



ISSN 2078-7138

# АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**№ 5**  
**октябрь**  
**2016**

**В номере:**

*Исследование тракторных и тягово-энергетических показателей работы пахотного агрегата по схеме «PUSH-PULL»*

*Обоснование выбора силового метода снижения динамической нагруженности привода системы очистки зерноуборочного комбайна типа «Полесье»*

*Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным и построение их естественных механических и электромеханических характеристик*

*К расчету параметров вытяжного воздуха на выходе кожухотрубчатых теплоутилизаторов в системах вентиляции*



**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

# **АГРОПАНОРАМА**

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

Журнал «Агропанорама» выходит 1 раз в два месяца, распространяется по подписке и продается в розницу в киоске Белорусского государственного аграрного технического университета. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков – 74884; предприятий и организаций – 748843.

Стоимость журнала на 1-е полугодие 2017 года: для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.; ведомственная - 19,29 руб.

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 руб.

Белорусский государственный аграрный технический университет и редакция научно-технического журнала «Агропанорама» приглашает к сотрудничеству представителей академической, вузовской, отраслевой науки и производства. Мы предоставим Вам возможность высказать свою точку зрения на самые актуальные проблемы агропромышленного комплекса, поделиться передовым опытом эффективного использования своих разработок. Рассмотрим предложения по выпуску специальных номеров журнала.

**Адрес редакции:**

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220  
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

**Прием статей и работа с авторами:**

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608  
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14  
Факс (017) 267-25-71  
E-mail: [AgroP@batu.edu.by](mailto:AgroP@batu.edu.by)

# АГРОПАНОРАМА 5 (117) октябрь 2016

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал  
для работников  
агропромышленного комплекса.  
Зарегистрирован в Министерстве  
информации Республики Беларусь  
21 апреля 2010 года.  
Регистрационный номер 1324

*Учредитель*  
*Белорусский государственный  
аграрный технический университет*

Главный редактор  
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора  
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

И.М. Богдевич	П.П. Казакевич
Г.И. Гануш	Н.В. Казаровец
Л.С. Герасимович	А.Н. Каргашевич
С.В. Гарник	Л.Я. Степук
В.Н. Дашков	В.Н. Тимошенко
Е.П. Забелло	А.П. Шпак

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь  
Н.И. Цындрина – редактор

*Компьютерная верстка*  
*В.Г. Леван*

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к. 220  
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, д.99/5, к. 602, 608  
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14  
Факс (017) 267-25-71  
E-mail: [AgroP@batu.edu.by](mailto:AgroP@batu.edu.by)

БГАТУ, 2016.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 21.10.2016 г. Зак. № 811 от 19.10.2016 г.

Дата выхода в свет 30.10.2016 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99, к.2

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-ое п/г 2017 г.:

для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.;

ведомственная - 19,29 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 руб.

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны.  
Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

- В.Т. Надыкто, А.Д. Кистечок**  
Исследование траекторных и тягово-энергетических показателей работы пахотного агрегата по схеме «PUSH-PULL».....2
- А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Ю.И. Томкунас, А.А. Шиш**  
Практические результаты использования современных технических средств для учета расхода топлива.....6
- Л.И. Бойко, Н.Л. Ракова, Т.В. Бойко, А.С. Воробей**  
Обоснование выбора силового метода снижения динамической нагруженности привода системы очистки зерноуборочного комбайна типа «Полесье».....9

### Технологии переработки продукции АПК

- Л.В. Сафроненко, Е.В. Сафроненко**  
Разработка ферментированных пробиотических продуктов для детского питания.....15

### Энергетика. Транспорт

- М.А. Прищепов, Е.М. Прищепова, Д.М. Иванов**  
Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным и построение их естественных механических и электромеханических характеристик.....20
- А.Г. Цубанов, И.А. Цубанов, И.А. Цубанова**  
К расчету параметров вытяжного воздуха на выходе кожухотрубчатых теплоутилизаторов в системах вентиляции.....32

### Технический сервис в АПК. Экономика

- А.А. Бурачевский**  
Оценка влияния дополнительных товарных отраслей на эффективность специализированных сельскохозяйственных организаций.....37
- И.А. Контровская, А.В. Горбатовский, А.И. Гриценко**  
Эффективность производства молока: обоснование резервов ее роста.....41
- Г.В. Баркун, Е.С. Криштофик**  
Направления улучшения финансового состояния ОАО «Беллакт».....45

УДК 631.312.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРНЫХ И ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА ПО СХЕМЕ «PUSH-PULL»**

**В. Т. Надикто,**

*проректор по научной работе Таврического государственного агротехнологического университета,  
докт. техн. наук, проф., чл.-корр. НААН Украины (г. Мелитополь, Украина)*

**А. Д. Кистечок,**

*аспирант Таврического государственного агротехнологического университета (г. Мелитополь, Украина)*

*В статье изложены результаты исследований двух пахотных машинно-тракторных агрегатов (МТА). Один из них состоял из трактора ХТЗ-16131, фронтального двухкорпусного и задненавесного четырехкорпусного плугов (схема «push-pull» «2+4»), а второй – из этого же трактора и пятикорпусного задненавесного плуга (схема «0+5»). Согласно полученным экспериментальным данным, рабочая ширина захвата агрегата по схеме «2+4» была на 20,9 % больше, чем у агрегата по схеме «0+5». Несмотря на то, что рабочая скорость движения первого МТА оказалась на 1,5 % ниже, из-за преимуществ в ширине захвата, производительность его работы была выше на 19,5 %. В результате удельный расход топлива агрегатом по схеме «2+4» оказался ниже. В условиях полевого эксперимента экономия топлива составила – 11,5 %. Среднее квадратичное отклонение глубины пахоты у обоих сравниваемых агрегатов не превышало агротехнических требований ( $\pm 2$  см) и отдельно составляло: для МТА по схеме «0 + 5» –  $\pm 1,98$  см, а для агрегата по схеме «2+4» –  $\pm 1,52$  см. В то же время указанная разница между этими статистическими характеристиками ( $\pm 1,98$  см и  $\pm 1,52$  см) является не случайной, поэтому можно считать, что применение пахотного агрегата по схеме «push-pull» «2+4» обеспечивает обработку почвы с лучшей равномерностью хода плугов по глубине.*

*Ключевые слова: пахота, агрегат, «push-pull», фронтальный плуг, схема агрегата, производительность, расход топлива.*

*The article presents the results of two studies of arable tractor units (MTA). One of them consisted of a tractor HTZ-16131, a front double-hulled and rear mounted four furrow plows (Scheme «push-pull» «2 + 4»), and the second – from the same tractor and five furrow rear mounted plow («0 + 5» scheme). According to the experimental data, the working width of «2 + 4» scheme capture unit was 20.9% greater than that of the unit according to the «0 + 5». Despite the fact that the working speed of the first AIT was below 1.5%, because of advantages in working width, its work efficiency was higher by 19.5%. For this reason, the specific fuel consumption unit on a «2 + 4» was lower. In the context of a field experiment was fuel economy – 11.5%. The standard deviation of depth of plowing in both comparable units does not exceed the agronomic requirements ( $\pm 2$  cm) and individual components of: for the MTA on a «0 + 5» –  $\pm 1,98$  cm, and for the unit on a «2 + 4» –  $\pm 1.52$  cm. at the same time, said the difference between the statistical characteristics ( $\pm 1,98$  cm  $\pm 1.52$  cm) is not accidental, therefore it can be assumed that the use of arable unit under the scheme «push-pull» «2+ 4» provides a soil treatment with the best uniformity of stroke depth plows.*

*Keywords: plowing, machine, «push-pull», front plow assembly diagram, performance, fuel consumption.*

### **Введение**

Одной из наиболее важных задач сельскохозяйственного производства является уменьшение энергетических затрат на пахоте. Первым шагом в решении этой проблемы является повышение тягово-сцепных качеств трактора путем увеличения его сцепного веса.

В составе пахотного машинно-тракторного агрегата (МТА) добиться этого можно путем применения плугов, присоединенных по схеме «push-pull». Как показывают теоретические исследования, за счет вертикальной составляющей тягового сопротивления фронтального плуга увеличивается догрузка перед-

них колес, а значит и сцепной вес трактора. В результате это приводит как к определенному уменьшению его буксования, так и снижению удельного расхода топлива пахотным агрегатом в целом [1-3].

Однако при неправильном присоединении фронтального плуга к энергетическому средству может иметь место не догрузка, а наоборот – разгрузка передних колес трактора и неизбежная при этом потеря управляемости и устойчивости движения всего пахотного МТА. Теоретическими исследованиями установлено, что во избежание этого при использовании трактора с номинальным тяговым усилием – 30-32 кН,

фронтальный плуг должен иметь два корпуса, а задний – 4 (схема «2+4») [4]. Трактор при этом движется правыми колесами в борозде, фронтальный плуг присоединен к нему в горизонтальной плоскости жестко, а опорное колесо этого орудия размещено вне борозды.

Целью данной работы является изложение и анализ результатов экспериментальной оценки тракторных, тягово-энергетических и агротехнических показателей работы пахотного агрегата по схеме «push-pull» с числом корпусов «2+4». Технические характеристики данных пахотных агрегатов приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Техническая характеристика пахотных агрегатов**

Мощность двигателя трактора ХТЗ-16131, кВт	132
Эксплуатационная масса, кг	8100
Колея трактора, мм	2100
Продольная база трактора, мм	2860
Размер шин переднего и заднего мостов трактора	16,9R38
Ширина захвата фронтального плуга, м	0,70
Ширина захвата задненавесного плуга, м	1,40
Ширина захвата пахотного МТА схемы «2+4», м	2,10
Ширина захвата пахотного МТА схемы «0+5», м	1,75

#### Основная часть

Пахотный агрегат по схеме «2+4» состоял из трактора ХТЗ-16131, фронтального двухкорпусного и задненавесного четырехкорпусного плугов (рис. 1а).

Для сравнения с ним испытывали пахотный агрегат по схеме «0+5», состоящий из этого же трактора и задненавесного пятикорпусного плуга ПЛН-5-35 (рис. 1б). В процессе полевых испытаний регистрировали следующие параметры: влажность и плотность почвы, продольно-вертикальный профиль поля, тяговое сопротивление и рабочую ширину захвата ( $B_p$ ) плугов, скорость движения ( $V_p$ ), буксование колес ( $\delta$ ) и часовой расход топлива тракторов ( $G_h$ ), глубину пахоты.

Влажность почвы определяли широко известным методом горячей сушки. Для измерения плотности агротехнического фона использовали специально разработанный авторами метод и прибор на его основе [5].

Колебания амплитуды и частоты неровностей профиля поля в продольном направлении (профиль поля) измеряли с помощью специального профилографа.

Тяговое сопротивление плугов регистрировали с использованием тензометрического звена, рассчитанного на тяговое усилие до 40 кН.

Скорость рабочего движения пахотного агрегата фиксировали с помощью устанавливаемого на тракторе путеизмерительного колеса. На ступицах его переднего и заднего мостов устанавливали счетчики

оборотов, электрические сигналы которых снимали с помощью токосъемников.

Для измерения часового расхода топлива исследуемым трактором применяли расходомер импульсного типа. Электрические сигналы, вырабатываемые профилографом, тензометрическим звеном, путеизмерительным колесом, счетчиками оборотов и топливометром записывали на ЭВМ, пропуская их через аналогово-цифровой преобразователь.

Буксование колес трактора рассчитывали по формуле:

$$\delta = 1 - \frac{n_{xx} \cdot V_p}{n_p \cdot V_{xx}},$$

где  $n_{xx}$ ,  $n_p$  – частота вращения колес трактора при движении пахотного агрегата соответственно без тяговой нагрузки и с ней,  $c^{-1}$ ;

$V_{xx}$ ,  $V_p$  – скорость движения агрегата без нагрузки и с ней,  $m \cdot c^{-1}$ .

Движение пахотных агрегатов без нагрузки предусматривало их перемещение по полю с плугами, поднятыми в транспортное положение.

Производительность пахотного МТА ( $W_a$ ,  $га \cdot ч^{-1}$ ) и удельный расход им топлива ( $G_u$ ,  $кг \cdot га^{-1}$ ) определяли следующим образом:

$$W_a = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p;$$

$$G_u = \frac{G_h}{W_a}.$$

Повторность проводимых измерений всех параметров – не менее 5.

Лабораторно-полевые исследования проводили



а)



б)

Рисунок 1. Пахотные агрегаты по схемам «2+4» (а) и «0+5» (б)

на поле, влажность почвы которого составляла – 16,5 %, а плотность – 1,26 г·см<sup>-3</sup>.

Колебания неровностей профиля поля были высокочастотными. Однозначно на это указывает длина корреляционной связи<sup>1</sup> ординат данного процесса, которая не превышает 0,3 м (рис. 2). Более того, судя

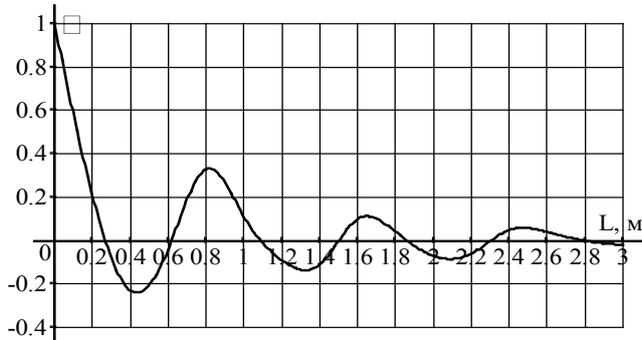


Рисунок 2. Нормированная автокорреляционная функция (ρ) колебаний профиля поля как функция пути L

по нормированной автокорреляционной функции, колебания амплитуды продольного профиля поля содержали скрытую периодическую составляющую с периодом, примерно равным 0,75 м.

Дисперсия колебаний была также малой (1,21 см<sup>2</sup>) и сосредоточена в диапазоне частот 0...12 м<sup>-1</sup>. При скорости движения пахотного агрегата – 1,98 м·с<sup>-1</sup> это составляет 0 – 24 с<sup>-1</sup> или 0 – 4 Гц.

Из приведенного выше корреляционно-спектрального анализа можно сделать вывод, что относительно высокая частота и малая дисперсия колебаний неровностей продольно-вертикального профиля поля не могут быть генераторами более-менее существенных колебаний тягового сопротивления агрегируемых с трактором ХТЗ-160 фронтального и задненавесного плугов. Основные изменения этого параметра (т.е. тягового сопротивления) будет формировать и, как правило, формирует внутренняя структура почвенной среды, на которую воздействуют рабочие органы пахотных орудий.

Плуги машинно-тракторных агрегатов по схемам «0+5» и «2+4» были настроены на одну и ту же глубину пахоты – 25 см.

У агрегата по схеме «0+5» тяговое сопротивление плуга менялось в пределах 26,6 – 28,4 кН. Среднее квадратичное отклонение этого параметра составило ± 4,0 – 4,8 кН. В результате коэффициент вариации тягового сопротивления изменялся в пределах 14,0 – 18,0 %, что указывает на среднюю вариабельность данного процесса [6].

По сравнению с пахотным орудием ПЛН-5-35 суммарное

тяговое сопротивление фронтального и задненавесного плугов агрегата по схеме «2+4» при примерно таком же значении среднего квадратичного отклонения (± 5 кН) составило 31,5-34,7 кН. Время корреляционной связи для данных процессов изменялось при этом в пределах 0,24 – 0,26 с (рис. 3).

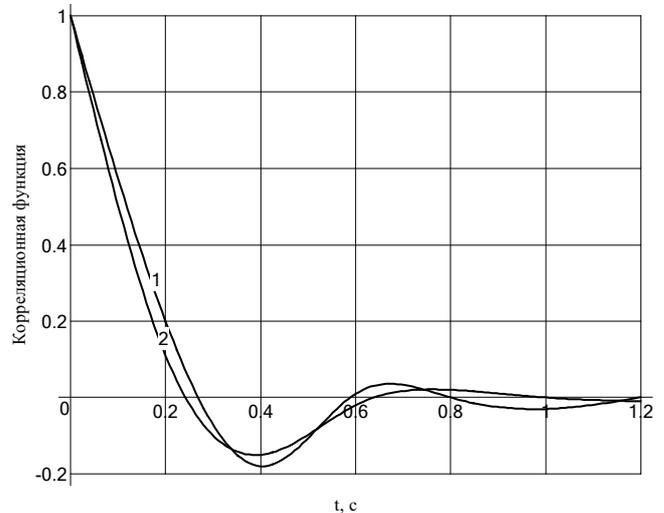


Рисунок 3. Нормированные корреляционные функции колебаний тягового сопротивления плугов пахотных агрегатов по схеме «0+5» (кривая 1) и «2+4» (кривая 2)

Из анализа практического использования подобных агрегатов следует, что такая длительность корреляционной связи (по времени) характеризует процесс, как высокочастотный [7]. Реальным доказательством этого является спектр дисперсий колебаний тягового сопротивления плугов. У исследуемых машинно-тракторных агрегатов он сосредоточен в диапазоне частот 0 – 25 с<sup>-1</sup> или 0 – 4 Гц.

По результатам измерений действительная ширина захвата у машинно-тракторного агрегата по схеме «push-pull» (т.е. «2+4») была на 20,9 % больше, чем у пахотного агрегата по схеме «0+5». Что касается рабочей скорости движения, то у МТА с одним пятикорпусным плугом за счет меньшей ширины захвата, а значит и меньшего тягового сопротивления агрегируемого орудия, она была большей на 1,5 % (табл. 2).

**Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований пахотных МТА на базе трактора ХТЗ-160**

Схема МТА	$V_p^{1)}$ м·с <sup>-1</sup>	$B_p^{2)}$ м	$W_a^{3)}$ га·ч <sup>-1</sup>	$h^{4)}$ см	$\delta^{5)}$ %	$P_{кр}^{6)}$ кН	$G_h^{7)}$ кг·ч <sup>-1</sup>	$G_u^{8)}$ кг·га <sup>-1</sup>
«0+5»	2,01	1,77	1,28	24,9±0,3	13,8	27,4	21,2	16,5
«2+4»	1,98	2,14	1,53	25,1±0,1	14,4	33,1	22,3	14,6

<sup>1)</sup> – рабочая скорость движения; <sup>2)</sup> – рабочая ширина захвата; <sup>3)</sup> – производительность работы агрегата за 1 час; <sup>4)</sup> – глубина пахоты; <sup>5)</sup> – буксование колес трактора; <sup>6)</sup> – тяговое сопротивление плуга; <sup>7)</sup> – часовой расход топлива; <sup>8)</sup> – удельный расход топлива агрегатом.

В результате, производительность работы за 1 час агрегата по схеме «2+4» оказалась на 19,5 %

<sup>1</sup> абсцисса первого нулевого значения нормированной автокорреляционной функции ρ (рис. 1)

больше, чем у машинно-тракторного агрегата с одним задненавесным пятикорпусным плугом.

Поскольку тяговое сопротивление плугов пахотного МТА по схеме «2+4» больше, чем у агрегата по схеме «0+5», то он, естественно, имел большее буксование колес трактора (табл. 2). В абсолютном измерении – на 0,6 %, а в относительном – на 4,3 %.

В то же время, за счет большей производительности работы удельный расход топлива у агрегата по схеме «push-pull» на 11,5 % меньше. Эта экономия, на наш взгляд, имеет место благодаря более эффективному использованию тяговых свойств переднего моста трактора. Их улучшение происходит за счет использования фронтального орудия, правильное агрегатирование которого обуславливает догрузку передних движителей энергетического средства.

Одним из основных агротехнических показателей работы пахотного МТА является равномерность глубины пахоты. Согласно экспериментальным данным, среднее квадратичное отклонение этого параметра у обоих сравниваемых агрегатов не превышало агротехнических требований ( $\pm 2$  см) и отдельно составляло: для МТА по схеме «0 + 5» –  $\pm 1,98$  см, а для агрегата по схеме «2+4» –  $\pm 1,52$  см.

