частица, электрино, выведенная автором из постоянной Планка.

Ключевые слова: *электрон, электрино, заряд и масса электрино, секториальная скорость электрино, частота обращения, шаг электрино, скорость электрино шаговая, скорость орбитальная.*

Введение. В 1994 г. Д.Х. Базиевым издана книга «Основы единой теории физики» [1], в которой впервые удалось раскрыть физическую суть постоянной Планка *h*:

$$h = \frac{m_\varepsilon \cdot \mu \cdot \sqrt[3]{4\pi/3}}{2} = 6,6262681 \cdot 10^{-34} \frac{кг \cdot м^2}{с} = const \qquad (1)$$

где $m_\varepsilon = 6,85575729963 \cdot 10^{-36}$кг $= const$ - масса новой, истинно элементарной частицы, названной им «электрино», заряд которой оказался положительным и составил ε:

$$\varepsilon = 1,98766431671 \cdot 10^{-27}\, Кл = const \qquad (2)$$

$\mu = 119,916984$ м^2/с $= const$ – постоянная Милликена, названная так в честь замечательного американского экспериментатора, Роберта Милликена, чрезвычайно тонким опытом установившего заряд первой истинно элементарной частицы – электрона, $e = -1,6021892 \cdot 10^{-19}$Кл.

До выхода в свет указанной книги [1], во всём мире считалось, что электрический ток представляет собой направленное движение электронов проводимости внутри проводника, при этом вокруг проводника непременно формируется некое магнитное поле, природу которого никто не знал.

В Главе IV [1, с. 330-416], посвящённой новой, немаксвелловой электродинамике, показано, что в проводниках не существует ни одного электрона проводимости и что электроны вовсе не являются носителями электрического тока, а так называемое магнитное поле вокруг проводника является истинным электрическим током, материальным носителем которого выступает электрино. Также установлено, что электрино является носителем магнитного поля, выступает в роли фотонов во всех видах излучения, а в прямолинейном движении от Солнца и звёзд выступает в роли нейтрино, которое, по мнению его автора В. Паули, лишено и массы, и заряда, что низводит эту частицу до фикции.

В Главе VII [1] убедительно показано, что скорость нейтрино, генерируемых Солнцем, составляет 10^{20} – 10^{23} м/с. В структуре атома на долю электрино приходится 50% по заряду и 99,83% по массе, и выходит, что та теоретическая физика, которая была завершена к 1927 году, была создана в период, когда наука не знала 99,83% материи. Стало быть, при всей талантливости и даже гениальности её создателей, эта теория не могла быть полной и объективной, а электродинамика Джеймса Максвелла к настоящему моменту устарела до такой степени, что называть её теорией электричества у нас не поворачивается язык.

Анализируя явление электромагнитной индукции, Максвелл заключил, что причина

появления ЭДС индукции заключается в возникновении электрического поля, при этом проводники играют второстепенную роль и являются только своего рода прибором, обнаруживающим это поле. Ниже мы покажем, что он заблуждался.

Данная статья посвящена исследованию электрического тока в рамках новой электродинамики на основе результатов, корректно поставленного эксперимента.

Методика опыта и условия его проведения

При проведении данного опыта были использованы следующие измерительные приборы:

1. Источник постоянного тока, аккумулятор фирмы «Эрикссон», с напряжением V=12,3 В; i=8,24 мА – измеренное значение.

2. Осциллограф GDS-820C, двуканальный, f=150 Гц; Число выборок $n=25\cdot10^9$ $с^{-1}$.

3. Генератор импульсов U1-18, с добротностью Q=100, внутренним ослаблением шумов, равным 10 дБ, ослаблением атеньюатора = 20 дБ, частотой f=100 кГц. Номер генератора – 32250.

4. Микрометр МК 0-25 мм, ГОСТ 6507-60, №7533.

5. Испытуемые проводники из меди и алюминия, с изоляцией и без неё, разных диаметров.

6. Место проведения работы НПК «Эталон-Тест», г. Зеленоград.

7. Условия в лаборатории: $t=25^0$C, P=747 мм Hg.

Для измерения скорости распространения тока по проводнику берутся два отрезка одного проводника разной длины, l_1 и l_2, причём длина l_1 больше l_2 (опорный проводник) в 4-6 раз. Наносекундные импульсы тока от генератора стартуют одновременно по обоим проводникам, а в двухканальный осциллограф поступают разновременно, что позволяет измерить время запаздывания импульса $\Delta\tau$, по длинному проводнику (l_1), и согласно формуле рассчитать скорость распространения тока по исследуемому проводнику, V_i:

$$V_i = (l_1 - l_2)/\Delta\tau_i, \quad \text{м/с}\,. \tag{3}$$

При этом $\Delta\tau$ измеряется с погрешностью $\Delta_1 = \pm1\cdot10^{-10}$ с, а длина отрезков проводника - с погрешностью $\Delta_2 = \pm1\cdot10^{-4}$ м , диаметр проводника измеряется с погрешностью $\Delta_3 = \pm1\cdot10^{-5}$ м.