Из результатов дисперсионного анализа следует, что на статистическом уровне значимости 0,05 разница между этими средними квадратичными отклонениями является не случайной, поскольку в соответствии с F-критерием Фишера ноль-гипотеза о равенстве сравниваемых статистических оценок не отклоняется.

Таким образом, можно утверждать, что агрегат по схеме «2+4» осуществляет пахоту с более высокой стабильностью по глубине обработки почвы. Одной из причин такого результата может быть то обстоятельство, что передний мост трактора ХТЗ-160 из-за наличия фронтального плуга осуществляет меньшие вертикальные колебания при его движении в борозде. В итоге именно это положительно отражается на плавности перемещения как фронтального, так и задненавесного плугов.

Следует подчеркнуть, что нормированные корреляционные функции и спектральные плотности колебаний глубины пахоты сравниваемыми машинно-тракторными агрегатами между собой отличаются не-

значительно (рис. 4). Для обоих вариантов МТА длина корреляционной связи составляет не менее 21 м.

Причем, собственно колебания глубины пахоты не содержат какой-либо скрытой периодической составляющей. Объяснить такой результат можно тем, что агротехнический фон перед пахотой был выровнен при помощи дисковой бороны. Доказательством этого является маленькая дисперсия колебаний неровностей поля, составляющая всего  $1,24 \text{ см}^2$ .

Более того, во время рабочего движения колеса трактора имеют определенное буксование. И так как этот процесс сопровождается срезанием почвы почвозацепами движителей, то происходит дополнительное выравнивание пути движения для энергетического средства. Амплитуда его вертикальных колебаний при этом уменьшается, что обуславливает снижение вертикальных колебаний агрегируемых с трактором плугов. Окончательным следствием этого является повышение стабильности глубины пахоты агрегатом по схеме «push-pull».

### Выводы

Преимущество фронтального агрегатирования сельскохозяйственных орудий с трактором позволяет создавать на его основе высокоэффективные машинно-тракторные агрегаты по схеме «push-pull».

Пахотный агрегат такой схемы в составе трактора ХТЗ-16131, двухкорпусного фронтального и четырехкорпусного задненавесного плугов («2+4») по сравнению с МТА в составе этого же энергетического средства и задненавесного пятикорпусного пахотного орудия («0+5») имеет большую (на 19,5 %) производительность работы и меньший (на 11,5 %) удельный расход топлива.

Использование пахотного агрегата по схеме «2+4» позволяет обрабатывать почву с большей стабильностью хода плугов по глубине.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надикто, В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом / В.Т. Надикто, //Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1994. – №7. – С. 18-21.

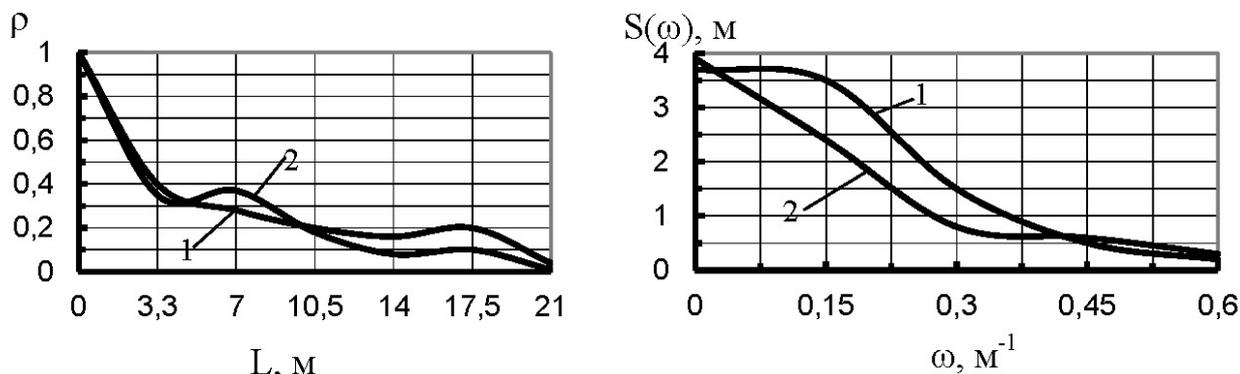


Рисунок 4. Нормированные корреляционные функции ( $\rho$ ) и спектральные плотности  $[S(\omega)]$  колебаний глубины пахоты агрегатами по схеме «0+5» (кривые 1) и «2+4» (кривые 2)

2. Надикто, В.Т. До обґрунтування ефективності орних агрегатів по схемі «push – pull» / В.Т. Надикто, О.І. Генев, А.М. Аюбов // Збірник наукових праць ТДАТА, 2003. – Вип. 12. – С. 46 – 49.

3. Надикто, В.Т. Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС / В.Т. Надикто // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1996. – №10. – С. 8-11.

4. Надикто, В.Т. Дослідження стійкості руху орного МТА за схемою «push-pull» / В.Т. Надикто, О.Д. Кістечок // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2015. – Випуск №2 (101). – С. 99-105.

5. Кувачов, В.П. Методика та результати оцінки

нерівностей профілю ґрунтово-дорожніх фонів за допомогою ЕОМ / В.П. Кувачов, В.Т. Надикто, В.М. Кюрчев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2008. – Вип. 6, т. 6. – С. 28–34.

6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

7. Булгаков, В.М. Агрегативання плугів / В.М. Булгаков, В.І Кравчук, В.Т. Кравчук. – Київ: Аграрна освіта, 2008. – 134 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.09.2016

УДК 621.431

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА**

**А.В. Новиков,**

*профессор каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**Д.А. Жданко,**

*зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**Ю.И. Томкунас,**

*доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**А.А. Шиш,**

*студент агромеханического факультета БГАТУ*

*Даны результаты исследований эффективности использования современных технических средств для объективного учета расхода дизельного топлива машинно-тракторным парком (МТП) в агропромышленном комплексе (АПК) Республики Беларусь.*

*Ключевые слова: машинно-тракторный парк, расход топлива, экономия, энергопотребление, контроль расхода топлива, затраты.*

*The results of studies on the effectiveness of using modern technical means for an objective account of consumption of diesel machines and tractors in the agricultural sector of the Republic of Belarus are given in the article.*

*Keywords: machine-tractor fleet, fuel consumption, saving, energy consumption, fuel consumption control costs.*

### **Введение**

Энергопотребление является важной составляющей любой экономики, так как напрямую влияет на себестоимость единицы валового продукта, поэтому энергосбережение является актуальной проблемой любой страны и особенно стран, не имеющих собственных запасов невозобновляемых источников энергии.

Машинно-тракторный парк Республики Беларусь включает тракторы, грузовые автомобили и самоходные комбайны, при этом по состоянию на 01.01.2015 г. в его составе [1] около 53 % тракторов, 26,9 % грузовых автомобилей и почти 20 % самоходных комбайнов всех видов.

Всего же в 2015 году в сельском хозяйстве республики работало около 80 тыс. единиц самоходной

техники (тракторов, грузовых автомобилей и самоходных комбайнов).

В структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции, по данным Минсельхозпрода, затраты на нефтепродукты составляют: в растениеводстве – 11,5 %, а в животноводстве – 3,2 %. На рис. 1 представлен количественный и удельный расход топливосмазочных материалов (ТСМ) на производство сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь.

Из рис. 1 видно, что потребление топливосмазочных материалов в 2015 г. снизилось более чем на 15 % относительно 2012 г. Расход топливосмазочных материалов на одну единицу самоходной техники составил в 2015 г. – 8,1 т. В 1990 г. такой расход составлял – 9,1 т [2], что в 1,12 раз больше. Следует особо отметить, что с 2014 г. наметилась

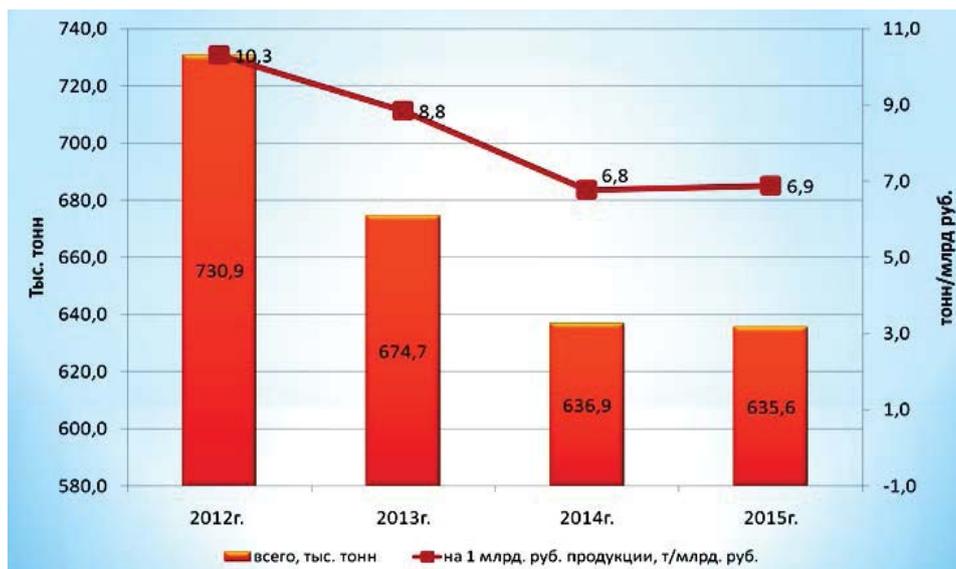


Рисунок 1. Количественный и удельный расход топливо-смазочных материалов на производство сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь

тенденция снижения удельного расхода ТСМ на единицу стоимости сельскохозяйственной продукции. Так, в 2015 г. этот расход уменьшился более чем на 33 % по сравнению с 2012 г.

#### Основная часть

Обеспечение АПК республики дизельным топливом и бензином требует значительных денежных вложений, что отражается на себестоимости сельскохозяйственной продукции и ее конкурентоспособности на внутреннем и внешних рынках.

До настоящего времени учет расхода топлива в сельскохозяйственных предприятиях, как по всему машинно-тракторному парку, так и по каждой отдельной единице техники, осуществляется по лимитно-заборным ведомостям, жетонам, талонам и т.п. По сути, учет расхода ведется в отрыве от самого трактора. Такие методы используются для учета расхода, как в целом, так и при нормировании механизированных работ. Это приводит к тому, что нормы расхода топлива, как правило, завышаются, не учитываются несанкционированные сливы топлива и другие его потери.

На рынке республики в последние годы появились современные технические средства учета расхода топлива, которые могут устанавливаться на тракторах, автомобилях и других мобильных энергетических средствах, имеющих двигатели внутреннего сгорания. Наибольшее распространение получили такие технические средства, как счетчик FMS фирмы «Айтбел» и система контроля расхода топлива совместного российско-белорусского предприятия «Технотон» [3], счетчики жидкого топлива серии VZO-4/VZO-8, дифференциальные (двухкамерные) расходомеры DFM с системой бортового контроля СБК-100.

Указанное выше оборудование (системы контроля расхода топлива (СКРТ)) предназначено для

контроля параметров работы и расхода топлива при установке на грузовые автомобили, тракторы, дорожные и строительные машины, стационарные установки, самоходные комбайны, в которых применяются дизельные двигатели с номинальным напряжением бортовой сети – 12 или 24 В и максимальным расходом топлива через контролируемые датчиками расхода топлива (ДРТ) топливные магистрали до 600 л/ч.

Из технических и экономических соображений, оборудование СКРТ может иметь различный состав. Каждое

устройство выполняет свою задачу. Конфигурацию СКРТ для конкретной машины можно изменять – добавлять, заменять или снимать отдельные устройства. Стоимость современных СКРТ вместе с терминалом GPS-мониторинга не превышает 14 млн руб. без НДС.

Контроль расхода топлива осуществляется по датчику уровня топлива (ДУТ) в баке и (или) по проходному датчику расхода дизельного топлива в двигателе (ДРТ).

Точность контроля расхода по ДРТ значительно выше точности контроля по ДУТ, и при анализе данных его показания следует считать предпочтительными. Однако для бензиновых двигателей возможен контроль расхода топлива только по датчику уровня топлива в баке.

СКРТ обеспечивает также регистрацию других параметров движения, сведения о которых позволяют подтвердить или опровергнуть версию о хищении топлива, а также определить режимы эксплуатации и технического средства.

Основные параметры, контролируемые СКРТ:

- путь расход топлива, л/100 км;
- часовой расход топлива, л/ч;
- объем топлива в баке, л;
- обороты двигателя, об/мин;
- скорость движения, км/ч;
- напряжение бортовой сети, В;
- запас хода, км;
- запас времени работы, ч;
- координаты на местности (при наличии GPS-приемника), град. широты, долготы.

Для оценки эффективности использования СКРТ в производственных условиях, авторами публикации в 2006-2007 гг. обследовано 15 предприятий, как сельскохозяйственного, так и другого профиля, где было установлено почти 200 СКРТ. Предприятия расположены в городе Минске, Минском, Ивьевском,

Вороновском, Наровлянском, Гродненском, Жабинковском, Щучинском районах республики.

В результате проведенных исследований установлено, что, например, на посеве кукурузы агрегатом МТЗ-82 + СТВ-12 и на предпосевной обработке почвы агрегатом Беларус-1221 + АКШ-6 в СПК «Заболотский-Агро» Вороновского района Гродненской области фактическая норма расхода дизельного топлива на 20-25 % ниже нормативной. За девять дней работы погрузчика ТО-28А в ДЭУ-1 РУП «БелАвтострада» сэкономлено 67 л дизельного топлива. Средняя экономия дизельного топлива по всем обследованным предприятиям составила от 15 до 20 %, а это в масштабах республики для сельского хозяйства в то время могло составить – 92,25-123 тыс. тонн при общем потреблении 724 тыс. тонн [2].

Следует также отметить, что при применении СКРТ экономия топлива имеет место не только по причине объективного его учета на сам технологический процесс, но и исключения несанкционированного слива топлива из бака.

Исследование работы погрузчика «Амкодор 342», тракторов «МТЗ-82» и «Беларус-1221» в 2011 г. в ОАО «Крутогорье-Петковичи» Держинского района показало [4], что экономия топлива в течение года составила от 10,2 (погрузчик «Амкодор 342») до 14,3 % (трактор «Беларус-1221»). Расход же топлива у трактора «МТЗ-82» практически не изменился.

В 2013-2015 гг. Светлогорское агропромышленное управление РУП «ПО «Белоруснефть» провело мониторинг расхода топлива автотракторной техникой, оборудованной СКРТ [4]. Ежегодно экономия топлива составила от 170,4 до 241,3 тыс. литров (рис. 2), т.е. годовое потребление предприятием топливо-смазочных материалов ниже нормативных значений на 3,9-5,4 %.

Можно предположить, что если бы вся автотракторная техника АПК была оборудована СКРТ, то годовая экономия топливо-смазочных материалов в 2015 году могла бы составить около 25-35 тыс. тонн.

### Заключение

1. На рынке Республики Беларусь имеется достаточное количество сравнительно недорогих систем контроля расхода топлива автотракторной техникой.

2. Современные системы контроля расхода топлива легко монтируются на мобильных энергетических средствах, имеют погрешность не выше  $\pm 1\%$ , могут контролировать до 9 параметров.

3. При использовании на сельскохозяйственной технике систем контроля расхода топлива ежегодная экономия может достигать – 25-35 тыс. тонн.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – 318 с.

2. Новиков, А.В. Об эффективности использования современных технических средств для учета расхода дизельного топлива / А.В. Новиков, Ю.И. Томкунас, В.В. Полторан, А.А. Мажей // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–13 июня 2008 г. : в 2 ч. / редкол.: А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2008. – Ч. 1. – С. 369-371.

3. Диагностика и техническое обслуживание машин: практикум / А.В. Новиков [и др.]; под общ. ред.

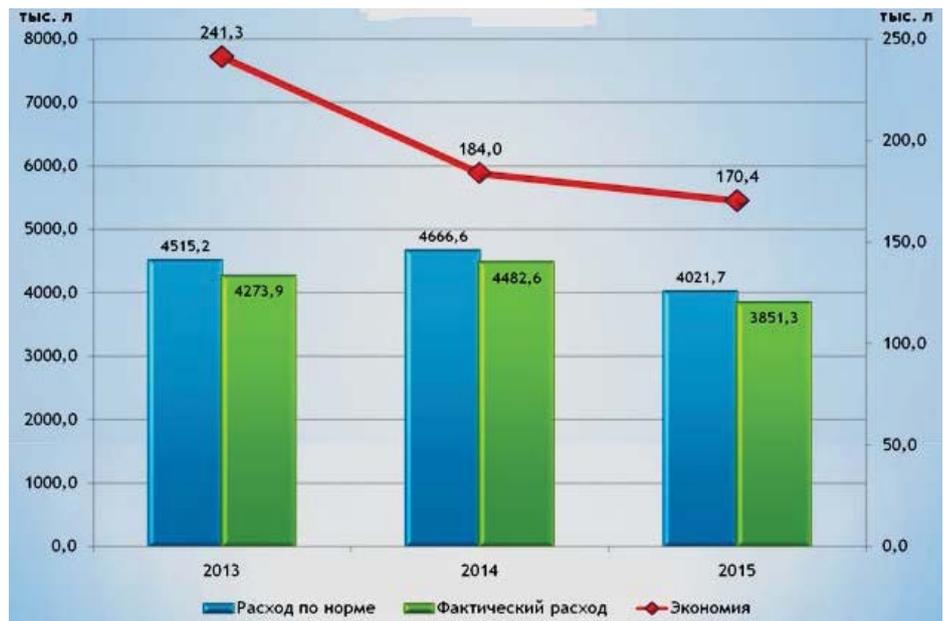


Рисунок 2. Экономия и расход топлива автотракторной техникой, оборудованной СКРТ, в Светлогорском агропромышленном управлении РУП «ПО «Белоруснефть» за 2013-2015 гг.

А.В. Новикова. –2-е изд., пер. и доп. – Минск: БГАТУ, 2011. – 344 с.

4. Приложение к Постановлению №3 Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 2016. – 26.02.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.04.2016

УДК 631.365.4

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИЛОВОГО МЕТОДА СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ТИПА «ПОЛЕСЬЕ»

**Л. И. Бойко,**

гл. науч. сотр. Объединенного института машиностроения НАН Беларуси, докт. техн. наук

**Н. Л. Ракова,**

доцент каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

**Т. В. Бойко,**

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

**А. С. Воробей,**

ст. науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук

*На основании результатов силового расчета механизма обоснован метод снижения нагруженности привода механизма путем применения силового метода снижения динамической нагруженности привода.*

*Ключевые слова: система очистки, привод возвратно-поступательного движения, силовой метод, инерционные силы, надежность, колеблющиеся массы, нагруженность привода.*

*On the basis of results of power calculation of the mechanism the method of decrease in loading of the drive of the mechanism by application of a power method of decrease in dynamic loading of the drive is reasonable.*

*Keywords: system of cleaning, the back and forth motion drive, a power method, inertial forces, reliability, the fluctuating masses, loading of the drive.*

### Введение

В условиях развития рыночных отношений и обострения конкуренции товаропроизводителей на рынке СНГ и мировых рынках, одной из задач, обеспечивающих подъем экономики Республики Беларусь, является выход отечественного сельскохозяйственного машиностроения на качественно новый уровень создаваемой техники с высокими требованиями к их производительности, надежности, энергопотреблению и эксплуатационным характеристикам. При этом сохраняется тенденция к повышению удельной энергонасыщенности машин, скоростей их движения и, как следствие, возрастанию передаваемых нагрузок.

Наиболее ответственными системами большинства современных сельскохозяйственных машин, часто лимитирующими надежность, качественные и эксплуатационные характеристики, являются приводы их рабочих органов с возвратно-поступательными движениями, поскольку даже при установившемся движении им присущи знакопеременные инерционные силы, создаваемые колеблющимися массами, например, привод системы очистки зерноуборочных комбайнов. Компания «Гомсельмаш» выпускает зерноуборочные комбайны «Полесье», каждый из которых в своем классе обеспечивает быструю, качественную и экономную уборку в широком

диапазоне урожайности для любых условий и культур.

В зерноуборочных комбайнах применяют решетчатые очистки с жалюзийными решетками нагнетательным воздушным потоком.

Площадь решет  $S_p$  должна соответствовать номинальной пропускной способности  $q_{он}$ , а среднее отношение должно быть в пределах

$$S_p / q_{он} = 0,4 \dots 0,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}}{\text{кг}}$$

где  $S_p$  – площадь решет,  $\text{м}^2$

$q_{он}$  – номинальная пропускная способность,  $\text{кг/с}$

В таблице 1 представлены значения отношений площади решета к номинальной пропускной способности для всех классов зерноуборочных комбайнов типа «Полесье».

Приводы очисток зерноуборочных комбайнов

**Таблица 1. Значения отношений площади решета к номинальной пропускной способности зерноуборочных комбайнов в зависимости от марки**

Марка	GS07	GS812	GS10	GS12	GS14
$S_p, \text{м}^2$	3,86	3,86	5	5	5,8
$q_{он}, \text{кг/с}$	7	8	10	12	14
$S_p / q_{он}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}}{\text{кг}}$	0,55	0,48	0,5	0,42	0,42

типа «Полесье» унифицированы и относятся к приводам с колеблющимися рабочими органами (с возвратно-поступательным движением последних). На зерноуборочных комбайнах типа «Полесье» устанавливается система очистки с верхним и нижним решетчатыми станами.

В системе очистки зерноуборочного комбайна GS10 (рис. 1) нижний решетчатый стан 10 и стрясная доска 1 колеблются в противофазе с верхним решетом 6, удлинителем 8 и дополнительным решетом 3.

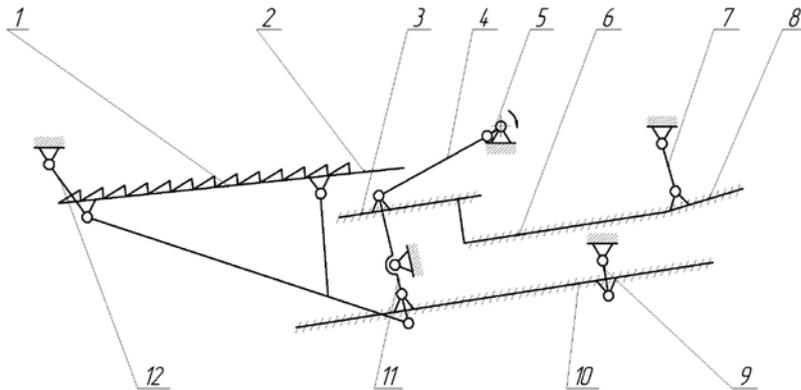


Рисунок 1. Схема очистки зерноуборочного комплекса GS10:  
1 – стрясная доска; 2 – пальцевая решетка; 3 – дополнительное решето; 4 – шатун; 5 – кривошип; 6 – верхнее решето; 7, 9, 12 – шарнирные подвески; 8 – удлинитель верхнего решета; 10 – нижнее решето; 11 – двуплечий рычаг

Поскольку суммарная масса стрясной доски 1 и нижнего решета 10 незначительно больше массы верхнего решетчатого стана, а амплитуда колебаний большей массы меньше, то данная очистка является в достаточной степени уравновешенной.

Удачна схема очистки и тем, что она не содержит дополнительных кривошипов и шатунов. Однако действие значительных знакопеременных инерционных нагрузок от колеблющихся масс не только вызывает колебания рамы комбайна, но и нагружает привод системы очистки, что вызывает повышенный износ в шарнирах привода.

Объектом исследования выбрана система очистки зернового вороха зерноуборочного комплекса GS10, как одна из наиболее уравновешенных. Кроме того, сам комплекс, включающий очистку, является крайне перспективным – его энергетическое устройство может быть использовано с другими адаптерами для уборки трав, кукурузы, свеклы, что позволяет резко повысить его эффективность.

### Основная часть

Так как в данной работе решается вопрос снижения инерционной составляющей нагруженности привода системы очистки, для выбора мер, необходимых для уравновешивания механизма системы очистки зерноуборочного комплекса GS10, необходимо выполнить его силовой расчет. На основании результатов выполненных расчетов механизма необходимо выбрать меры для снижения воздействия привода на

раму машины (путем перераспределения колеблющихся масс), либо для снижения нагруженности самого привода механизма (путем применения кинематического либо силового метода снижения динамической нагруженности приводов).

Силы инерции каждого звена приводятся к главному моменту пары сил инерции и главному вектору сил инерции, приложенных в центре масс звена [1].

$$\vec{F}_{Mi} = -\vec{a}_{Mi} m_i, \quad (1)$$

$$M_i = -\varepsilon_i J_{Mi}, \quad (2)$$

где  $F_{Mi}$  – сила инерции  $i$ -того звена механизма, приложенная в центре масс  $i$ -того звена, Н;

$a_{Mi}$  – ускорение центра масс  $i$ -того звена механизма,  $m/c^2$ ;

$M_i$  – момент пары сил  $i$ -того звена, Н·м;

$\varepsilon_i$  – угловое ускорение  $i$ -того звена,  $c^2$ ;

$J_{Mi}$  – момент инерции  $i$ -того звена относительно оси, проходящей через центр масс  $M_i$  и перпендикулярной к плоскости движения звена,  $кг/м^2$ .

Механизм делится на кинематические пары. Расчет сил реакций в кинематических парах ведется с конца кинематической цепочки.

Первой кинематической парой, в которой производится расчет сил реакций от воздействия инерционных нагрузок, является пара звеньев, составляющих четырехзвездник без ведущего звена (рис. 2). Схемы к расчету второй, третьей и четвертой кинематическим парам приведены на рисунках 3, 4 и 5 соответственно. Расчетная схема определения реакций в опоре ведущего звена и движущего момента механизма очистки приведена на рисунке 6.

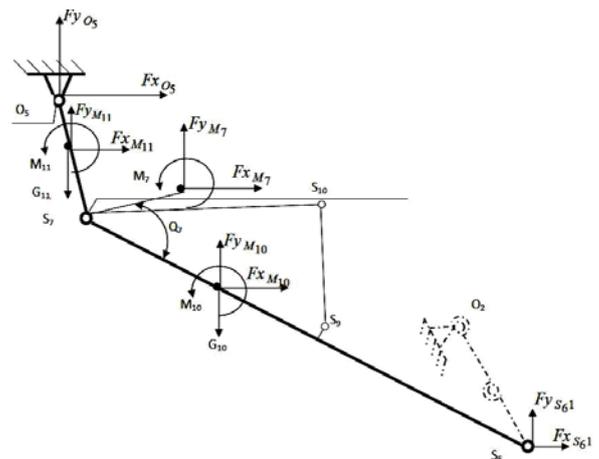


Рисунок 2. Расчетная схема определения реакций в кинематической паре 1

К центру масс каждого звена механизма приложена сила веса звена (на расчетной схеме может не указываться), направленная всегда вниз и численно равная:

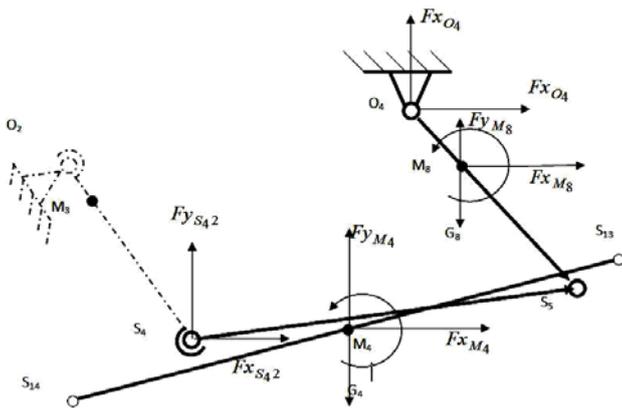


Рисунок 3. Расчетная схема определения реакций в кинематической паре 2

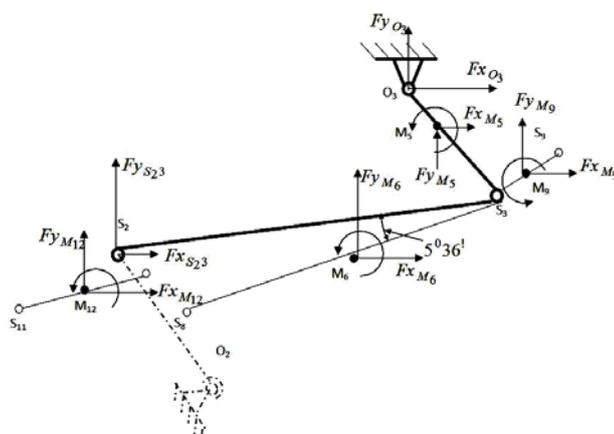


Рисунок 4. Расчетная схема определения реакций в кинематической паре 3

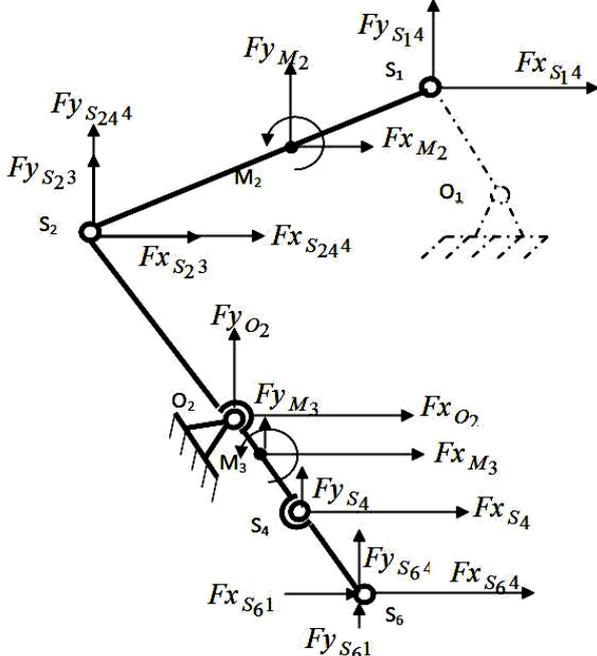


Рисунок 5. Расчетная схема определения реакций в кинематической паре 4

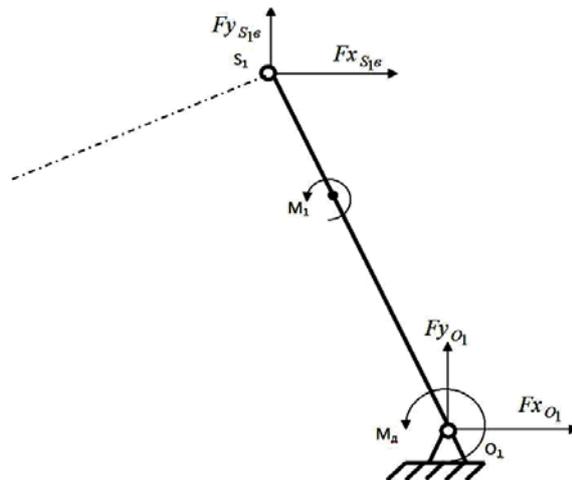


Рисунок 6. Расчетная схема определения реакций в опоре ведущего звена и движущего момента механизма очистки

$$G_i = g m_i, \quad (3)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;

$m_i$  – масса  $i$ -того звена, кг.

Для каждой кинематической пары составляются уравнения равновесия сил и моментов по принципу Д'аламбера [3]. Для первой кинематической пары (рис. 2) сумма проекций сил на оси координат имеет вид:

– на ось X:

$$F_{x_{S_6,1}} + F_{x_{M_{10}}} + F_{x_{M_7}} + F_{x_{M_{11}}}; + \\ + F_{x_{O_5}} = 0; \quad (4)$$

– на ось Y:

$$F_{y_{S_6,1}} + (F_{y_{M_{10}}} - G_{10}) + (F_{y_{M_7}} - G_7) + \\ + (F_{y_{M_{11}}} - G_{11}) + F_{y_{O_5}} = 0. \quad (5)$$

Сумма моментов звена  $S_6S_7$  относительно точки  $S_7$ :

$$F_{x_{S_6,1}} |Y_{S_6} - Y_{S_7}| + F_{y_{S_6,1}} |X_{S_6} - X_{S_7}| + F_{x_{M_{10}}} \times \\ \times |Y_{M_{10}} - Y_{S_7}| + M_{10} + (F_{y_{M_{10}}} - G_{10}) \times \\ \times |X_{M_{10}} - X_{S_7}| - F_{x_{M_7}} |Y_{M_7} - Y_{S_7}| + \\ + (F_{y_{M_7}} - G_7) |X_{M_7} - X_{S_7}| + M_7 = 0. \quad (6)$$

Сумма моментов звена  $O_5S_7$  относительно точки  $S_7$ :

$$-F_{x_{M_{11}}} |Y_{M_{11}} - Y_{S_7}| - (F_{y_{M_{11}}} - G_{11}) |X_{M_{11}} - X_{S_7}| + \\ + M_{11} - F_{x_{O_5}} |Y_{O_5} - Y_{S_7}| - F_{y_{O_5}} |X_{O_5} - X_{S_7}| = 0. \quad (7)$$

Таким образом, для каждой кинематической пары составляется система из четырех уравнений равновесия.

Если в правые части уравнений 4, 5, 6, 7 перенести известные члены уравнений и обозначить их как, соот-

ветственно,  $b_1, b_2, b_3, b_4$ , то систему данных уравнений можно представить в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ ly_{S_6S_7} & 0 & lx_{S_6S_7} & 0 \\ 0 & -ly_{O_5S_7} & 0 & -lx_{O_5S_7} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Fx_{S_6} \\ Fx_{O_5} \\ Fy_{S_6} \\ Fy_{O_5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где плечи моментов соответствующих сил равны:

$$ly_{S_6S_7} = |Y_{S_6} - Y_{S_7}|; \quad (9)$$

$$lx_{S_6S_7} = |X_{S_6} - X_{S_7}|; \quad (10)$$

$$ly_{O_5S_7} = |Y_{O_5} - Y_{S_7}|; \quad (11)$$

$$lx_{O_5S_7} = |X_{O_5} - X_{S_7}|, \quad (12)$$

а правые части уравнений имеют вид:

$$b_1 = -(Fx_{M_{10}} + Fx_{M_7} + Fx_{M_{11}}); \quad (13)$$

$$b_2 = -[(Fy_{M_{10}} - G_{10}) + (Fy_{M_7} - G_7) + (Fy_{M_{11}} - G_{11})]; \quad (14)$$

$$b_3 = -\{Fx_{SM_{10}} |Y_{M_{10}} - Y_{S_7}| + M_{10} + (Fy_{SM_{10}} - G_{10}) |X_{M_{10}} - X_{S_7}| - \\ - Fx_{SM_7} |Y_{M_7} - Y_{S_7}| + (Fy_{SM_7} - G_7) |X_{M_7} - X_{S_7}| + M_7\}; \quad (15)$$

$$b_4 = -\{-Fx_{M_{11}} |Y_{M_{11}} - Y_{S_7}| - (Fy_{M_{11}} - G_{11}) |X_{M_{11}} - X_{S_7}| + M_{11}\}. \quad (16)$$

Решение уравнения 8 относительно реакций в первой кинематической паре дает следующие значения:

$$Fx_{S_6} = -\frac{b_1 ly_{O_5S_7} lx_{S_6S_7} + b_2 lx_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - b_3 lx_{O_5S_7} + b_4 lx_{S_6S_7}}{ly_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - lx_{S_6S_7} ly_{O_5S_7}}; \quad (17)$$

$$Fx_{O_5} = \frac{b_1 ly_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} + b_2 lx_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - b_3 lx_{O_5S_7} + b_4 lx_{S_6S_7}}{ly_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - ly_{O_5S_7} lx_{S_6S_7}}; \quad (18)$$

$$Fy_{S_6} = \frac{b_1 ly_{S_6S_7} ly_{O_5S_7} + b_2 ly_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - b_3 ly_{O_5S_7} + b_4 ly_{S_6S_7}}{ly_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - ly_{O_5S_7} lx_{S_6S_7}}; \quad (19)$$

$$Fy_{O_5} = -\frac{b_1 ly_{S_6S_7} ly_{O_5S_7} + b_2 ly_{O_5S_7} lx_{S_6S_7} - b_3 ly_{O_5S_7} + b_4 ly_{S_6S_7}}{ly_{S_6S_7} lx_{O_5S_7} - ly_{O_5S_7} lx_{S_6S_7}}. \quad (20)$$

Составляющие сил реакций в шарнире  $S_7$  первой кинематической пары находятся из условий равновесия одного звена, например  $O_5S_7$ :

$$Fx_{S_7} + Fx_{M_{11}} + Fx_{O_5} = 0; \quad (21)$$

$$Fx_{S_7} = -(Fx_{M_{11}} + Fx_{O_5}), \quad (22)$$

$$Fy_{S_7} + (Fy_{M_{11}} - G_{11}) + Fy_{O_5} = 0, \quad (23)$$

$$Fy_{S_7} = -(Fy_{M_{11}} - G_{11} + Fy_{O_5}). \quad (24)$$

Значения сил реакций определяются по формуле:

$$F_i = \sqrt{Fx_i^2 + Fy_i^2} \quad (25)$$

Направление сил реакций определяется углом  $\varphi$ :

$$\varphi_{F_i} = \arctg \frac{Fy_i}{Fx_i} \quad (26)$$

Аналогично рассчитываются реакции и в остальных кинематических парах механизма системы очистки согласно расчетным схемам (рис. 3...5).

Кинематическая пара, в которую входит ведущее звено и стойка, является вращательной парой пятого класса. Чтобы ведущее звено находилось в равновесии, к нему прикладывается движущий момент механизма (рис. 6). В шарнире  $S_1$  приложена сила реакции  $F_{S1\epsilon}$ , равная по величине силе реакции в этом шарнире  $F_{S1\delta}$  от кинематической пары 4 и направленная противоположно:

$$Fx_{O_1} + Fx_{M_1} + Fx_{S1\epsilon} = 0, \quad (27)$$

$$Fx_{O_1} = -(Fx_{M_1} + Fx_{S1\epsilon}), \quad (28)$$

$$Fy_{O_1} + (Fy_{M_1} - G_1) + Fy_{S1\epsilon} = 0, \quad (29)$$

$$Fy_{O_1} = -(Fy_{M_1} - G_1 + Fy_{S1\epsilon}), \quad (30)$$

$$\begin{aligned} M_d + M_1 - Fx_{M_1} |Y_{M_1} - Y_{O_1}| - \\ - (Fy_{M_1} - G_1) \times |X_{M_1} - X_{O_1}| - \\ - Fx_{S1\epsilon} |Y_{S_1} - Y_{O_1}| - Fy_{S1\epsilon} \times \\ \times |X_{S_1} - X_{O_1}| = 0 \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} M_d = - \{ M_1 - Fx_{M_1} |Y_{M_1} - Y_{O_1}| - \\ (Fy_{M_1} - G_1) |X_{M_1} - X_{O_1}| - Fx_{S1\epsilon} \times \\ \times |Y_{S_1} - Y_{O_1}| - Fy_{S1\epsilon} |X_{S_1} - X_{O_1}| \} = 0. \end{aligned} \quad (32)$$

Для уравнивания сил инерции относительно рамы механизма необходимо, чтобы центр масс механизма был неподвижен [4]:

$$X_{cm} = const; \quad Y_{cm} = const, \quad (33)$$

где  $X_{cm}$ ,  $Y_{cm}$  – координаты общего центра масс механизма, определяемые по формулам:

$$X_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{cm_i} m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (34)$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n y_{cm_i} m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (35)$$

Траектория координат центра масс механизма очистки за один оборот представлена графически на рисунке 7.