Теоретическая база опыта

Мы приведём (без вывода) несколько основополагающих уравнений новой электродинамики, без которых невозможно сделать объективный анализ полученных результатов в опыте. При этом физические величины с индексом нуль, например σ_0, будут означать статус фундаментальных констант ЕТФ.

$$\sigma_0 = \frac{m_\varepsilon \cdot V_0 \cdot \nu_{ed}}{\varepsilon} = \frac{1{,}98766431671\cdot10^{-27}\,Н}{1{,}98766431671\cdot10^{-27}\,Кл} = 1\frac{Н}{Кл} = 1\frac{Н\cdot м}{Кл\cdot м} = 1\frac{В}{м}, \tag{4}$$

где $V_0 = 2{,}89926295497\cdot10^8 \text{м/с} = const$ - скорость распространения радиолуча локатора и лазерного луча; $\nu_{ед} = 1с^{-1}$ - акт взаимодействия, согласно 1-му закону Ньютона; m_ε и ε - масса и заряд электрино; σ_0 - единичная напряжённость электрического поля одного электрино в составе вихревого потока.

$$h_0 = \frac{\alpha\cdot\varepsilon^2}{m_\varepsilon\cdot V_0\cdot\nu_{ed}} = \frac{4{,}11060869206\cdot10^{-34}\,Н\cdot м}{1{,}98766431671\cdot10^{-27}\,Н} = 2{,}06805981145\cdot10^{-7}\,м = const, \tag{5}$$

где h_0 – шаг электрино вдоль проводника за один оборот вокруг него в вихревом потоке, он же – расстояние между вихревыми пакетами; $\alpha = 1{,}04044721942\cdot10^{20}$ Дж/Кл^2 $= const$ – электродинамическая постоянная единой теории физики (ЕТФ);

$$V_{si} = 2\pi\cdot r_i^2\cdot\omega_i,\ м^2/с, \tag{6}$$

- секториальная скорость электрино в электростатическом поле проводника, где r_i – радиус проводника, ω_i - круговая частота обращения электрино вокруг проводника, с$^{-1}$.

$$U_i^2 = V_{si} \cdot \omega_i = 2\pi \cdot r_i^2 \cdot \omega_i^2,\ м^2 / c^2 \qquad (7)$$

- квадрат орбитальной скорости электрино вокруг проводника.

$$U_i^2 = \frac{\varepsilon \cdot n_i \cdot E_i^0}{m_\varepsilon}, м^2 / c^2\ , \qquad (8)$$

где E_i^0 - электродный потенциал атомов i-го проводника, В; n_i - число электрических полей атомов проводника, одновременно взаимодействующих с электрино вихревого потока.

$$V_i = h_0 \cdot \omega_i,\ м / c \qquad (9)$$

- скорость распространения тока вдоль проводника.

$$\omega_i = V_i / h_0,\ c^{-1} \qquad (10)$$

- круговая частота обращения электрино вокруг проводника.

Уравнения (9) и (10) тем хороши, что при экспериментальном определении значения V_i легко рассчитывается значение ω_i и всех остальных величин, характеризующих взаимодействие вихревого потока электрино с проводником. Приравняв правые части (7) и (8) получим:

$$V_{si}\omega_i = \frac{\varepsilon \cdot n_i \cdot E_i^0}{m_\varepsilon}, \qquad (11)$$

$$n_i = \frac{m_\varepsilon \cdot V_{si} \cdot \omega_i}{\varepsilon \cdot E_i^0} = \frac{m_\varepsilon \cdot U_i^2}{\varepsilon \cdot E_i^0}\ , \qquad (12)$$

$$U_i = \sqrt{\varepsilon \cdot E_i^0 \cdot n_i / m_\varepsilon}\ , м / c\ , \qquad (13)$$

- орбитальная скорость электрино в функции E_i^0 и n_i.

Результаты измерений

Скорость тока по медному проводнику

$r_1 = 1{,}115 \cdot 10^{-3}$ м - радиус проводника, изоляция снята;

$l_1 = 1{,}270$ м - базовый проводник;

$l_2 = 0{,}325$ м - опорный проводник;

$\Delta\tau_1 = 3{,}9 \cdot 10^{-9}$ с - время запаздывания импульса;

V = 12,3 В; i = 8,24·10^{-3}. (измеренное миллиамперометром значение).

Анализ результата

$V_1 = (l_1 - l_2)/\Delta\tau_1 = 2{,}42307692307 \cdot 10^8$ м/с - скорость распространения электрино вдоль проводника, она же – скорость распространения тока;

$\omega_1 = V_1/h_0 = 1{,}1716667524 \cdot 10^{15}$ с$^{-1}$ - частота обращения электрино нижней орбиты вокруг проводника;

$U_1 = 2\pi r_1 \cdot \omega_1 = 8{,}20840624582 \cdot 10^{12}$ м/с - орбитальная (U_{max}) скорость электрино первой (самой нижней) орбиты вихревого пакета;

$E_{Cu}^0 = -0{,}05$ В - электродный потенциал меди;

$V_{SCu} = U_1 \cdot r_1 = 2\pi r_1 \cdot \omega_1 \cdot r_1 = 9{,}15237296408 \cdot 10^9$ м^2/с - секториальная скорость электрино в электростатическом поле медного проводника с радиусом r_1;

$n_i = \frac{m_\varepsilon \cdot U_1^2}{\varepsilon \cdot E_{Cu}^0} = \frac{46{,}1926756659 \cdot 10^{-11}\text{Дж}}{9{,}93832158355 \cdot 10^{-29}\text{Дж}} = 4{,}64793529546 \cdot 10^{18}$ - число электроотрицательных полей, проводника, одновременно взаимодействующее с каждым электрино вихревого потока;

$L_1 = V_1 \cdot \Delta\tau_1 = 0{,}945$ м - протяжённость электрического импульса по проводнику;

$n_{\pi 1} = L_1/h_0 = 4{,}5695003344 \cdot 10^6$ - число вихревых пакетов в наносекундном импульсе;

$N_\varepsilon = V \cdot \Delta\tau_1/\Phi_0 = \frac{47{,}97 \cdot 10^{-9}\text{В·с}}{7{,}7429542 \cdot 10^{-25}\text{В·с}} = 6{,}19530979532 \cdot 10^{16}$ – полное число электрино в импульсе;

$\Delta i_1 = N_\varepsilon \cdot \varepsilon/\Delta\tau_1 = 31{,}574862 \cdot 10^{-3}$ А - величина тока в импульсе, теоретическое значение согласно законом новой электродинамики, где $\Phi_0 = 7{,}7429542 \cdot 10^{-25}\text{В} \cdot \text{с} = const$ - постоянная магнитного потока;

$\nu_1 = \Delta\tau_1/\varepsilon = 1{,}588540973 \cdot 10^{25}$ с$^{-1}$;

$\nu_1 = V/\Phi_0 = 1{,}588540973 \cdot 10^{25}$ с$^{-1}$ - частота прохождения электрино по проводнику при токе Δi_1;

$n_{\varepsilon\pi} = N_\varepsilon / n_{\pi 1} = 1{,}35579589495 \cdot 10^{10}$ - число электрино в одном вихревом пакете;

$k_1 = \sqrt{n_{\varepsilon\pi}/2\pi} = \sqrt{N_\varepsilon / 2\pi \cdot n_{\pi 1}} = \sqrt{21{,}5781618504 \cdot 10^8} = 4{,}64523001050 \cdot 10^4$ - население одной орбиты в пакете, усреднённое по орбитам значение;

$n_1 = n_{\varepsilon\pi}/k_1 = 2{,}91868409505 \cdot 10^5$ - число орбит в вихревом пакете;

$V = \Phi_0 \cdot n_1 \cdot k_1 \cdot \omega_1 = 12{,}3$ В - физическое содержание напряжения тока, генерируемого аккумулятором фирмы «Эрикссон», используемым в данном опыте;

Если принять, что расстояние между орбитами внутри одного пакета равно расстоянию между соседними пакетами, то толщина вихревого потока, между поверхностью проводника и внешним краем потока, составит Δl_1:

$$\Delta l_1 = n_1 \cdot h_0 / 2\pi = 9{,}6066134997 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Реальная величина должна быть существенно меньше, и точное значение Δl можно определить миниатюрной магнитной стрелкой, которой, к сожалению, наша лаборатория не владела.

Если же исходить из того, что $U_1 = V_S / r_1 = 8{,}20840624582 \cdot 10^{12}$ м/с представляет собой U_{max} электрино первой, самой нижней орбиты вихревого пакета, то средняя орбитальная скорость электрино составит $\overline{U_\varepsilon}$:

$$\overline{U_\varepsilon} = \frac{U_1}{2} = 4{,}104203125 \cdot 10^{12} \text{м/с},$$

и данная скорость имеет место у электрино, орбита которых занимает середину среди n_1 орбит и, стало быть, она удалена от оси проводника на расстояние $\overline{r}$:

$$\overline{r} = V_S / \overline{U} = 2{,}23 \cdot 10^{-3} \text{м} = 2r_1 .$$

При этом очевидно, что внешняя орбита вихревого пакета удалена от оси проводника на расстояние r_2:

$$r_2 = \overline{r} + r_1 = 3r_1 = 3{,}345 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

а реальная толщина вихревого потока из электрино, равная толщине наносекундного импульса, составляет Δl_1:

$$\Delta l_1 = r_2 - r_1 = 2{,}23 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Скорость распространения тока по тонкому медному проводнику

$r_2 = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ м - радиус голого медного проводника;

$l_1 = 3{,}876$ м - базовый проводник;

$l_2 = 0{,}372$ м - опорный проводник;

$\Delta\tau_2 = 9 \cdot 10^{-9}$ с - время запаздывания импульса;

$V = 12{,}3$В - напряжение в импульсе.