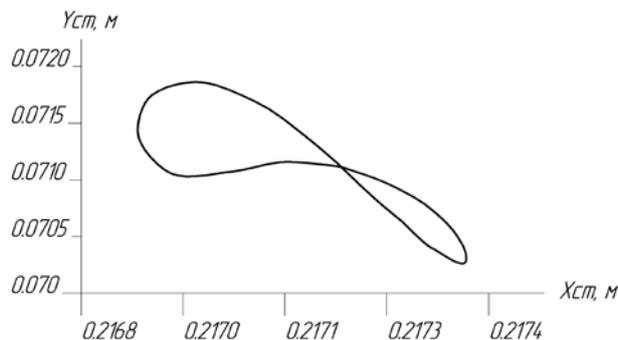


Рисунок 7. Траектория движения центра масс механизма очистки за один оборот приводного вала

Как видно из графика (рис. 7), условия (34, 35) для уравнивания механизма очистки практически выполнено: по горизонтали максимальное смещение составляет 0,483 мм, по вертикали – 1,614 мм (для сравнения – максимальное смещение центра тяжести системы очистки зерноуборочного комбайна «Дон-1500Б» по горизонтали для серийного привода составляет 7 см, для уравновешенного – 5 мм [3]). Следовательно, воздействие инерционных сил на раму сведено к минимуму и дополнительных мер для устранения их воздействия не требуется.

Для устранения воздействия сил инерции на привод механизма необходимо, чтобы главный момент сил инерции был равен нулю:

$$\Sigma M_{ui} = 0, \quad (36)$$

где  $\Sigma M_{ui}$  – главный момент сил инерций механизма системы очистки.

График главного момента сил инерции механизма очистки относительно оси двуплечего рычага приведен на рисунке 8.

Как видно из графика (рис. 8), условие (36) не выполняется – на привод механизма системы очистки действуют значительные динамические нагрузки, возникающие вследствие неуравновешенности главного момента сил инерции механизма.

### Выводы

Предпринятые меры при проектировании механизма системы очистки позволили минимизировать воздействие инерционных сил на раму машины, однако разгрузить привод механизма не удалось. Из приведенных расчетов следует, что для повышения надежности и долговечности рассматриваемого механизма представляется целесообразным решение зада-

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ  
ЛИТЕРАТУРЫ**

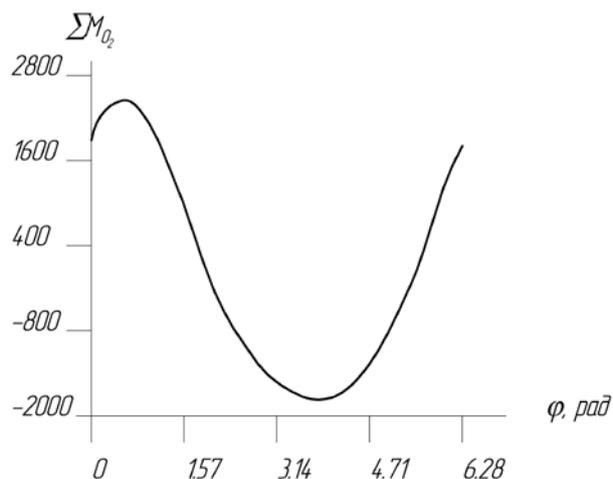


Рисунок 8. График главного момента сил инерции механизма очистки (относительно оси опоры  $O_2$ )

чи снижения нагруженности его привода посредством использования силового метода снижения динамической нагруженности приводов [5].

1. Артоболевский, И.И. Методы уравнивания сил инерции в рабочих машинах со сложными кинематическими схемами / И.И. Артоболевский. – М.-Л.: Академия наук СССР, 1938. – 46 с.
2. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1975. – 638 с.
3. ОАО «Лидагпроммаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lidagro.by/>. – Дата доступа: 28.11.2010.
4. Озол, О.Г. Кинематические характеристики движения ползуна кривошипно-шатунного механизма / О.Г. Озол // Труды Латвийской сельскохозяйственной академии. – Рига, 1958. – Вып. 7. – С. 143-157.
5. Щербаков, В.М. Уравнивание системы очистки комбайна «Дон-1500Б» / В.М. Щербаков, Н.И. Стрикунов // Вестник Алтайского гос. аграрного университета, 2007. – № 7. – С. 48–50.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.07.2016

**Пористые волокновые материалы**

**Предназначены** для очистки жидкостей, газов от твердых частиц и жидких аэрозолей.



**Основные технические данные**

Тонкость очистки ППМ	
- при фильтрации газов	0,5...20 мкм
- при фильтрации жидкостей	1...100 мкм

Фильтры используются для очистки сжиженных и сжатых газов при их производстве и практическом использовании, отходящих газов в технологических циклах химического, биотехнологического, металлургического, цементного и др. производств, для очистки воды, горюче-смазочных материалов, пищевых продуктов (соки, пиво и др.), смол, основ для лаков, расплавов солей и полимеров.

УДК 637.14

## РАЗРАБОТКА ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

**Л.В. Сафроненко,**

*доцент каф. инновационного развития АПК ИПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**Е.В. Сафроненко,**

*директор ОАО «Бона Фуд»*

*В статье изложены результаты исследований по разработке технологических режимов производства ферментированного пробиотического продукта для детского питания, включающие режимы тепловой обработки подготовленного молочного сырья и параметров внесения немолочных ингредиентов, обеспечивающих расширение ассортимента данной категории продуктов.*

*Ключевые слова: молочные продукты, ферментация, молочнокислые микроорганизмы, бифидобактерии, детское питание.*

*The results of researches on the development of technological modes of production of fermented probiotic product for baby food options including thermal treatment of the mixture and the normalized parameters making non-dairy ingredients, ensuring the expansion of the range of this category of products are given.*

*Keywords: dairy products, fermentation, lactic acid bacteria, bifidobacteria, baby food.*

### Введение

Питание детей представляет собой один из ключевых факторов, определяющих не только качество жизни, но также условия роста и развития ребенка. В Республике Беларусь на 1 января 2016 года насчитывалось 1824 тысяч детей в возрасте до 18 лет [1]. Качественное питание именно этой категории населения является одной из приоритетных задач нашего государства в обеспечении здоровья нации. Полноценное питание укрепляет способность к обучению и здоровью детей. Такое питание влияет на интеллектуальное развитие ребенка и является необходимым условием хорошей успеваемости в школе. Дети, имевшие серьезную недостаточность основных нутриентов, минеральных и витаминных веществ, получают при тестировании на IQ и знание фактической информации более низкие оценки, чем дети в специально выбранных группах сравнения [2].

Одно из первостепенных мест в обеспечении сбалансированного питания для детей занимают молоко и молочные продукты.

В кисломолочных продуктах (по сравнению с цельным молоком) содержатся молочнокислые и пробиотические микроорганизмы, которые подавляют развитие болезнетворных организмов в кишечнике, разрушают токсичные продукты обмена веществ, синтезируют витамины, повышают усвоение белков пищи, укрепляют иммунную систему [3].

На рынке Республики Беларусь представлены следующие виды продуктов с пробиотическими культурами: кисломолочный продукт «Актимель» – массовая доля жира – 2,5 %, содержит витамин С и

Lactobacillus casei; Активия (производства «Данон», РФ) – массовая доля жира – 2,0 %, содержит бифидобактерии; бионапиток «Активил» (ОАО «Березовский сыродельный комбинат») содержит бифидобактерии; кисломолочный напиток «Оптималь» обезжиренный (ОАО «Савушкин продукт») содержит бифидобактерии; кисломолочный напиток «Бифитат» (ОАО «Молочные продукты») содержит бифидобактерии и ацидофильную палочку.

Для детского питания выпускаются – молоко стерилизованное, детский кефир (Минский молочный завод №1, ОАО «Милкавита», ОАО «Рогачевский МКК» и др); кисломолочные продукты, содержащие пробиотические микроорганизмы: «Бифидобакт» (РУП «Институт мясомолочной промышленности»), «Бифидин» (ОАО «Биомолпродукт», цех Березино).

Таким образом, в настоящее время ассортимент ферментированных молочных продуктов, предназначенных для детей различных возрастных групп, начиная с первого года жизни, практически не сформирован, и поэтому необходимо дальнейшее проведение научных исследований в плане расширения ассортимента в соответствии с пищевыми и органолептическими потребностями детей старше одного года.

### Основная часть

Для организации производства ферментированных молочных продуктов в промышленных масштабах в РУП «Институт мясомолочной промышленности» в течение 20 лет проводятся исследования по получению исходных штаммов микроорганизмов, созданию технологий концентрированных заквасок для ферментации молочного сырья и технологии

ферментированных молочных продуктов для всех категорий населения, в том числе и детей с 3-х месячного возраста (Бифидобакт, Бифитат и др.). Использование компонентов немолочного происхождения в соответствии с пищевыми и органолептическими потребностями детей позволяет сформировать ассортимент новых продуктов для разнообразия питания с учетом вкусовых и энергетических потребностей детского организма.

Исследован процесс изготовления продуктов ферментацией нормализованного молока с массовой долей жира – 3,4 % с добавлением и без добавления сахарного сиропа и фруктовых пюре для детского питания при различных режимах тепловой обработки нормализованной смеси и различных параметрах внесения фруктового пюре. Натуральные фруктовые пюре дополняют исходный вкус кисломолочного продукта характерным привкусом и придают продуктам более вязкую консистенцию, а также обогащают продукты натуральными пектинами.

Фруктовые пюре вносили в ферментированную молочную основу на следующих стадиях:

- по завершению процесса ферментации;
- при перемешивании после охлаждения ферментированной молочной основы до  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$  ;
- в охлажденную до  $(14 \pm 2) ^\circ\text{C}$  ферментированную молочную основу.

Сахар использовали в образцах с пюре и вносили на стадии перемешивания после охлаждения ферментированной молочной основы до  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и в охлажденную до  $(14 \pm 2) ^\circ\text{C}$  ферментированную молочную основу.

Тепловую обработку проводили при различных температурных режимах для определения микробиологической безопасности конечных продуктов после 10 суток хранения при температуре  $(6 \pm 2) ^\circ\text{C}$ :

- стерилизация при  $(136 \pm 2) ^\circ\text{C}$  с выдержкой  $(14 \pm 2)$  мин;
- стерилизация при  $(121 \pm 2) ^\circ\text{C}$  с выдержкой  $(14 \pm 2)$  мин;
- пастеризация при  $(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$  с выдержкой  $(15 \pm 2)$  мин;

Процесс ферментации молочных основ проводился с использованием концентрированных заквасок «Пробилакт», содержащих пробиотические микроорганизмы (лактобациллы, термофильный стрептококк, бифидобактерии (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium* spp.)), до образования сгустка при достижении титруемой кислотности –  $55-65 ^\circ\text{T}$ , также проводилась сенсорная оценка образцов готовых продуктов.

При проведении оценки консистенции образцов продуктов отмечено, что в образцах, изготовленных в режиме стерилизации, на стадии готового продукта наблюдалось незначительное отделение сыворотки

(менее 5 % от объема образца) в месте механического нарушения сгустка, не восстанавливающееся после перемешивания сгустка. В образцах пастеризованных молочных основ наблюдались более плотный сгусток и более вязкая консистенция по сравнению с образцами стерилизованных молочных основ.

При внесении фруктового пюре в молочную основу, после окончания процесса ферментации наблюдалось отделение сыворотки. Более гармоничный выраженный вкус и однородная вязкая консистенция без синерезиса наблюдались в образцах продуктов, изготовленных с добавлением фруктовых пюре на стадии перемешивания охлажденной до  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$  ферментированной молочной основы.

Образцы, изготовленные с добавлением фруктовых пюре на стадии перемешивания охлажденной до  $(14 \pm 2) ^\circ\text{C}$  ферментированной молочной основы, имели более резкий, кислый вкус и требуют доработки вкусовых качеств.

Для улучшения органолептических показателей и смягчения вкуса полученных образцов добавляли сахарный сироп согласно рецептурам.

В процессе хранения образцов при температуре  $(6 \pm 2) ^\circ\text{C}$  в течение 10 суток отделения сыворотки не наблюдалось.

На рисунках 1-3 изображены графики, отражающие изменения значений титруемой (ТК) и активной кислотности (АК) в образцах продуктов, изготовленных в режимах стерилизации молочных основ (образец 1,4) и пастеризации молочных основ (образец 2, 3) и при различных температурных режимах внесения фруктового пюре на стадии «готового продукта» и в процессе хранения при температуре  $(6 \pm 2) ^\circ\text{C}$  в течение 10 суток.

В процессе хранения образцов при температуре  $(6 \pm 2) ^\circ\text{C}$  в течение 10 суток происходит увеличение значений ТК (рис. 2, 3). В образцах, изготовленных с обработкой молочной основы в режиме стерилизации, значения ТК на 10-е сутки хранения больше, чем в образцах, изготовленных с обработкой молочной основы в режиме пастеризации и составляют  $(103 - 105) ^\circ\text{T}$  и  $(100 - 102) ^\circ\text{T}$  соответственно.

Установлено, что до момента внесения пюре в образцах, охлажденных до  $(14 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , значения ТК выше, чем в образцах, охлажденных до  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . После добавления пюре в образцах с температурой внесения  $(14 \pm 2) ^\circ\text{C}$  происходит снижение значений ТК, и на стадии готового продукта значения ТК в этих образцах меньше, чем в образцах с внесением пюре при температуре  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . В процессе дальнейшего хранения этих образцов при температуре  $(6 \pm 2) ^\circ\text{C}$  в течение 10 суток происходит рост значений ТК больше, чем в образцах с добавлением пюре при температуре  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Значения ТК в этих образцах на 10-е сутки хранения превышают  $100 ^\circ\text{T}$  и составляют  $(106-107 ^\circ\text{T})$ .

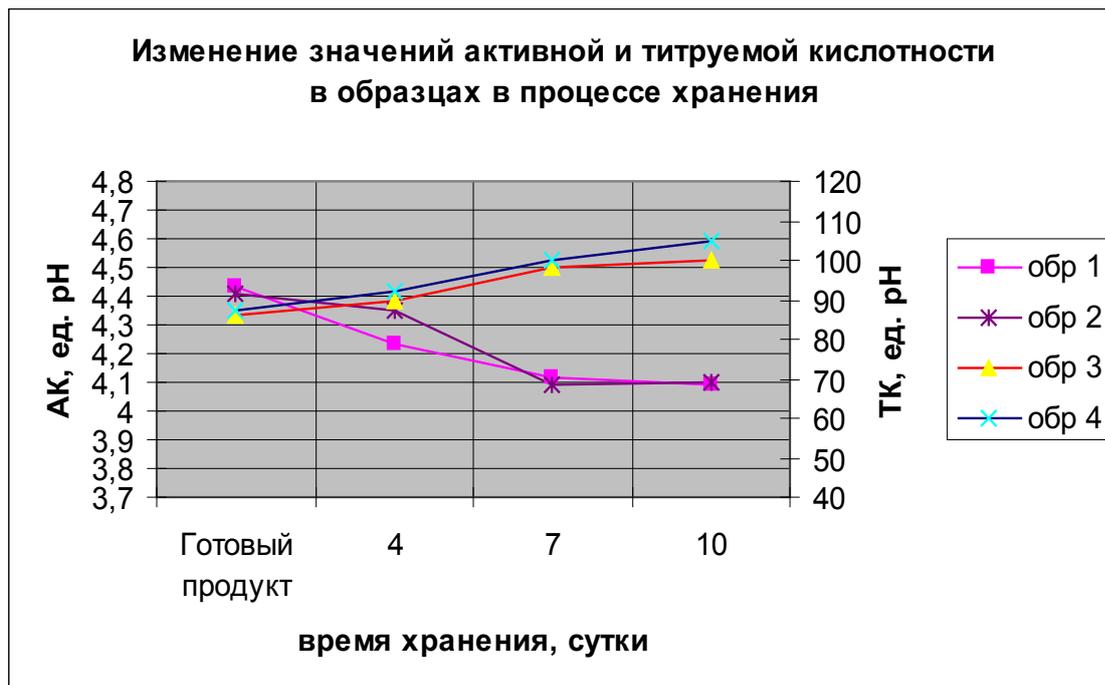


Рисунок 1. Изменение значений титруемой и активной кислотности в процессе хранения образцов на основе стерилизованного и пастеризованного молока при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 10 суток:

образец 1 – АК в образце нормализованного молока при  $t_{ст} 121 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  
образец 2 – АК в образце нормализованного молока при  $t_{паст} 85 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  
образец 3 – ТК в образце нормализованного молока при  $t_{паст} 85 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  
образец 4 – ТК в образце нормализованного молока при  $t_{ст} 121 \pm 2^\circ\text{C}$

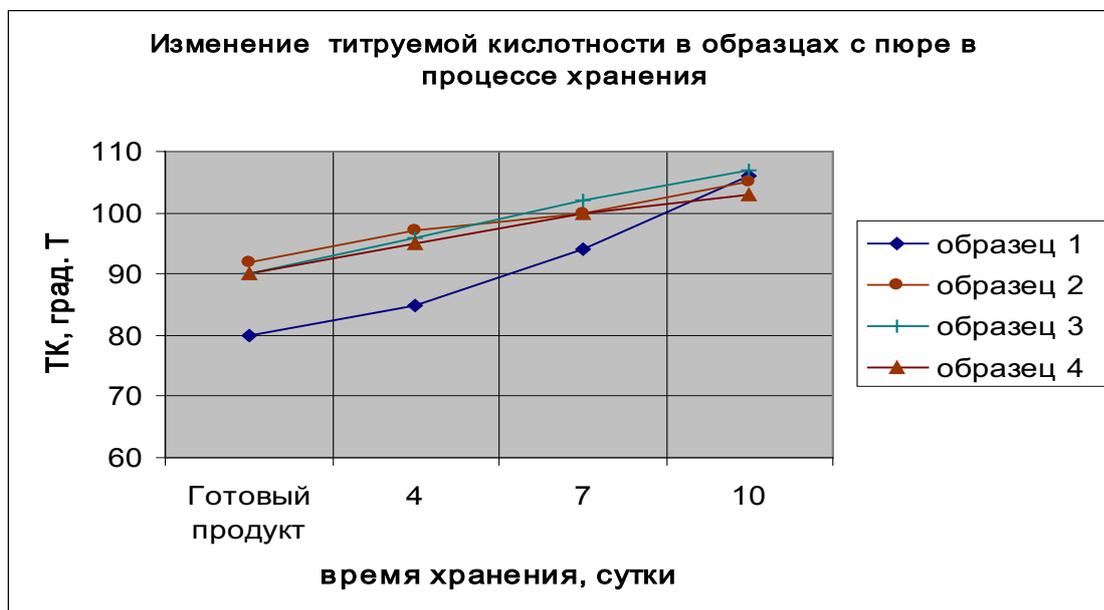


Рисунок 2. Изменение значений титруемой кислотности в процессе хранения образцов на основе стерилизованного и пастеризованного молока при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 10 суток:

образец 1 – ТК в образце на основе стерилизованного молока при  $t_{внесения} \text{ пюре } 14 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  
образец 2 – ТК в образце на основе стерилизованного молока при  $t_{внесения} \text{ пюре } 22 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  
образец 3 – ТК в образце на основе пастеризованного молока при  $t_{внесения} \text{ пюре } 14 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  
образец 4 – ТК в образце на основе пастеризованного молока при  $t_{внесения} \text{ пюре } 22 \pm 2^\circ\text{C}$

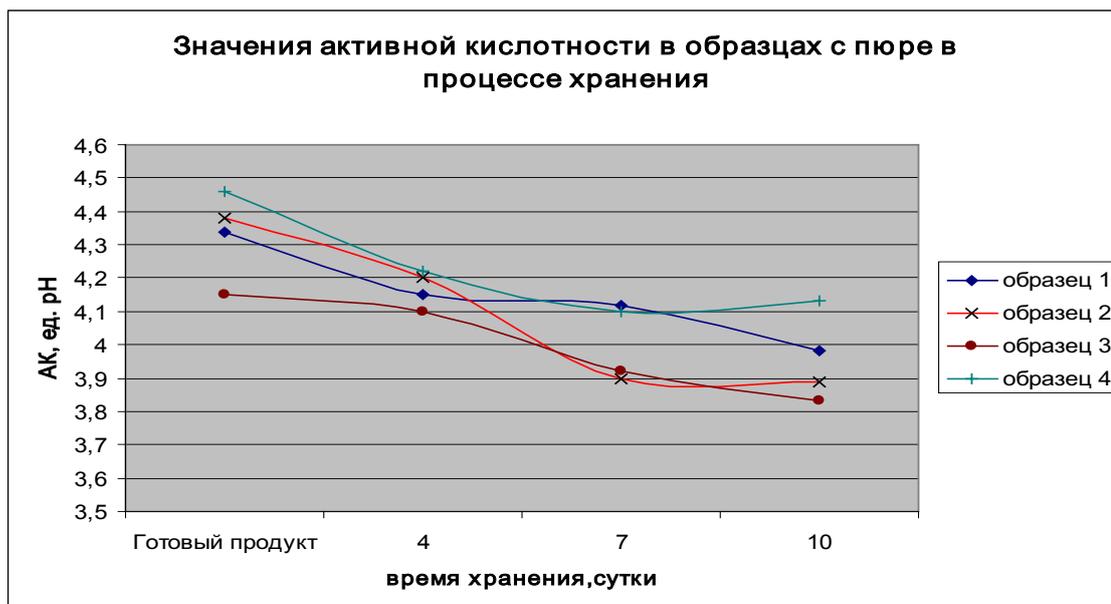


Рисунок 3. Изменение значений активной кислотности в процессе хранения образцов на основе стерилизованного и пастеризованного молока при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 10 суток: образец 1 – АК в образце на основе стерилизованного молока при  $t$  внесения пюре –  $14 \pm 2^\circ\text{C}$ ; образец 2 – АК в образце на основе стерилизованного молока при  $t$  внесения пюре –  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ; образец 3 – АК в образце на основе пастеризованного молока при  $t$  внесения пюре –  $14 \pm 2^\circ\text{C}$ ; образец 4 – АК в образце на основе пастеризованного молока при  $t$  внесения пюре –  $22 \pm 2^\circ\text{C}$

При добавлении пюре в охлажденную до  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$  молочную основу происходит более резкое снижение рН продукта, чем при добавлении пюре в охлажденную молочную основу до  $(14 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Снижение значений АК после внесения пюре в основы с температурой  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$  происходит на  $(0,2-0,36)$  ед. рН, а в образцах с температурой основы  $(14 \pm 2)^\circ\text{C}$  на  $(0,04-0,07)$  ед. рН.