Анализ результата

$V_2 = (l_1 - l_2)/\Delta\tau_2 = 3{,}893333333 \cdot 10^8$ м/с - скорость распространения тока по проводнику;

$\omega_2 = V_2/h_0 = 1{,}88260190144 \cdot 10^{15}$ с$^{-1}$ - частота обращения электрино нижней орбиты вокруг проводника;

$U_2 = 2\pi r_2 \cdot \omega_2 = 2{,}9571841516 \cdot 10^{12}$ м/с - орбитальная скорость электрино первой орбиты вихревого пакета;

$V_{S2} = U_2 \cdot r_2 = 7{,}392960379 \cdot 10^8$ м^2/с - секториальная скорость электрино в электростатическом поле данного, тонкого медного проводника;

$n_2 = \frac{m_\varepsilon \cdot U_1^2}{\varepsilon \cdot E_{Cu}^0} = \frac{59{,}9531732582 \cdot 10^{-12} \text{Дж}}{9{,}93832158355 \cdot 10^{-29} \text{Дж}} = 6{,}03252498464 \cdot 10^{17}$ - число электроотрицательных полей атомов проводника, одновременно взаимодействующее с каждым электрино вихревого потока;

$L_2 = V_2 \cdot \Delta\tau_2 = 3{,}504$ м - протяжённость электрического импульса по проводнику;

$n_{\pi 2} = L_2/h_0 = 1{,}69434171129 \cdot 10^7$ - число вихревых пакетов в наносекундном импульсе;

$N_\varepsilon = V \cdot \Delta\tau_2 / \Phi_0 = 1{,}42968687584 \cdot 10^{17}$ - полное число электрино в импульсе;

$\Delta i_2 = V \cdot \varepsilon / \Phi_0 = 3{,}15748620797 \cdot 10^{-2}$ А - величина тока в импульсе;

$\nu_2 = V/\Phi_0 = 1{,}588540973 \cdot 10^{25}$ с$^{-1}$ - частота прохождения электрино через проводник, равная ν_1;

$n_{\varepsilon\pi} = N_\varepsilon / n_{\pi 2} = 8{,}43800790781 \cdot 10^9$ - число электрино в одном вихревом пакете;

$k_1 = \sqrt{n_{\varepsilon\pi}/2\pi} = 3{,}66462913317 \cdot 10^4$ - число электрино, населяющее одну траекторию в вихревом пакете;
$n_2 = n_{\varepsilon\pi}/k_2 = 2{,}30255439259 \cdot 10^5$ - число орбит в вихревом пакете;
$V = \Phi_0 \cdot n_2 \cdot k_2 \cdot \omega_2 = 12{,}3$ В.

Скорость распространения тока по алюминиевому проводнику

$r_3 = 0{,}85 \cdot 10^{-3}$ м - радиус голого проводника;
$l_1 = 1{,}307$ м - базовый проводник;
$l_2 = 0{,}324$ м - опорный проводник;
$\Delta\tau_2 = 3{,}9 \cdot 10^{-9}$ с - время запаздывания импульса;
$V = 12{,}3$В - напряжение в импульсе.

Анализ результатов измерения

$V_3 = (l_1 - l_2)/\Delta\tau_3 = 2{,}52051282051 \cdot 10^8$ м/с - скорость распространения тока по проводнику;
$\omega_3 = V_3/h_0 = 1{,}2187813943 \cdot 10^{15}$ с$^{-1}$ – круговая частота электрино нижней орбиты вокруг проводника;
$U_3 = 2\pi r_3 \cdot \omega_3 = 6{,}5091549469 \cdot 10^{12}$ м/с - орбитальная скорость электрино первой орбиты;
$E_{Al}^0 = -1{,}55$ В - электродный потенциал алюминия, он же и электростатический потенциал атомов алюминия;
$V_{SAl} = U_3 \cdot r_3 = 5{,}53278170486 \cdot 10^9$ м^2/с - секториальная скорость электрино в электростатическом поле данного проводника;

$n_3 = \frac{m_\varepsilon \cdot U_3^2}{\varepsilon \cdot E_{Al}^0} = \frac{29{,}0472253733 \cdot 10^{-11}\text{Дж}}{3{,}0808796909 \cdot 10^{-27}\text{Дж}} =$
$9{,}42822449675 \cdot 10^{16}$ - число электроотрицательных полей атомов проводника, одновременно взаимодействующее с каждым электрино вихревого потока;
$L_3 = V_3 \cdot \Delta\tau_3 = 0{,}983$ м - протяжённость электрического импульса по проводнику;
$n_{\pi 3} = L_3/h_0 = 4{,}7532474378 \cdot 10^6$ - число вихревых пакетов в наносекундном импульсе;
$N_\varepsilon = V \cdot \Delta\tau_3/\Phi_0 = 6{,}19530979532 \cdot 10^{16}$ - полное число электрино в импульсе;
$\Delta i_3 = N_\varepsilon \cdot \varepsilon/\Delta\tau_3 = 3{,}15748620797 \cdot 10^{-2}$ А - величина тока в импульсе;
$\nu_3 = V/\Phi_0 = 1{,}58854097315 \cdot 10^{25}$ с$^{-1}$ - частота прохождения электрино через проводник;
$n_{\varepsilon\pi} = N_\varepsilon/n_{\pi 3} = 1{,}30338465993 \cdot 10^{10}$ - число электрино в одном вихревом пакете;
$k_3 = \sqrt{n_{\varepsilon\pi}/2\pi} = 4{,}55455937909 \cdot 10^4$ - население одной орбиты вихревого пакета, усреднённое значение;
$n_3 = n_{\varepsilon\pi}/k_3 = 2{,}86171405715 \cdot 10^5$ - число орбит в одном вихревом пакете;
$V = \Phi_0 \cdot n_3 \cdot k_3 \cdot \omega_3 = 12{,}3$ В - напряжение в импульсе.

Если теперь сравнить результаты анализа по двум медным проводникам разных диаметров, то не составит труда читателю понять несколько важных положений новой электродинамики:

1. Без отрицательного статического потенциала проводника E_i^0, не может генерироваться и существовать ни электрический ток, ни электрические машины, ни электро- и радиотехника вообще;

2. Электрический ток формируется вихревым потоком электрино вокруг проводника и вдоль него;

3. Скорость распространения тока по проводнику не равна скорости света и не является постоянной величиной. При этом скорость распространения электрино вдоль проводника, V_i, по тонкому проводнику больше скорости света, $c_0 = 2{,}99792458 \cdot 10^8$м/с, на 29,867%;

4. Орбитальная скорость электрино вокруг проводника превосходит скорость света в $n = U_1/C_0 = 27380{,}29$ раз!

5. Теория относительности, сформулированная в 1905 г., никогда не была теорией, а представляла собой гипотезу, созданную в полном отрыве от физической реальности и на двух ошибочных постулатах:

а) Скорость света и всех видов излучения составляет:

$c_0 = 2{,}99792458 \cdot 10^8\text{м/с} = const$;

б) Масса тела и его размеры возрастают при приближении его скорости к скорости C_0, согласно ошибочному выводу Х. Лоренца: $m_i = m_0/\sqrt{1 - V^2/C_0^2}$.

Данная формула абсолютно лишена физического смысла и представляет собой чисто математический опус, а главное – она отрицает

закон сохранения вещества, открытый ещё в 1751 г. М. Ломоносовым и в 1768 г. Лавуазье, независимо от Ломоносова, и утверждает, что движение переходит в массу. И такое заблуждение в науке просуществовало более 100 лет! В новой теории физики ни ему и никаким другим спекуляциям нет места.

Литература

1. *Базиев Д.Х.* Основы единой теории физики. М.: Педагогика, 1994. - 640 с.

Сведения об авторах:

Базиев Джабраил Харунович – кандидат биологических наук, действительный член Медико-технической академии при МГТУ имени Баумана, г. Москва, Россия, e-mail: dbaziev@mail.ru
www.baziev.reola.ru

Смирнов С.В. – НПК «Эталон-тест», г. Зеленоград, Россия, e-mail: dbaziev@mail.ru**.**

VELOCITY OF PROPAGATION OF ELECTRIC CURRENT

J. Baziev, S. Smirnov

In existing theoretical physics it is accepted that electric current represents the directed movement of "conductivity electrons" in the conductor, thus round the conductor a certain magnetic field is by all means formed.

Within the Uniform Theory of Physics (UTP) it is shown that electrons aren't carriers of electric current, and the so-called magnetic field round the conductor with current and is electric current. Thus the carrier of current is new, truly elementary particle, the electrino, removed by the author from Planck's constant.

Keywords: electron, electrino, charge and mass of an electrino, sectorial speed of an electrino, address frequency, step of an electrino, speed of an electrino step, speed orbital.