При внесении пюре при температуре молочной основы  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$  происходит сдерживание роста микроорганизмов за счет изменения рН и уменьшения количества микроорганизмов в объеме продукта и в процессе дальнейшего хранения значения ТК в этих образцах имеют менее резкий рост и на 10-е сутки хранения образцов при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  составляют  $(103-105)^\circ\text{T}$ .

Незначительное превышение значений титруемой кислотности –  $100^\circ\text{T}$  на 10-е сутки хранения в образцах № 4, 7, 8,9,10 на 2-4  $^\circ\text{T}$  можно объяснить недостаточно быстрым временем охлаждения сгустков в ходе эксперимента.

Важным нормативным требованием к качеству продуктов является содержание микроорганизмов в готовом продукте и на конечный срок годности его. Результаты исследований по определению количества жизнеспособных клеток в образцах продуктов, изготовленных в режиме стерилизации и пастеризации на стадии «готового продукта» и на 10-е сутки хранения при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  приведены в таблице 1.

На стадии «готового продукта» в исследуемых образцах общее количество жизнеспособных клеток составило  $(7,0 \cdot 10^9 - 2,5 \cdot 10^{10})$  КОЕ/см<sup>3</sup> (табл. 1). Режим тепловой обработки не оказал влияния на общее количество молочнокислых микроорганизмов.

В процессе хранения образцов продуктов при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 10 суток наблюдалось снижение общего количества молочнокислых микроорганизмов, но не ниже  $2,5 \cdot 10^9$  КОЕ/см<sup>3</sup>.

Несмотря на то, что в процессе хранения отмечено снижение количества жизнеспособных клеток *Lactobacillus acidophilus* (helveticus) и увеличение количества *Lactobacillus casei*, заданное соотношение культур сохранялось в образцах на стадии «готового продукта» и на 10-е сутки хранения.

Количество бифидобактерий во всех образцах на стадии «готового продукта» и на 10-е сутки хранения образцов при температуре  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  составляет не менее  $1,0 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>.

Все полученные в ходе проведения исследований образцы по микробиологическим показателям соответствует требованиям СанПиН, утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 63 от 09.06.2009, предъявляемым к кисломолочным продуктам для детей раннего возраста.

Таким образом, в ходе исследований определены следующие параметры технологического процесса, позволяющие получить продукты с необходимыми нормируемыми показателями:

**Таблица 1. Микробиологические показатели образцов ферментированных пробиотических продуктов на основе пастеризованного и стерилизованного нормализованного молока с добавлением фруктового пюре**

Вид молочной основы	КОЕ / см <sup>3</sup> готового продукта				КОЕ / см <sup>3</sup> готового продукта на 10-е сутки хранения			
	Str.salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus acidophilus (helveticus), Lactobacillus casei	Lactobacillus acidophilus (helveticus)	Lactobacillus casei	Bifidobacterium ssp.	Str.salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus acidophilus (helveticus), Lactobacillus casei	Lactobacillus acidophilus (helveticus)	Lactobacillus casei	Bifidobacterium ssp.
Нормализованное молоко м.д. жира 3,4 % t паст 85 ±2 °С	2,5·10 <sup>10</sup>	1,1·10 <sup>8</sup>	2,7·10 <sup>6</sup>	1,9·10 <sup>6</sup>	7,0·10 <sup>9</sup>	1,0·10 <sup>7</sup>	1,0·10 <sup>7</sup>	1,8·10 <sup>6</sup>
Нормализованное молоко м.д. жира 3,4 % t ст 121 ±2 °С	2,5·10 <sup>10</sup>	6,4·10 <sup>7</sup>	8,6·10 <sup>6</sup>	1,7·10 <sup>6</sup>	2,5·10 <sup>9</sup>	1,5·10 <sup>7</sup>	3,4·10 <sup>7</sup>	1,6·10 <sup>6</sup>
Нормализованное молоко м.д. жира 3,4 % с фруктовым пюре, t ст 121 ±2 °С	7,0·10 <sup>9</sup>	8,2·10 <sup>7</sup>	2,5·10 <sup>6</sup>	1,7·10 <sup>6</sup>	7,0·10 <sup>9</sup>	3,2·10 <sup>7</sup>	6,4·10 <sup>6</sup>	1,7·10 <sup>6</sup>
Нормализованное молоко м.д. жира 3,4 % с фруктовым пюре, t паст 85 ±2 °С	1,1·10 <sup>10</sup>	5,8·10 <sup>7</sup>	1,8·10 <sup>6</sup>	1,8·10 <sup>6</sup>	2,5·10 <sup>9</sup>	1,0·10 <sup>7</sup>	1,1·10 <sup>7</sup>	1,7·10 <sup>6</sup>

– температура тепловой обработки в режимах стерилизации и пастеризации: пастеризации – 85 ±2 °С с выдержкой (15 ± 2) мин;

– фруктовое пюре предпочтительно вносить при перемешивании в охлажденную до температуры (22 ± 2) °С ферментированную молочную основу;

– сахар вносить до проведения тепловой обработки, предварительно растворив в части смеси. Сахарный сироп можно вносить на стадии нормализации молока и при перемешивании в охлажденную до температуры (22 ± 2) °С ферментированную молочную основу.

#### Заключение

Для создания технологии ферментированных пробиотических продуктов для детского питания определены технологические параметры тепловой обработки нормализованной молочной смеси: температура пастеризации – 85 ±2 °С с выдержкой (15 ± 2) мин, а также параметры внесения фруктового пюре и сахарного сиропа, обеспечивающие нормируемые для детских продуктов показатели активной и титруемой кислотности в

течение 10 суток хранения с содержанием молочнокислых микроорганизмов не менее 2,5·10<sup>7</sup> и бифидобактерий – 1,0·10<sup>6</sup> КОЕ/ см<sup>3</sup>.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. БЕЛТА [электронный ресурс]. Режим доступа: [www.belta.by/.../chislennost-detej-v-belarusi-za-2015-god-vozsrosla-na-19-do-1-mln-824-tys-195165-\].](http://www.belta.by/.../chislennost-detej-v-belarusi-za-2015-god-vozsrosla-na-19-do-1-mln-824-tys-195165-) – Дата доступа: 09.09.2016.

2. Семенихина, В.Ф. Разработка заквасок для производства кисломолочных продуктов / В.М. Семенихина, И.В. Рожкова // Молоко. Переработка и хранение: монография ФГБНУ «ВНИМИ». – М.: Типография РАН, 2015. – 480 с.

3. Абрамова, А.А. Подбор бактериальных культур для производства йогурта с длительным сроком хранения / А.А. Абрамова, В.Ф. Семенихина, И.В. Рожкова // Вестник ОрелГАУ, 2013. – №2. – С. 180-183.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 07.09.2016

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО КАТАЛОЖНЫМ ДАНЫМ И ПОСТРОЕНИЕ ИХ ЕСТЕСТВЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

**М.А. Прищепов,**

*проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ, докт. техн. наук, доцент*

**Е.М. Прищепова,**

*ст. преподаватель каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ*

**Д.М. Иванов,**

*аспирант, каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ*

*В статье проведен анализ итерационных и безитерационных методик расчета параметров схемы замещения асинхронного двигателя, приведены алгоритм безитерационной методики расчета параметров схемы замещения, механических и электромеханических характеристик асинхронного двигателя, сравнительные табличные и графические данные проведенных расчетов.*

*Ключевые слова: асинхронный двигатель, схема замещения, параметры, алгоритм расчета.*

*The article provides the analysis of iterative and without iterative methods of calculation of the equivalent circuit parameters of the induction motor, the algorithm without iterative calculation method of equivalent circuit parameters is given, mechanical and electromechanical characteristics of the induction motor, the comparative table and image data of the carried out calculations are presented.*

*Keywords: induction motor, equivalent circuit, parameters, the calculation algorithm.*

### Введение

Вопрос определения параметров схемы замещения (СЗ) асинхронного двигателя (АД) в настоящее время является весьма актуальным, так как в справочной литературе и каталогах для двигателей новых серий, как отечественного, так и зарубежного производства отсутствуют параметры СЗ, без которых невозможен расчет и построение их механических и электромеханических характеристик, что в значительной степени затрудняет разработку и проектирование электроприводов, исследование эксплуатационных режимов АД. Эти параметры необходимы для расчета токов нагрузок и коротких замыканий при выполнении защиты АД от перегрузок и «опрокидывания», моделирования переходных процессов, определения режимов работы электродвигателей и др.

### Основная часть

От точности определения параметров СЗ АД зависит точность построения его характеристик и определения энергетических параметров, как в двигательном, так и генераторном режиме. Если ранее для серий двигателей А, АО, АО2, 4А параметры СЗ АД (проектные параметры) всегда приводились в ката-

ложных данных заводов-изготовителей в абсолютных или относительных единицах, что не вызывало никаких затруднений при проведении расчетов через СЗ АД, то для современных серий АД: АИР, АИРМ АДМ, 5А, 6А параметры СЗ в каталожных и справочных данных отсутствуют и это требует проводить их расчет через другие каталожные данные. В силу этих причин, за последние 15...20 лет вопросу расчета параметров схемы замещения АД по каталожным данным посвящено немало количество работ, наиболее типичные из которых, на наш взгляд, рассмотрены и проанализированы в данной статье, после чего выбрана наиболее приемлемая методика, которая может использоваться как в учебном процессе, так и научно-исследовательской деятельности.

Все рассматриваемые ниже методики расчета параметров СЗ [1-5] можно разделить на две группы: группа итерационных методик, требующая многократных уточняющих вычислений определенных параметров, и группа безитерационных методик, не требующая многократных уточняющих вычислений.

В работе [1] предложена методика расчета параметров СЗ АД, содержащая процедуру итераций. При этом на каждой итерации назначается коэффициент загрузки АД, соответствующий максимуму коэффици-

ента полезного действия АД, который изменяется от 0,5 до 1 и коэффициенты в выражениях добавочных и механических потерь, которые влияют на момент холостого хода. Далее рассчитываются значения номинального электромагнитного момента и электромагнитный момент при номинальном скольжении, после чего определяется относительная погрешность несовпадения их значений. Если найденная относительная погрешность превышает допустимую, то корректируется коэффициент загрузки и коэффициенты в выражениях добавочных и механических потерь, и процесс повторяется. Несмотря на возможность получения расчетных параметров СЗ по данной методике, хорошо совпадающих с проектными каталожными данными для более ранних серий АД и с расчетными параметрами СЗ, полученными по другим методикам, эта методика вызывает определенные трудности в использовании из-за сложности организации итерационного процесса при изменении трех вышеуказанных коэффициентов.

В статье [2] предложена безитерационная методика определения параметров СЗ АД, базирующаяся на решении квадратного уравнения относительно коэффициента  $\alpha$ , равного отношению активного сопротивления обмотки статора  $r_1$  к активному приведенному к обмотке статора сопротивлению обмотки ротора  $r'_2$  ( $\alpha=r_1/r'_2$ ).

Указанное квадратное уравнение получено из совместного решения и математических преобразований системы основных уравнений АД для режима номинальной нагрузки, векторной диаграммы токов, ЭДС и напряжений, удовлетворяющих этой системе, и выражений для критического момента и критического скольжения. При этом используются паспортные данные двигателя. В расчетах требуется угловая скорость поля статора, коэффициент мощности и полезного действия для номинальной (100 %) и одной из частичных нагрузок (25 % или 50 %). В данной методике для расчета составляющих квадратного уравнения (коэффициентов свободного члена) используется также усредненный коэффициент  $\alpha=r_1/r'_2$  для АД разной номинальной мощности и частоты, значение которого находится в диапазоне 0,6-2,5. Автор рекомендует принимать среднее значение  $\alpha=1,5$ .

При этом проведенные авторами расчеты для АД с различными номинальными мощностями и частотами вращения показывают, что окончательно полученные значения параметров СЗ будут очень сильно зависеть от предварительно принятого значения коэффициента  $\alpha$ . Рассмотренная методика будет давать удовлетворительные результаты не для всех номинальных параметров двигателей, кроме того, в каталогах новых серий АД отсутствуют данные о коэффициентах мощности и полезного действия для частичной загрузки.

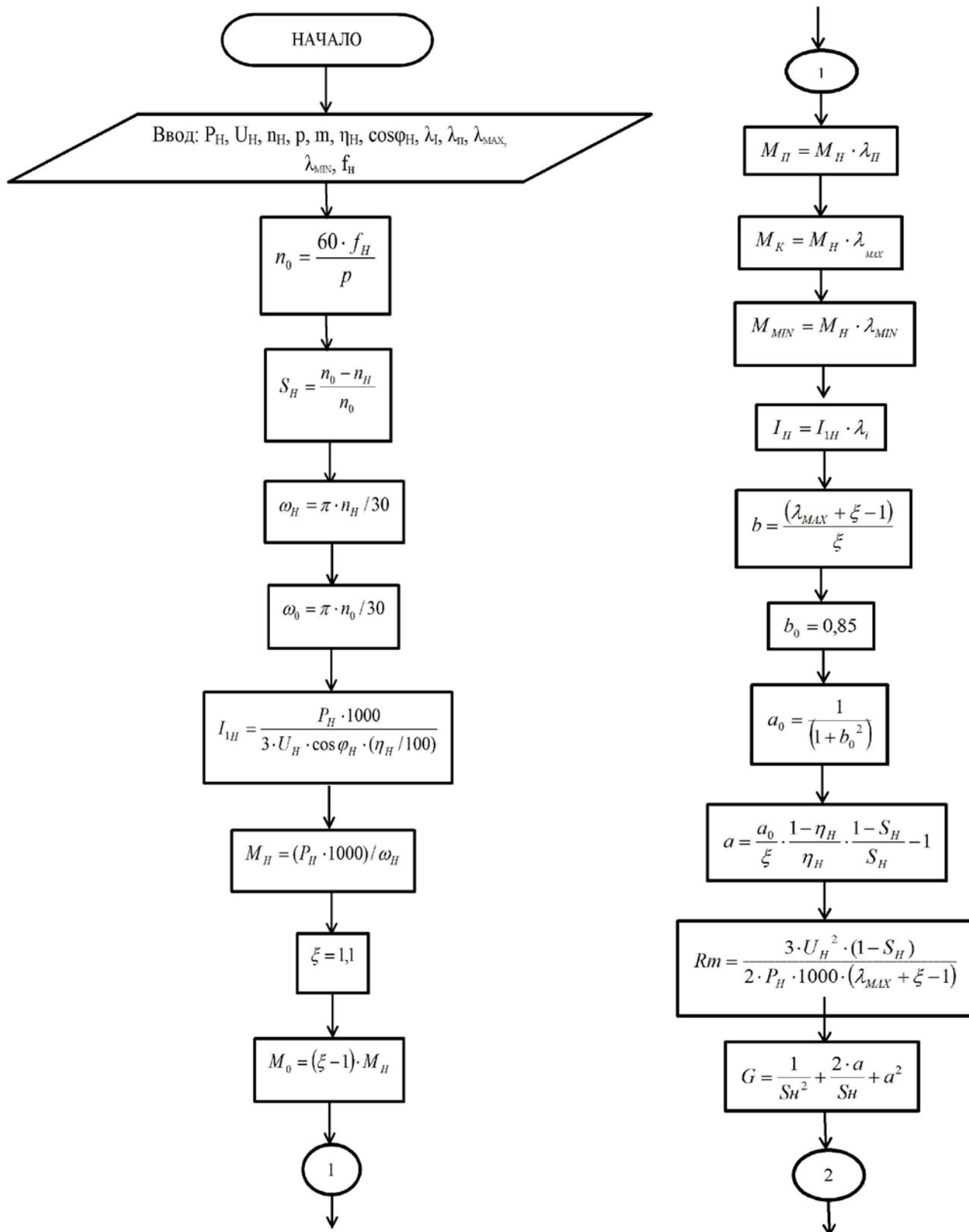
В работе [3] также предложена безитерационная методика определения параметров СЗ АД, в значительной степени схожая с методикой [2]. В этой работе в