Authors:

Baziev Dz. – PhD (Biology), Full member of medico-technical academy at Bauman MGTU, Moscow, Russia, e-mail: dbaziev@mail.ru
www.baziev.reola.ru

Smirnov S. – Etalon-test, г. Zelenograd, Russia, e-mail: dbaziev@mail.ru

УДК 663.15:664

НОВАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ В СФЕРЕ СИНЕРГОПОНИКИ И ПОСТРОЕНИЯ «ФРАКТАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КЛАСТЕРНЫХ ПЛАТФОРМ», ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ БИОНИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Д.И. Поверин, В.Б. Новиков
Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия

Статья посвящена разработке новой терминологии в сфере «синергопоники» и построения «Фрактальных инновационных биотехнологических кластерных платформ» - ФИБКП, предназначенных для промышленного производства органо-функциональной пищевой продукции с применением «Универсальных бионических модулей» - УБиМ.

Материалы, изложенные в статье, будут полезны для специалистов и руководителей сельскохозяйственных производств, пищевой отрасли, а также административных работников различных министерств и ведомств, занимающихся проблемами пищевого обеспечения населения Российской Федерации.

Ключевые слова: *синергопоника; фрактальные инновационные биотехнологические кластерные платформы; универсальные бионические модули; пищевая безопасность; пищевая отрасль.*

Системная оценка состояния и перспектив развития сельского хозяйства и пищевой отрасли Российской Федерации позволяет сделать однозначный вывод о неготовности указанных отраслей к решению проблем полноценного пищевого обеспечения населения страны в XXI веке, что объясняется следующими причинами:

- нерешённостью проблем пищевой безопасности России на основе регионального самообеспечения, как по количеству производимой продукции, так и по её качеству;
- низкой эффективностью применяемых технологий и оборудования, основанных на устаревших принципах «жёсткой логики»;
- абсолютным господством вредоносных трансгенных технологий и биохимических веществ и соединений;
- устаревшими методами и схемами длительного хранения пищевой продукции, не обеспечивающими её качество и безопасность;
- настоятельной необходимостью функционального пищевого вспоможения населению в условиях углубляющегося интегрального экологического стресса;
- необходимостью удешевления пищевой продукции за счёт внедрения в производство техники «зануления» прибыли в точках технологического передела;
- катастрофическим состоянием сельскохозяйственных экосистем, вызванным продолжающимся антропогенным загрязнением, а также их варварской и неэффективной эксплуатацией;
- экстремальным и неуправляемым ростом численности городского населения, при сокращении численности сельского населения и его люмпенизации;
- невозможностью эффективного противодействия биохимическому и технологическому пищевому поражению населения в условиях возможного военно-технического противоборства с недружественными государствами и террористическими организациями;
- неэффективностью логистических схем доставки пищевой продукции потребителю и т.д.

Всех вышеперечисленных недостатков лишён новый подход к комплексной и системной реструктуризации сельского хозяйства и пищевой отрасли, основанный на создании так назы-

ваемых «Фрактальных инновационных биотехнологических кластерных платформ» - ФИБКП.

В процессе реализации нового подхода возникла необходимость во введении новых терминов и определений. Элементы терминологии приведены не по алфавиту, а по логистической цепочке, позволяющей сформировать целостную картину нового научно-технического направления. Результаты этой работы приведены ниже.

1. ***«Закон ускорения технологических циклов»*** - цивилизационный закон стремительного ускорения, так называемое «технологического время» по отношению к стационарному «биологическому», что приводит к настоятельной необходимости скорейшего структурного изменения финансового, социального, экономического и производственно-технологического укладов развития общества.

2. ***Смена пищевой парадигмы*** - позитивный цивилизационный процесс реструктуризации структуры питания населения, основанный на отказе от нещадной пищевой эксплуатации сигнальных систем организма человека и замене существующей структуры питания на качественное и безопасное удовлетворения физиологических норм и потребностей организма.

3. ***«Фрактальные инновационные биотехнологические кластерные платформы», ФИБКП*** - разномасштабные производственные комплексы, производящие органо-функциональную пищевую продукцию внутри промышленных зданий и специальных сооружений, работающие на основе принципов модульного построения, синергизма и бионики, позволяющие своевременно и эффективно решить проблемы «Закона ускорения технологических циклов» и «Смены пищевой парадигмы».

4. ***«Закон нулевой рентабельности в точках передела продукции»*** - базовый закон формирования эффективно работающих производственных комплексов в условиях будущей (декриминализированной) экономики, обеспечивающий извлечение максимальной прибыли за счёт существенного снижении себестоимости производимой продукции. Полностью реализован в ФИБКП.

5. ***«Органо-функциональная пищевая продукция», ОФПП*** - новый вид пищевой продукции органического класса и функциональной направленности, предназначенный для качественного и безопасного удовлетворения физиологических потребностей организма человека.

6. ***«Сырьевой производственно-технологический комплекс», СПТК*** - элемент ФИБКП, предназначенный для производства одного или нескольких видов сельскохозяйственного сырья органо-функционального качества (овощей, фруктов, ягод, корнеплодов, зелени, зерновых и бобовых культур, мяса кроликов, молока и т.д.).

7. ***«Перерабатывающий производственно-технологический комплекс», СПТК*** - элемент ФИБКП, предназначенный для производства различных видов органо-функциональной пищевой продукции (хлеба, макаронных и кондитерских изделий, молочной и мясной продукции и т.д.) из сырьевых продуктов, произведённых на СПТК.

8. ***«Универсальный бионический модуль», УБиМ*** - элемент СПТК и ППТК, крупноблочная трёхмерная конструкция допустимых транспортных габаритов, заполненная различным оборудованием, коммуникациями, системой управления, выполняющая заданные технологические функции.

9. «***Технологический форсайт***» - комплексная количественная и качественная оценка перспектив технического и технологического развития той или иной отрасли, базирующаяся на анализе трендов развития науки, техники, экологических и цивилизационных изменений, а также технологического переформатирования социума;

10. ***«Замыкающий технический элемент»*** - структурное звено в составе нового подхода к правовой защите интеллектуальной собственности, основанное на создании внутри ФИБКП, СПТК, ППТК и УБиМ структурных технических и технологических элементов «повышенной защищённости» и ограниченного доступа, исключающих возможность несанкционированной эксплуатации указанных комплексов.

11. ***«Синергопоника»*** - новое направление в промышленном производстве сельскохозяйственных растений внутри УБиМ, идущее на смену гидро- и аэропонике, основанное на со-

здании специальных условий для естественного (заложенного природой) ускоренного саморазвития растений при комплексном биофизическом и питательном воздействии на их корневую систему и внешнюю часть растений. Позволяет на практике реализовать технику экспресс-выращивания сельскохозяйственных растений и животных.

12. ***Бионические производственные комплексы*** - разномасштабные технические системы и комплексы, построенные с использованием принципов бионики в технике ФИБКП и предназначенные для выпуска пищевой продукции органо-функционального класса.

13. ***Вариабельность*** - природный фактор видовой изменчивости и адаптационных свойств растений и животных, являющийся исходным материалом для их отбора с целью замены процесса ***адаптации*** объектов растениеводства и животноводства к агрессивной среде обитания (чем занимается современное сельское хозяйство) - на бионические процесс их естественного ***выращивания*** оптимальных, наперёд заданных, условиях УБиМ.

14. ***Декомпозиция технологического процесса*** - научный метод, использующий структуру задачи и позволяющий заменить решение одной большой задачи решением серии меньших задач, пусть и взаимосвязанных, но более простых. Декомпозиция, как процесс расчленения, позволяет рассматривать любую исследуемую систему как сложную, состоящую из отдельных взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть расчленены на части. В качестве систем могут выступать не только материальные объекты, но и процессы, явления и понятия. В математике этот принцип получил название «Метод расщепления»**.**

15. ***Жизненный цикл ФИБКП*** - промежуток времени, на протяжение которого данное предприятие сохраняет конкурентную способность и не требует замены или модернизации. Постоянно сокращается в соответствии с «Законом ускорения технологических циклов».

16. ***Плоскостная и объёмная компоновка ФИБКП*** - процесс инженерно-технологического интегрирования элементов ФИБКП, СПТК, ППТК и УБиМ, обеспечивающий оптимальную плотность монтажа технологического оборудования, при существенном снижении габаритных размеров и веса проектируемого объекта.

17. ***Корпоративная мотивация*** - процесс внешнего и внутреннего побуждения руководства и каждого сотрудника коллектива к активной деятельности в целях удовлетворения своих личных потребностей и для достижения общих целей производственной компании (ФИБКП). Эффективно работает в условиях соблюдения закона «Закона нулевой рентабельности в точках передела продукции».

18. ***Техническая и технологическая унификация*** - базовый принцип построения всех объектов ФИБКП, т.е. их приведение к единообразию, к единой форме или системе, установление оптимального числа размеров, видов продукции, процессов и производимых услуг.

19. ***Предпроектный аудит.*** Комплексные научно-изыскательские работы, предшествующие разработке бизнес-плана, финансовой модели, базового дизайна и проекта ФИБКП. Включает в себя: сырьевой, логистический, ресурсный и экологический аудит.

20. ***Генетический предел продуктивности***. Максимальное количество полезного продукта, которое можно получить от биологического объекта при идеальных условиях его культивации. Предел обычно неизвестен.

21. ***Производственный предел продуктивности.*** Максимальное количество полезного продукта, которое можно получить при существующих (или предлагаемых) условиях культивации.

22. ***Критические точки производственного процесса.*** Моменты времени в каждом процессе роста и развития биологического объекта, характеризующиеся конкретными биохимическими показателями, помогающие отслеживать стратегию его развития и позволяющие своевременно корректировать процесс роста и развития.

23. ***Параметры критической точки***. Основные показатели биохимического пула обмена веществ с сопутствующими химическими, физическими и биологическими компонентами питательной среды.