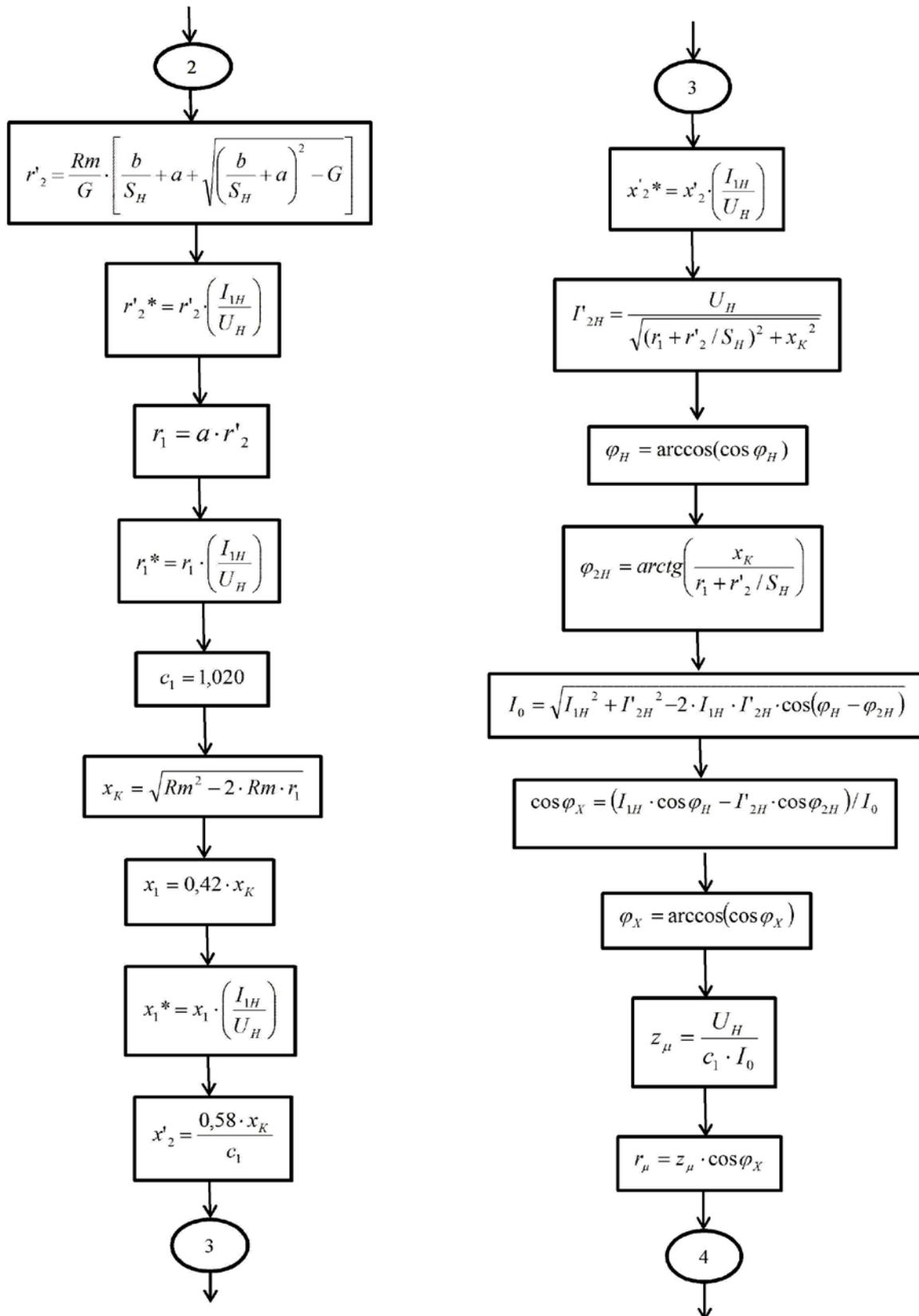
расчетах необходимы также значения коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ) и полезного действия ( $\eta$ ) при частичной загрузке АД. Эти параметры в работе определяются руководствуясь тем, что современные АД проектируются таким образом, что наибольший коэффициент полезного действия достигается при загрузке на 20-25 % меньше номинальной. Следовательно, при номинальной нагрузке и коэффициенте загрузки – 0,75 коэффициенты полезного действия можно принять равными между собой  $\eta_H \approx \eta_{0,75}$ . В свою очередь, при такой загрузке коэффициент мощности сильно отличается от номинального ( $\cos\varphi_H$ ), поэтому авторами предлагается корректирующая зависимость отношения  $\cos\varphi_{0,75}/\cos\varphi_H$  от номинальной мощности двигателя. Как и в предыдущей, в этой методике используется усредненный коэффициент  $\alpha=r_1/r'_2$ , только здесь его рекомендуется принимать равным 1,3, что для некоторых двигателей дает еще большие различия в результатах расчета, чем в предыдущей методике.

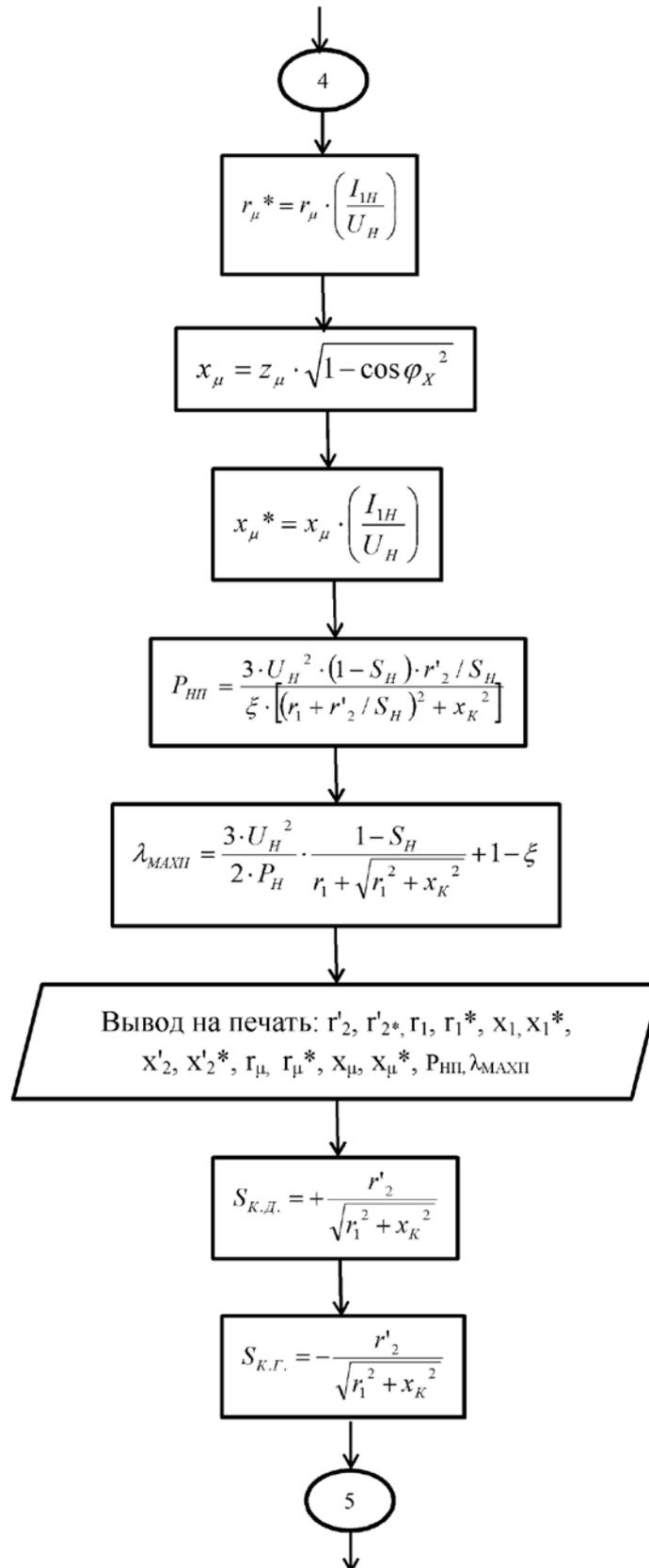
Методика, предложенная в статье [4], авторами позиционируется как безитерационная, при этом коэффициент  $\alpha=r_1/r'_2$  изменяют с определенным шагом в интервале – 1,15-2,75, после чего рассчитанные параметры проверяют на всех этапах расчета. Расчет продолжают до тех пор, пока все расчетные параметры СЗ в относительных единицах, включая и электромагнитную мощность АД, будут внутри диапазонов, характерных для двигателей. Рассматриваемая методика является итерационной, так как требует многократных вычислений. В статье данная методика предложена только для АД общепромышленных серий. При проведении расчетов для АД малой мощности и низкой синхронной частоты не все контролируемые расчетные параметры входят в допустимый диапазон при проверке.

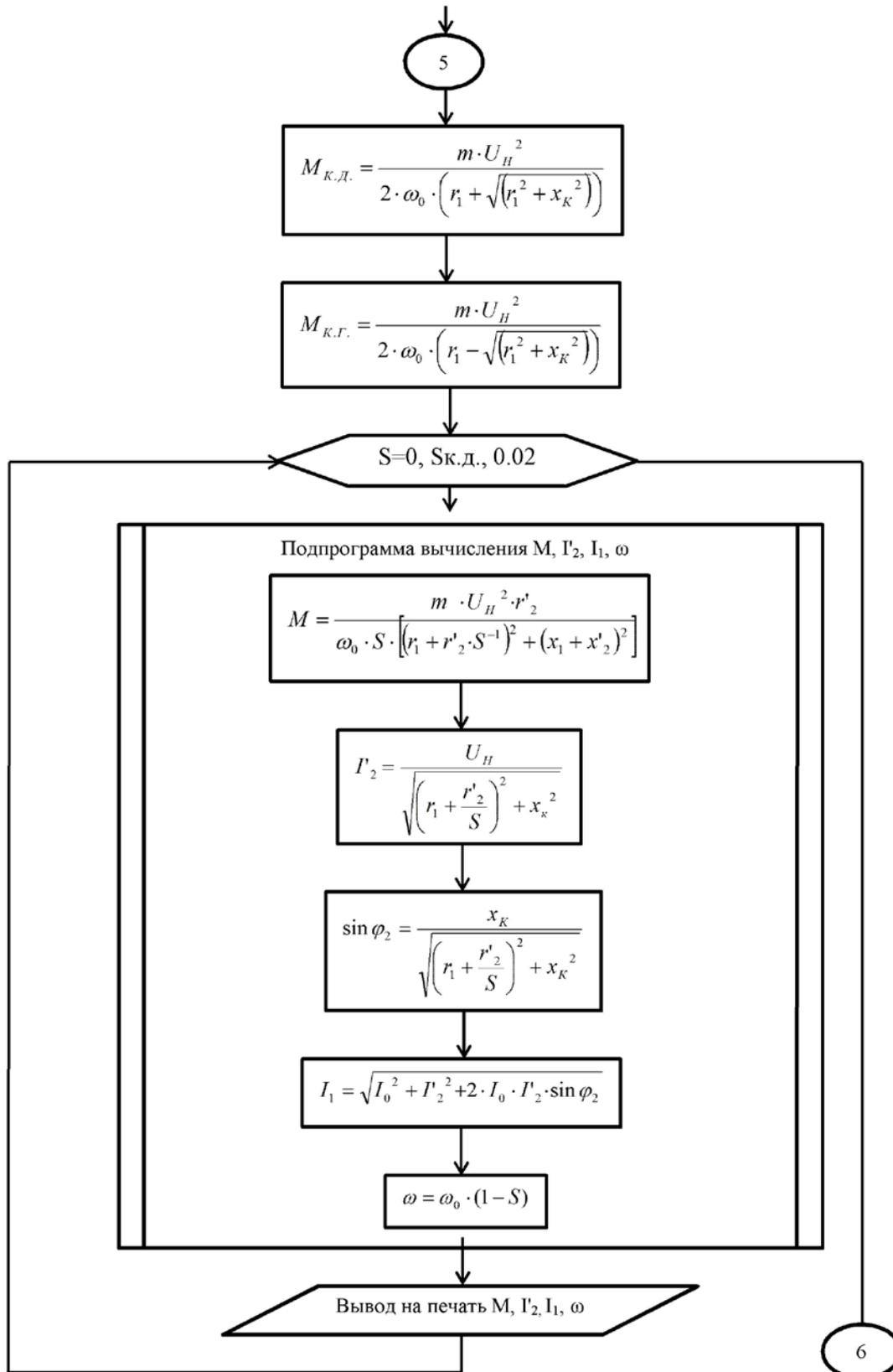
На наш взгляд, наиболее простой и приемлемой для использования в учебном процессе, а также при проведении научно-исследовательских работ с целью анализа процессов, происходящих в электроприводе и оптимизации их параметров, является безитерационная методика, предложенная в работе [5]. Она предполагает вначале расчет отношения активного сопротивления обмоток статора к активному приведенному к обмотке статора сопротивлению обмотки ротора, т.е.  $\alpha=r_1/r'_2$ , а затем расчет самих параметров, т.е. сопротивлений СЗ.

При разработке методики расчета параметров СЗ использовалась классическая схема замещения одной фазы АД, известная, например, по работе [6]. В дальнейшем при разработке методики расчета и выводе формул автор руководствовался положениями, приведенными в классических работах [6, 7], что делает эту методику общедоступной в понимании и использовании. Авторами публикации разработаны детальные алгоритмы расчета параметров СЗ, механических и электромеханических характеристик АД по всем рассмотренным выше методикам. Алгоритм расчета параметров СЗ по методике, приведенной в работе [5], и характеристик АД по методике, приведенной в работе [3], представлен на рисунке 1.









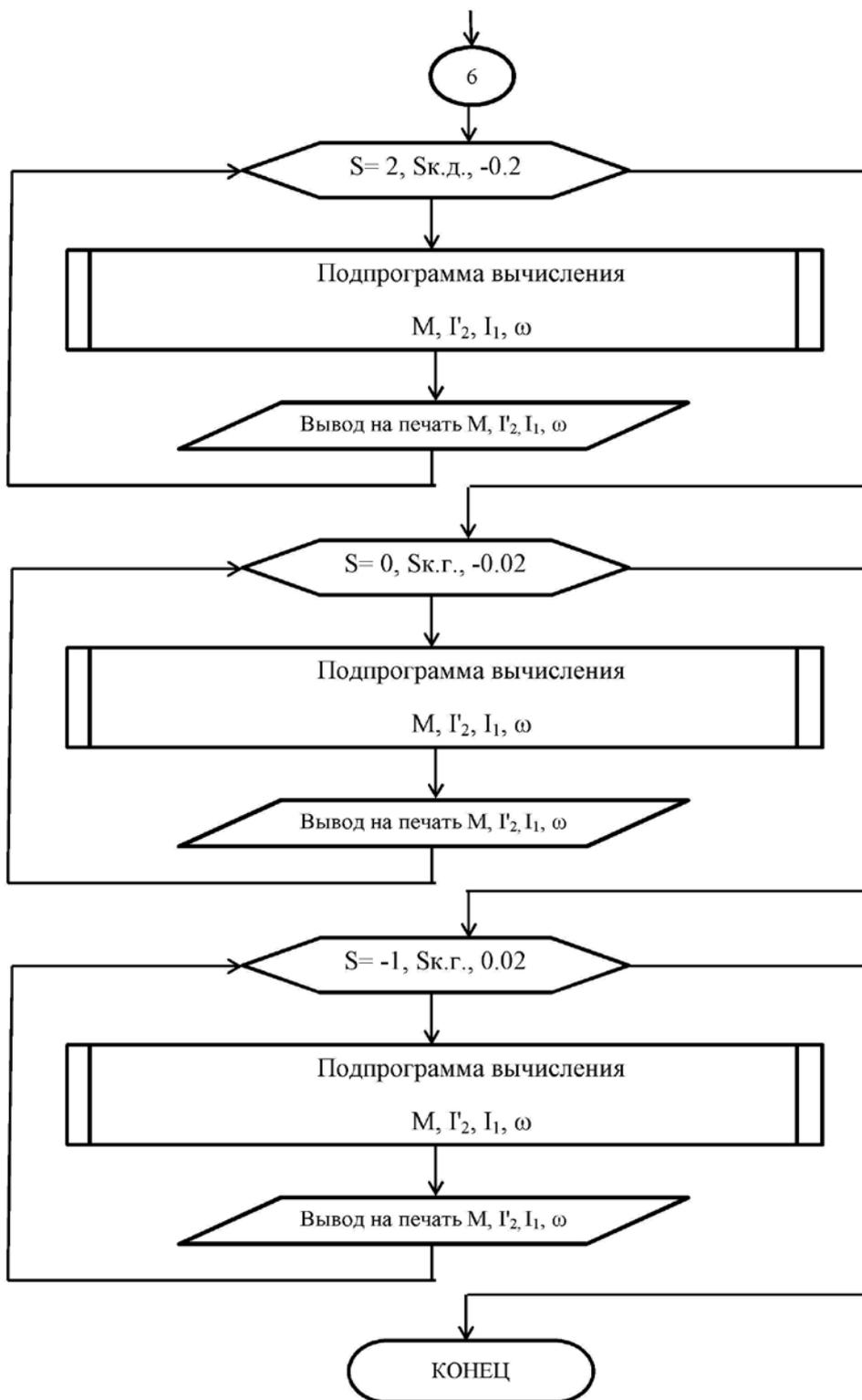


Рисунок 1. Алгоритм расчета параметров СЗ и естественных механических и электромеханических характеристик АД по их каталожным данным:

где  $P_H$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $\cos\phi_H$  – номинальный коэффициент мощности, о.е;  
 $U_H$  – номинальное напряжение питания (фазное), В;  $\eta_H$  – номинальный коэффициент полезного действия двигателя, %;  
 $n_H$  – номинальная частота вращения, об/мин;

$\lambda_{\text{MAX}}$  – кратность максимального момента к номинальному, о.е;

$\lambda_{\text{П}}$  – кратность пускового момента к номинальному, о.е;

$\lambda_i$  – кратность пускового тока к номинальному, о.е;

$\lambda_{\text{MIN}}$  – кратность минимального момента к номинальному, о.е;

$p$  – число пар полюсов;

$m$  – число фаз;

$f_{\text{H}}$  – номинальная частота переменного тока питающей сети, Гц;

$n_0$  – синхронная частота вращения магнитного поля статора,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$S_{\text{H}}$  – номинальное скольжение АД, о.е;

$\omega_{\text{H}}$  – номинальная угловая скорость ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\omega_0$  – синхронная угловая скорость магнитного поля статора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$I_{\text{H}}$  – номинальный фазный ток статора, А;

$M_{\text{H}}$  – номинальный момент двигателя, Н·м;

$\xi=(1,02-1,1)$  – отношение номинального электромагнитного момента к номинальному моменту АД, рекомендуем принять 1,1 о.е;

$M_0$  – момент холостого хода, Н·м;

$M_{\text{П}}$  – пусковой момент, Н·м;

$M_{\text{К}}$  – критический момент, Н·м;

$M_{\text{MIN}}$  – минимальный момент, Н·м;

$I_{\text{П}}$  – пусковой ток, А;

$b$  – вспомогательный коэффициент, о.е;

$b_0 = (0,7-0,85)$  – коэффициент загрузки АД, для которого коэффициент полезного действия максимальный, рекомендуем при расчете принять равным 0,85, о.е;

$a_0$  – вспомогательный коэффициент, о.е;

$\alpha$  – отношение активных сопротивлений обмоток АД  $\alpha=r_1/r'_2$ , может принимать значение от десятых долей единицы до нескольких единиц, о.е;

$R_m$  – промежуточная переменная, Ом;

$G$  – промежуточная переменная, о.е;

$r'_2$  – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, Ом;

$r'_2^*$  – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора в относительных единицах, о.е;

$r_1$  – активное сопротивление обмотки статора, Ом;

$r_1^*$  – активное сопротивление обмотки статора в относительных единицах, о.е;

$c_1$  – коэффициент приведения параметров Т-образной СЗ к Г-образной;

$x_{\text{К}}$  – индуктивное сопротивление обмоток для режима короткого замыкания (при неподвижном роторе), Ом;

$x_1$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора, Ом;

$x_1^*$  – индуктивное сопротивление фазы статора в относительных единицах, о.е;

$x_2$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора, Ом;

$x_2^*$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора в относительных единицах, о.е.;

$I_{2\text{H}}$  – номинальный ток в обмотке ротора, приведенный к обмотке статора, А;

$\varphi_{\text{H}}$  – угол между векторами тока  $\vec{I}_{1\text{H}}$  и напряжения питания  $\vec{U}_{\text{H}}$ , рад;

$\varphi_{2\text{H}}$  – угол между векторами тока  $\vec{I}_{2\text{H}}$  и напряжения питания  $\vec{U}_{\text{H}}$ , рад;

$I_0$  – ток холостого хода, А;

$\cos\varphi_{\text{X}}$  – коэффициент мощности холостого хода;

$\varphi_{\text{X}}$  – угол между векторами тока холостого хода  $\vec{I}_0$  и напряжения питания  $\vec{U}_{\text{H}}$ , рад;

$z_{\text{м}}$  – полное сопротивление цепи намагничивания, Ом;

$r_{\text{м}}$  – активное сопротивление ветви намагничивания, Ом;

$r_{\text{м}}^*$  – активное сопротивление ветви намагничивания в относительных единицах, о.е.;

$x_{\text{м}}$  – индуктивное сопротивление ветви намагничивания, Ом;

$x_{\text{м}}^*$  – индуктивное сопротивление ветви намагничивания в относительных единицах, о.е.;

$P_{\text{HП}}$  – расчетная номинальная мощность двигателя, полученная после вычисления параметров СЗ АД, Вт;

$\lambda_{\text{MAXП}}$  – расчетная кратность максимального момента, полученная после вычисления параметров СЗ АД, о.е;

$S_{\text{КД}}$  – критическое скольжение в двигательном режиме, о.е.;

$S_{\text{КГ}}$  – критическое скольжение в генераторном режиме о.е.;

$M_{\text{КД}}$  – момент критический в двигательном режиме, Н·м;

$M_{\text{КГ}}$  – момент критический в генераторном режиме, Н·м;

$M$  – расчетный момент естественной механической характеристики АД, Н·м;

$I_2$  – расчетный ток ротора, приведенный к обмотке статора, А;

$\sin\varphi_2$  – синус угла между векторами напряжения питания  $\vec{U}_{\text{H}}$  и тока ротора  $\vec{I}_2$ , рад;

$I_1$  – расчетный ток статора АД естественной электромеханической характеристики, А;

$\omega$  – текущее значение угловой скорости ротора АД,  $\text{с}^{-1}$ .

Для сравнения рассмотренных методик [1-5] авторами публикации был проведен расчет параметров СЗ большого количества АД серий 4А и сравнение расчетных параметров СЗ с проектными. Проектные параметры СЗ и паспортные данные АД брались из справочника [8]. Для некоторой оценки результатов

проведенного вычислительного эксперимента приведем из него выборку для АД различной номинальной мощности и частоты вращения. Паспортные данные двигателей представлены в таблице 1. В таблице 2 представлены результаты расчета и сравнения параметров СЗ по пяти рассмотренным методикам.

**Таблица 1. Паспортные данные асинхронных двигателей**

Тип двигателя	$P_n$ , кВт	$U_n$ , В	$n_n$ , мин <sup>-1</sup>	$P$ , число пар пол.	$\eta_n$	$\cos\phi_n$	$f_n$	$\lambda_{max}$	$\lambda_l$	$\lambda$
4A100L2Y3	5,5	220	2898	1	0,875	0,91	50	2,5	2	7,5
4A132M6Y3	7,5	220	968	3	0,85	0,81	50	2,5	2	6
4A160S2Y3	15	220	2937	1	0,88	0,91	50	2,2	1,4	7
4A225M8Y3	30	220	736,5	4	0,905	0,81	50	2,1	1,3	6
4A250S10Y3	30	220	588,6	5	0,88	0,81	50	1,9	1,2	6

**Таблица 2. Результаты расчета и сравнения параметров СЗ по пяти рассмотренным методикам**

Тип двигателя	Параметры по [1-5] методикам	Параметры схемы замещения					Средняя погрешность по параметрам СЗ, %
		$r_1^*$	$x_1^*$	$r_2^*$	$x_2^*$	$x_l^*$	
4A100L2Y3	Проектные	0,050	0,054	0,036	0,11	3,8	
	Расчетные:						
	Методика1	0,049	0,093	0,036	0,093	3,2	15,97
	Методика2	0,053	0,074	0,035	0,099	2,4	20,86
	Методика3	0,047	0,077	0,035	0,104	2,4	20,48
	Методика4	0,054	0,075	0,034	0,100	3,3	13,55
4A132M6Y3	Проектные	0,060	0,07	0,04	0,11	2,1	
	Расчетные:						
	Методика1	0,058	0,107	0,039	0,107	2,2	9,17
	Методика2	0,066	0,082	0,036	0,110	2,8	8,11
	Методика3	0,051	0,091	0,038	0,122	2,9	16,65
	Методика4	0,067	0,085	0,037	0,113	1,8	10,64
4A160S2Y3	Проектные	0,052	0,092	0,022	0,12	4	
	Расчетные:						
	Методика1	0,052	0,109	0,022	0,109	3,2	10,42
	Методика2	0,049	0,092	0,021	0,126	5,0	7,24
	Методика3	0,030	0,102	0,023	0,139	5,2	24,52
	Методика4	0,057	0,088	0,021	0,116	3,6	6,59
4A225M8Y3	Проектные	0,045	0,12	0,022	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,046	0,134	0,021	0,134	2,2	9,83
	Методика2	0,041	0,113	0,020	0,154	5,4	18,14
	Методика3	0,028	0,120	0,021	0,162	5,4	25,58
	Методика4	0,041	0,113	0,020	0,149	2,1	9,53
4A250S10Y3	Проектные	0,056	0,11	0,023	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,054	0,150	0,022	0,150	2,1	10,74
	Методика2	0,055	0,124	0,021	0,169	5,3	15,97
	Методика3	0,030	0,137	0,023	0,186	5,5	35,14
	Методика4	0,069	0,116	0,020	0,155	2,1	11,73
4A250S10Y3	Проектные	0,056	0,11	0,023	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,054	0,150	0,022	0,150	2,1	10,74
	Методика2	0,055	0,124	0,021	0,169	5,3	15,97
	Методика3	0,030	0,137	0,023	0,186	5,5	35,14
	Методика4	0,069	0,116	0,020	0,155	2,1	11,73
4A250S10Y3	Проектные	0,056	0,11	0,023	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,054	0,150	0,022	0,150	2,1	10,74
	Методика2	0,055	0,124	0,021	0,169	5,3	15,97
	Методика3	0,030	0,137	0,023	0,186	5,5	35,14
	Методика4	0,069	0,116	0,020	0,155	2,1	11,73
4A250S10Y3	Проектные	0,056	0,11	0,023	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,054	0,150	0,022	0,150	2,1	10,74
	Методика2	0,055	0,124	0,021	0,169	5,3	15,97
	Методика3	0,030	0,137	0,023	0,186	5,5	35,14
	Методика4	0,069	0,116	0,020	0,155	2,1	11,73
4A250S10Y3	Проектные	0,056	0,11	0,023	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,054	0,150	0,022	0,150	2,1	10,74
	Методика2	0,055	0,124	0,021	0,169	5,3	15,97
	Методика3	0,030	0,137	0,023	0,186	5,5	35,14
	Методика4	0,069	0,116	0,020	0,155	2,1	11,73
4A250S10Y3	Проектные	0,056	0,11	0,023	0,17	2,3	
	Расчетные:						
	Методика1	0,054	0,150	0,022	0,150	2,1	10,74
	Методика2	0,055	0,124	0,021	0,169	5,3	15,97
	Методика3	0,030	0,137	0,023	0,186	5,5	35,14
	Методика4	0,069	0,116	0,020	0,155	2,1	11,73

Для визуального сравнения рассмотренных методик представим также графики механических и электромеханических характеристик АД одной и той же мощности серии 4А и АИР (рис. 2...7).

При построении характеристик использовался

двигатель 4А160S2У3, паспортные данные которого приведены в таблице 1, и двигатель АИР 160S2У3 со следующими паспортными данными:  $P_n=15$  кВт,  $U_n=220$  В,  $n_n=2930$  мин<sup>-1</sup>,  $\cos\varphi_n=0,89$ ,  $\eta_n=88,7$ ,  $\lambda_{max}=3$ ,  $\lambda_p=2,1$ ,  $\lambda_i=7$ ,  $p=1$ ,  $f_n=50$  Гц

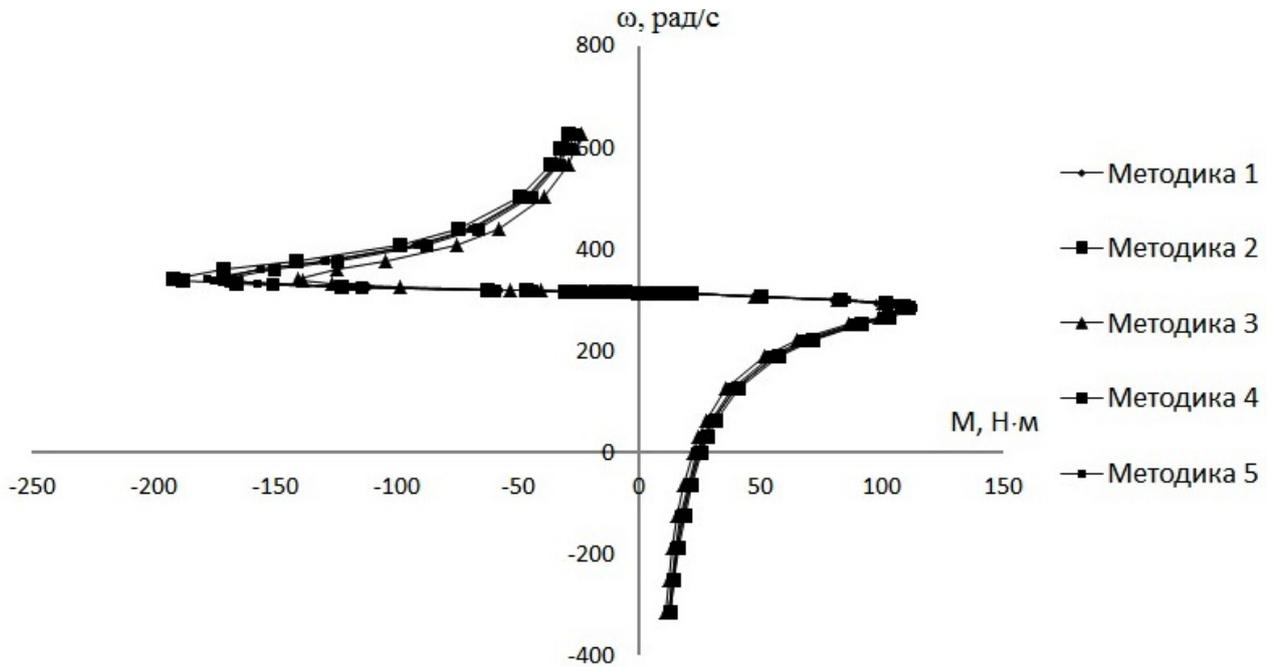


Рисунок 2. Естественные механические характеристики  $M=f(\omega)$ , полученные по пяти методикам [1-5] для двигателя 4А160S2У3

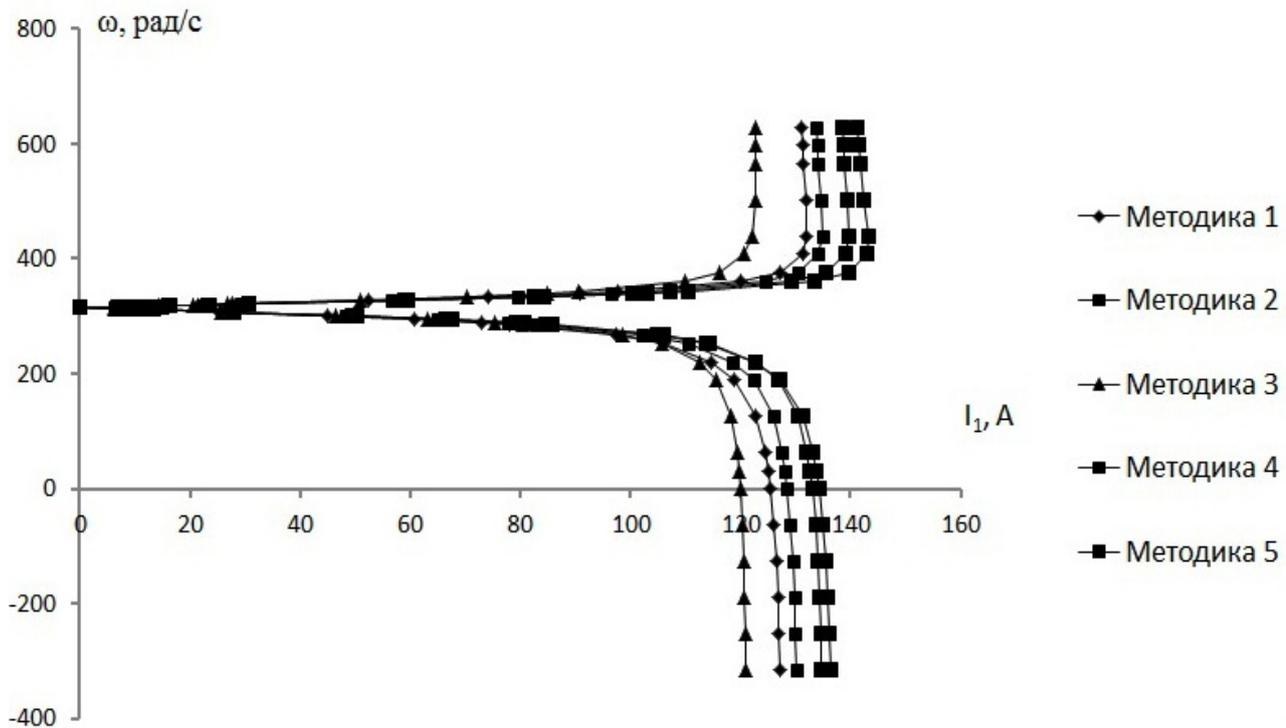


Рисунок 3. Естественные электромеханические характеристики  $I_1=f(\omega)$ , полученные по пяти методикам [1-5] для двигателя 4А160S2У3

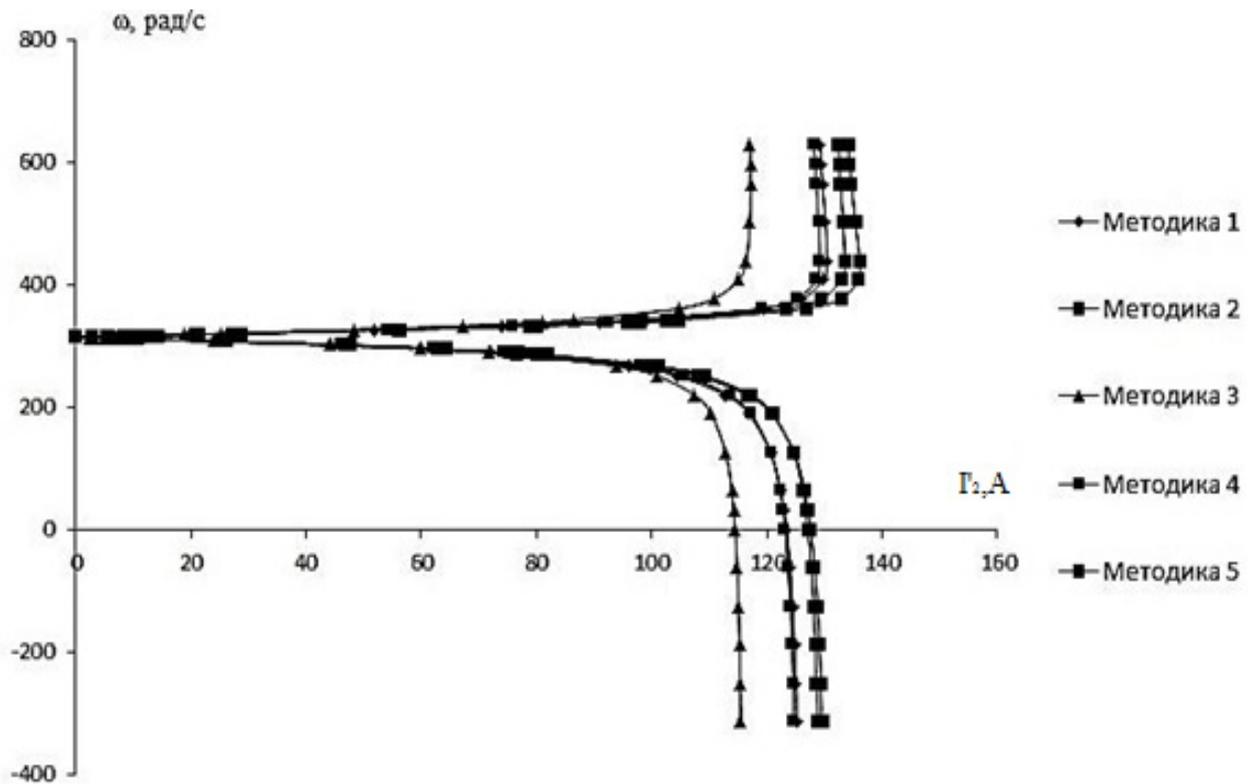


Рисунок 4. Естественные электромеханические характеристики  $I_2=f(\omega)$ , полученные по пяти методикам [1-5] для двигателя 4A160S2Y3

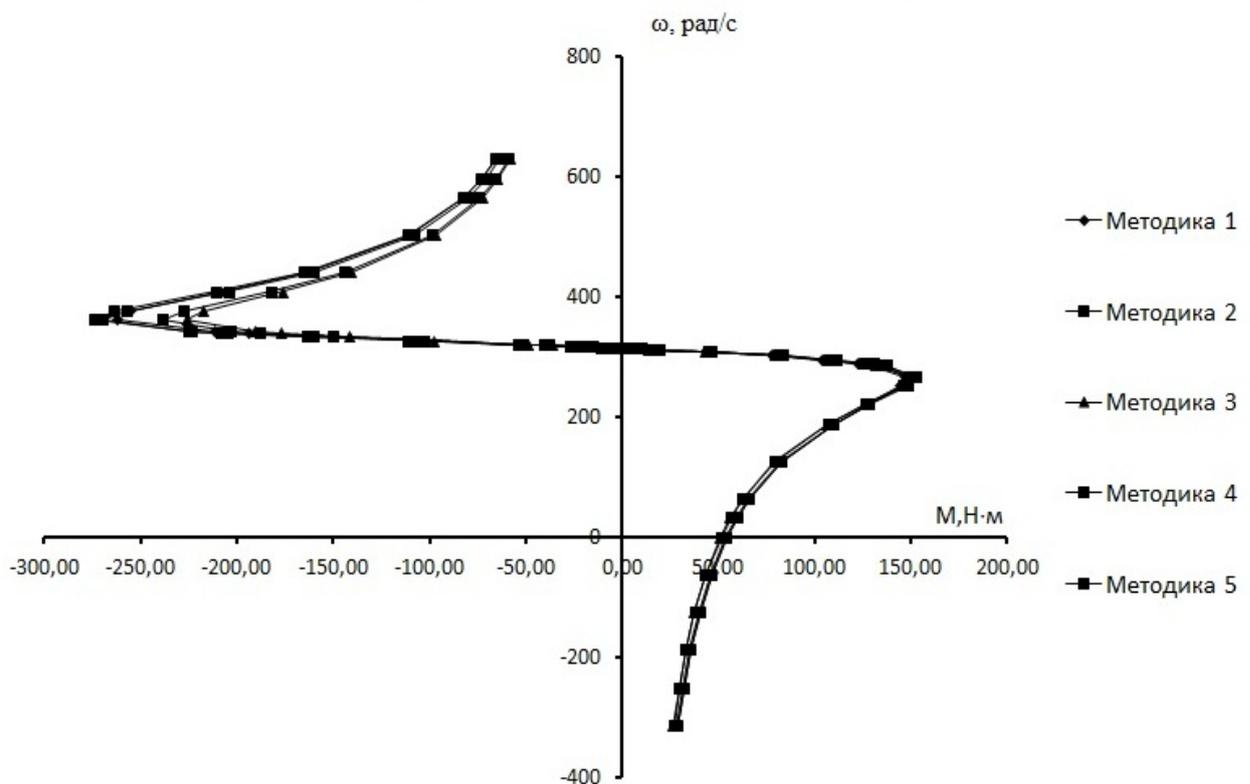


Рисунок 5. Естественные механические характеристики  $M=f(\omega)$ , полученные по пяти методикам [1-5] для двигателя AIP160S2Y3