24. ***Волновая нагрузка на биологический объект***. Вспомогательный физический фактор для гармонизации процесса роста и развития объекта в режиме интенсивного обмена ве-

ществ. В качестве волновой нагрузки может быть использована также музыка некоторых композиторов-классиков (Баха, Моцарта, Генделя).

Литература

1. *Поверин Д.И., Новиков В.Б.* Новое направление в развитии отечественной пищевой индустрии в сфере специального и спортивного питания на основе построения «Инновационных биотехнологических кластерных платформ» - «ФИБКП». // Труды научно-практического совещания «Технологии и физиология спортивного и экстремального питания», М.: МГУПП, 2010.
2. *Поверин Д.И., Новиков В.Б.* Современные подходы к организации промышленного производства продуктов спортивного питания на основе технологии построения «Инновационных биотехнологических кластерных платформ» и «Унифицированных бионических модулей» // Труды Московского международного форума «Современные методики медицинской подготовки, реабилитации и восстановления спортсменов», Москва, ВВЦ, 7 – 8 декабря 2011 г.
3. *Поверин Д.И., Елисеева Л.Г.* Инновационные биотехнологические кластерные платформы - «ИБКП», созданные на базе унифицированных биомодулей - «УБиМ», как основа эффективного и системного развития и модернизации отечественной пищевой отрасли //Товаровед продовольственных товаров. 2011, № 3/11.
4. *Поверин Д.И., Елисеева Л.Г.* Опыт создания инновационных биотехнологических кластерных платформ в пищевой промышленности Китая // Товаровед продовольственных товаров. 2012. № 2/12.
5. Синергопоника - новая технология выращивания томатов с использованием универсальных бионических модулей – УбиМ // Товаровед продовольственных товаров. 2014. № 4/ 14.

Сведения об авторах:

Поверин Дмитрий Иванович - доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва, Россия, e-mail: viesh@dol.ru

Новиков Владимир Борисович – научный сотрудник, ВИЭСХ, e-mail: viesh@dol.ru

NEW TERMINOLOGY IN SINERGOPONIKI'S SPHERE AND CONSTRUCTIONS OF "FRACTAL INNOVATIVE BIOTECHNOLOGICAL CLUSTER PLATFORMS", INTENDED FOR INDUSTRIAL PRODUCTION OF ORGANO-FUNKTSIONAL OF FOOD PRODUCTS ABOUT USE OF UNIVERSAL BIONIC MODULES

D. Poverin, V. Novikov

Article is devoted to development of new terminology in the sphere "sinergoponik" and constructions of "Fractal innovative biotechnological cluster platforms" - FIBKP, intended for industrial production of organo-functional food products with application of "Universal bionic modules" - UBIM.

The materials stated in article, will be useful to experts and heads of agricultural productions, food branch, and also administrative employees of various ministries and the departments dealing with problems of food providing the population of the Russian Federation.

Keywords: sinergoponik; fractal innovative biotechnological cluster platforms; universal bionic modules; food safety; food branch.

Authors:

Poverin D. - D. *Sc.* (Engineering), Prof.,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

Novikov V. - research associate,
e-mail: viesh@dol.ru
All-Russian Scientific-Research Institute
for Electrification of Agriculture, Moscow, Russia.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!
Правила оформления статей

Редакция принимает к публикации рукописи статей в 2-х экземплярах, отпечатанные через 1,5 интервала на компьютере. Рукопись должна быть подписана всеми авторами. Вместе с бумажными копиями обязателен диск с текстом, набранным в Word 97//2003/2007/2010 шрифтом 14 пт, или файл по электронной почте vestnikviesh@gmail.com.

Объем статьи до 12 стр., включая таблицы (не более 5), рисунки (не более 5), библиографию (до 15 названий).

Приведенные в статье формулы должны иметь пояснения и расшифровку всех входящих в них величин с указанием единиц измерения в СИ. Таблицы должны иметь порядковый номер и название.

Все графические материалы должны быть выполнены четко (фотографии jpg или tif с разрешением не меньше 300 dpi), вставлены в текст статьи, пронумерованы, подписаны и иметь ссылку в тексте.

Использованная литература приводится в порядке очередности упоминания, в тексте – цифровые ссылки в квадратных скобках. Список литературы помещается в конце статьи и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008.

Статья должна содержать следующие обязательные элементы:

1. Название и ФИО авторов статьи на русском и английском языках.
2. Аннотацию (3–5 предложений) на русском языке.
3. Реферат (до 250 слов) на английском языке.
3. Ключевые слова (3–6 слов/словосочетаний) на русском и английском языках.
4. Индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК).
5. Сведения обо всех авторах (в конце статьи) на русском и английском языках – фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, полное название научного или учебного учреждения и его структурного подразделения, контактный телефон и адрес электронной почты автора.

Рукописи авторам не возвращаются. Автору выдается бесплатно один экземпляр журнала с его публикацией. С аспирантов плата за публикацию не взимается.