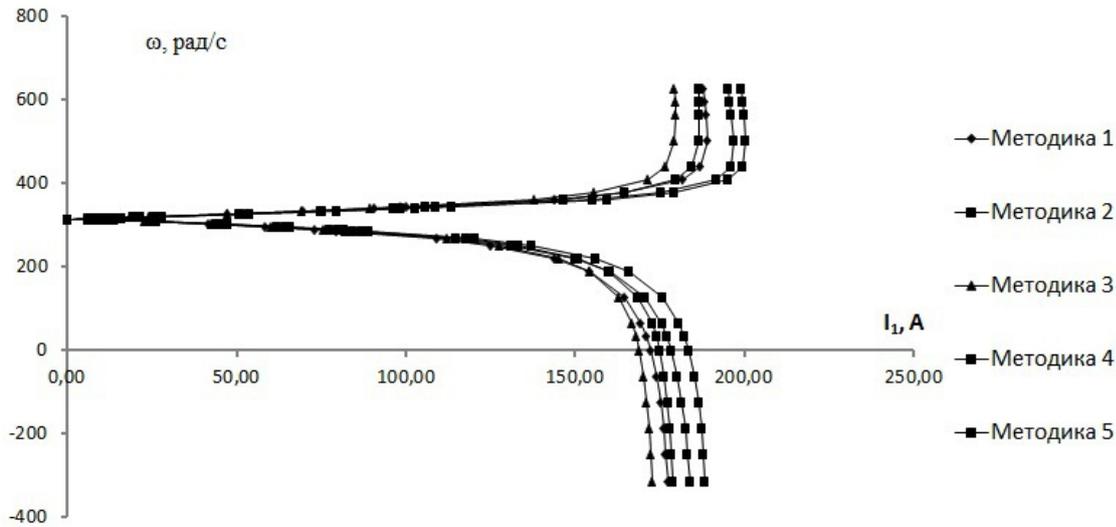


Рисунок 6. Естественные электромеханические характеристики  $I_1=f(\omega)$ , полученные по пяти методикам [1-5] для двигателя АИР160S2У3

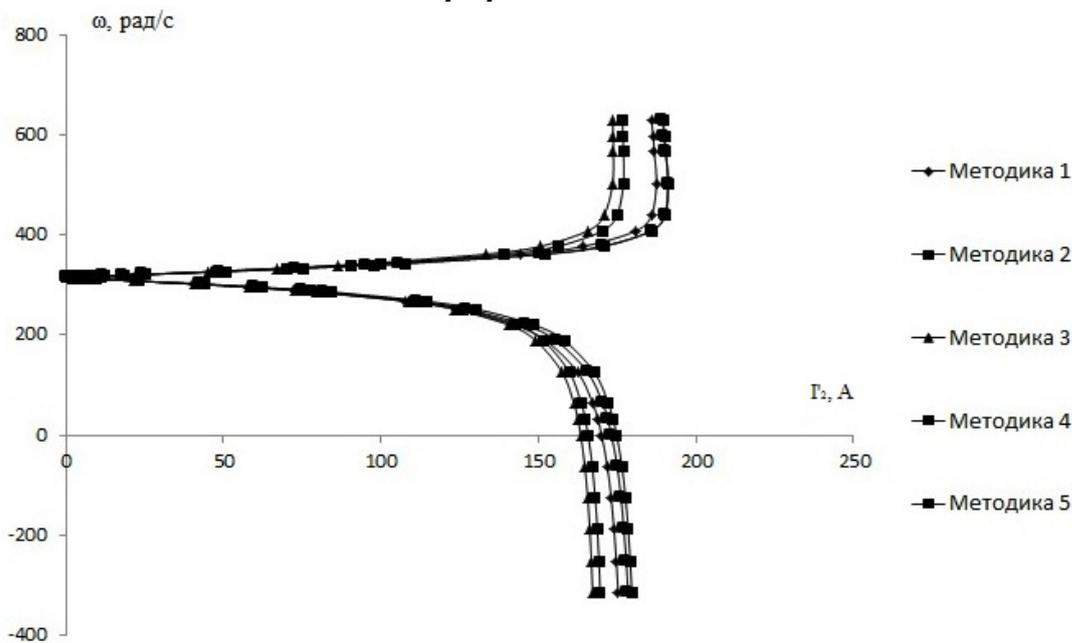


Рисунок 7. Естественные электромеханические характеристики  $I_2=f(\omega)$ , полученные по пяти методикам [1-5] для двигателя АИР160S2У3

### Заключение

1. Анализ методик расчета параметров СЗ АД показывает, что существующие методики расчета можно разделить на две группы: группа итерационных методик расчета, требующая многократных уточнений расчетных параметров, и группа безитерационных методик, не требующая многократных уточнений расчетных параметров, что делает ее наиболее приемлемой в использовании при условии обеспечения заданной точности расчетов.

2. Полученные по рассмотренным выше методикам естественные механические и электромеханические

характеристики показывают, что наибольшие отклонения для расчетных характеристик наблюдаются в генераторном режиме работы АД (рис. 2...7). В двигательном режиме работы АД при построении механических и электромеханических характеристик все методики показали приемлемые результаты.

3. Наиболее приемлемой в использовании при проведении расчетов параметров и характеристик АД, на наш взгляд, является методика, приведенная в работе [5], так как она является безитерационной, что не вызывает сложностей в организации процесса вычислений и обладает сравнительно высокой точностью при определении параметров СЗ АД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ  
ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
2. Мощинский, Ю.А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным / Ю.А. Мощинский, В.Я. Беспалов, А.А. Кириякин // Электричество, 1998. – № 4. – С. 38-42.
3. Дементьев, Ю.Н. Автоматизированный электропривод: учеб. пос./ Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев. – Томск: ТПУ, 2009. – 224 с.
4. Дружинин, А.В. Определение параметров Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя при расчете систем управления частотно-регулируемым электроприводом / А.В. Дружинин,

Е.А. Дружинина, В.Н. Полузадов // Изв. вузов. Горный журнал, 2013. – № 3. – С. 98-105.

5. Гридин, В.М. Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным / В.М. Гридин // Электричество, 2012. – № 5. С. 40-44.

6. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины: учеб. для вузов / А.В. Иванов-Смоленский. – М.: Энергия, 1980. – 928 с.

7. Вольдек, А.И. Электрические машины: учеб. для вузов / А.И. Вольдек. – 2-е изд.; перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.

8. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А. Э. Кравчик [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 504 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.08.2016

УДК 536.27

## К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА НА ВЫХОДЕ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ

**А.Г. Цубанов,**

*доцент каф. энергетики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**И.А. Цубанов,**

*ст. преподаватель каф. энергетики БГАТУ*

**И.А. Цубанова,**

*ст. преподаватель каф. прикладной информатики БГАТУ*

*В статье предложена методика теплового расчета параметров вытяжного воздуха на выходе из кожухотрубчатого теплоутилизатора в системах вентиляции с учетом влияния влаговыпадения на процессы теплообмена.*

*Ключевые слова: кожухотрубчатый теплоутилизатор, вытяжной воздух, влаговыпадение, температура и энтальпия.*

*The article proposes a method for calculating the thermal exhaust air parameters at the output from the shell and tube heat exchanger in the ventilation systems, taking into account the impact of moisture fall on heat transfer processes.*

*Keywords: shell and tube heat recovery loop, exhaust air, moisture fall, temperature and enthalpy.*

### Введение

Одной из задач теплового расчета кожухотрубчатых теплоутилизаторов (КТУ) систем вентиляции является расчет параметров вытяжного воздуха на выходе теплоутилизатора. Их нахождение позволяет завершить тепловой расчет КТУ: определить тепловую мощность (теплопроизводительность); конечные параметры приточного воздуха, коэффициент влаговыпадения и коэффициент эффективности его работы.

При тепловом расчете КТУ, как рекуперативных теплоутилизаторов (ТУ), используют методику проектного (конструкторского) и поверочного теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов [1].

При этом в тепловых расчетах все большее распространение находит метод эффективности, основанный на использовании безразмерных характеристик: коэффициента эффективности и числа единиц переноса [1].

Основой теплового расчета ТУ в системах вентиляции и кондиционирования являются уравнения теплопередачи, тепловой эффективности, теплового и материального баланса [2-4].

КТУ могут работать в режиме «сухого» теплообмена при отсутствии конденсации водяных паров из состава вытяжного воздуха и в режиме «мокрого» теплообмена с выпадением конденсата на поверхности трубок со стороны вытяжного воздуха.

Тепловой расчет рекуперативных ТУ в режиме «сухого» теплообмена выполняется по общепринятой методике теплового расчета рекуперативных теплообменников [1] и не вызывает особых затруднений [2, 4].

Однако тепловой расчет в условиях «мокрого» теплообмена существенно усложняется из-за одновременно протекающих в теплоутилизаторе процессов тепло- и массообмена.

Поэтому в разработанных методиках теплового расчета рекуперативных ТУ для нахождения искомых величин используют метод итераций. Так, на выходе ТУ находят температуру вытяжного воздуха [2], или температуру приточного воздуха [4].

Поверхностные воздухоохладители характеризуются аналогичным процессом охлаждения воздуха, сопровождающимся его осушением при выпадении влаги. В их тепловом расчете пользуются аналогичным подходом: при «сухом» теплообмене применяется традиционная методика, а при «мокром» – задаются значением искомой величины или применяют метод итераций [5-9].

В связи с этим необходимо продолжить исследования по методике теплового расчета рекуперативных ТУ в системах вентиляции в условиях охлаждения и осушения вытяжного воздуха с целью избежать применения метода итераций.

Анализ процессов теплообмена в КТУ показал, что наиболее целесообразно, по мнению авторов, найти расчетные зависимости для определения температуры и энтальпии вытяжного воздуха на выходе КТУ.

Цель настоящей работы:

- выполнить анализ влияния параметров теплового режима работы КТУ в системах вентиляции на конечные параметры вытяжного воздуха в условиях влаговываждения;

- предложить зависимости для расчета температуры и энтальпии вытяжного воздуха на выходе из КТУ в условиях влаговываждения.

### Основная часть

Принимаем конструктивную схему КТУ с шахматным трубным пучком, одноходовую, с перекрестным током и вертикальными трубами. Вытяжной воздух движется внутри труб сверху вниз, а приточный – горизонтально по межтрубному пространству [10].

Характеризуя изменение состояния влажного воздуха при его охлаждении и осушении с выпадением влаги, в качестве основной базы принимают правило прямой линии [6, 11]. График процесса в диаграмме влажного воздуха – прямая линия, начальная точка которой определена состоянием вытяжного воздуха на входе в КТУ, а конечная точка является точкой ее пересечения с кривой насыщенного влажного воздуха.

Будем считать, что при работе КТУ в условиях влаговываждения эта конечная точка процесса определяет состояние вытяжного воздуха на выходе из КТУ, которое характеризуется температурой и энтальпией насыщенного влажного воздуха при относительной влажности – 100 %.

Для нахождения уравнения для расчета энтальпии насыщенного вытяжного воздуха на выходе из КТУ в зависимости от температуры, соответствующей условиям его охлаждения, были использованы справочные данные [11].

В основу расчетной зависимости было положено уравнение кубического многочлена:

$$h = a + bt + ct^2 + dt^3, \quad (1)$$

где  $h$  и  $t$  – энтальпия, кДж/кг, и температура, °С насыщенного влажного воздуха;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  – коэффициенты.

Методом итераций были определены коэффициенты:

$$c = 0,021 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C}^2) \text{ и } d = 0,0006 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C}^3).$$

Это позволило перейти к линейной регрессии:

$$H = a + bt, \quad (2)$$

где  $H = h - ct^2 - dt^3$ .

Линейная регрессия согласно уравнению (2) приведена на рисунке 1.

Очевидно, что расчетные точки располагаются

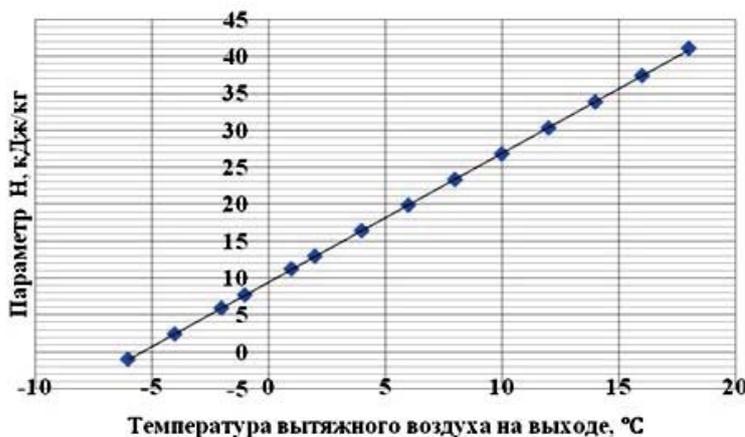


Рисунок 1. Параметр  $H$  в зависимости от температуры

на прямой линии при коэффициенте детерминации регрессии  $R^2 = 1$ .

После подстановки в уравнение (1) найденных коэффициентов  $a = 9,5$  кДж/кг и  $b = 1,745$  кДж/(кг·°C), а также вышеприведенных значений коэффициентов  $c$  и  $d$ , была получена зависимость:

$$h = 9,5 + 1,745t + 0,021t^2 + 0,0006t^3. \quad (3)$$

В интервале температур влажного насыщенного воздуха от «минус» 6 до «плюс» 18 °С ее погрешность не превышает 0,1 кДж/кг.

Ранее было показано, что существует лишь одно решение уравнений теплового баланса, теплопереда-

чи и тепловой эффективности КТУ, позволяющее найти значение коэффициента влаговыпадения [12]. Полученный вывод может быть распространен и на температуру вытяжного воздуха на выходе КТУ, искомым значением которой является решением системы уравнений теплового расчета КТУ.

Исходными данными к расчету температуры вытяжного воздуха на выходе КТУ были приняты:

– параметры вытяжного воздуха на входе в КТУ: температура  $t_1'$ , °С, относительная влажность  $\phi$ , %, энтальпия  $h_1'$ , кДж/кг и температура точки росы  $t_{1,p}$ , °С;

– температура приточного воздуха на входе в КТУ  $t_2'$ , °С;

– число единиц переноса (ЧЕП) при «сухом» теплообмене  $N_0$ .

Следует отметить, что ЧЕП при «сухом» теплообмене достаточно полно характеризует возможности передачи теплоты в КТУ и при «мокроем» теплообмене.

В таблице 1 приведены использованные в расчетах параметры вытяжного воздуха применительно к вентиляции помещений производственных, жилых и административных зданий.

**Таблица 1. Параметры вытяжного воздуха на входе в КТУ**

Номер варианта	$t_1'$ , °С	$\phi$ , %	$h_1'$ , кДж/кг	$t_{1,p}$ , °С
1	22	70	52	16,3
2	18	75	43	13,5
3	18	60	37,9	10,1
4	18	50	34,6	7,4
5	10	75	24,7	5,7
6	15	75	35,5	10,7

Температура приточного воздуха на входе в КТУ была принята равной следующим значениям: 0, -5, -10, -15, -20 и -25 °С.

Значения ЧЕП при «сухом» теплообмене задавались в пределах от 0,5 до 1,5 с учетом влияния геометрических и режимных параметров на эффективности работы КТУ [13].

Алгоритм метода итераций при нахождении температуры вытяжного воздуха содержит следующие этапы:

1. Принимают температуру вытяжного воздуха  $t_1'$ , °С, на выходе КТУ в интервале температур от  $t_2'$  до  $t_{1,p}$ .

2. Рассчитывают:

– энтальпию насыщенного вытяжного воздуха  $h_1''$ , кДж/кг на выходе КТУ по уравнению (3);

– коэффициент влаговыпадения

$$\xi = \frac{h_1' - h_1''}{c_{p1}(t_1' - t_1'')},$$

где  $c_{p1}$  – удельная теплоемкость вытяжного воздуха, кДж/(кг·°С);

– ЧЕП с учетом влияния выпадения влаги на теплообмен

$$N = \xi^{0,64} N_0;$$

– отношение водяных эквивалентов приточного и вытяжного воздуха

$$w = 0,96 / \xi.$$

Расчет отношения водяных эквивалентов произведен при условии равенства массовых расходов приточного и вытяжного воздуха с использованием удельных изобарных теплоемкостей: вытяжного воздуха  $c_{p1} = 1,05$  кДж/(кг·°С) и приточного воздуха  $c_{p2} = 1,01$  кДж/(кг·°С)

3. Находят:

– параметр  $\Gamma$  [14]

$$\Gamma = 1 - \exp(-Nw);$$

– коэффициент эффективности [14]

$$\varepsilon = 1 - \exp(-\Gamma / w).$$

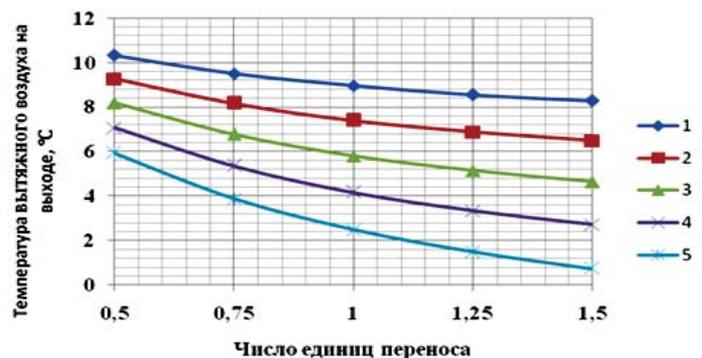
4. Рассчитывают температуру вытяжного воздуха на выходе из КТУ

$$t_1'' = t_1' - w\varepsilon(t_1' - t_2'). \quad (4)$$

Допустимая погрешность в расчете температуры по уравнению (4) по сравнению с ранее принятым значением температуры принята равной 0,1°С.

Данные, для которых  $t_1'' > t_{1,p}$ , исключались из рассмотрения.

Результаты расчета приведены на рисунках 2 и 3. Температура вытяжного воздуха на выходе из КТУ зависит от значения ЧЕП, от температуры поступающего приточного воздуха и параметров вытяжного воздуха на входе в КТУ.



**Рисунок 2. Температура вытяжного воздуха на выходе КТУ при его параметрах на входе  $t_1' = 15$  °С и  $\phi = 75\%$ : 1 -  $t_2' = 0$  °С; 2 -  $t_2' = -5$  °С; 3 -  $t_2' = -10$  °С; 4 -  $t_2' = -15$  °С; 5 -  $t_2' = -20$  °С**

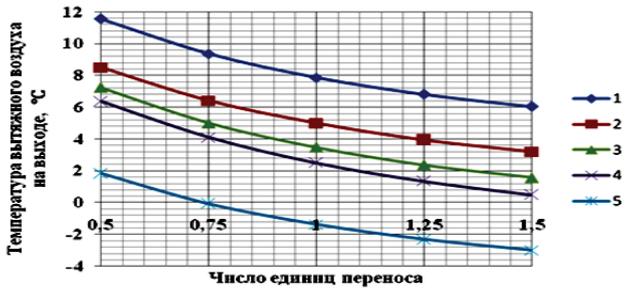


Рисунок 3. Изменение температуры вытяжного воздуха на выходе КТУ при  $t_1' = -20$  °С: номера рядов точек соответствуют номерам вариантов параметров вытяжного воздуха на входе в КТУ (табл. 1)

Если состояние приточного воздуха при низких температурах можно охарактеризовать одним параметром – его температурой, то состояние вытяжного воздуха, поступающего в КТУ, характеризуется двумя параметрами.

Это подтверждается данными рисунка 3, когда при одной и той же температуре в 18°С, но при разных относительных влажностях вытяжного воздуха на входе в КТУ (ряды точек 2, 3 и 4), наблюдаются разные температуры вытяжного воздуха на выходе КТУ.

Для состояния вытяжного воздуха на входе в КТУ представляется оправданным использовать температуру воздуха и температуру точки росы в качестве параметров поступающего в КТУ вытяжного воздуха. Это оказывается наиболее удобным при характеристике температурного фактора в тепловом режиме КТУ.

С учетом полученных результатов, искомая функциональная зависимость имеет следующий вид:

$$t_1'' = f(t_1'; t_{1,p}; t_2'; N_0). \quad (5)$$

Отсутствие коэффициента влаговываждения в зависимости (5) объясняется тем, что коэффициент влаговываждения также зависит от перечисленных в правой части формулы (8) параметров. Задавая их, можно определить и температуру вытяжного воздуха на выходе, и коэффициент влаговываждения в КТУ.

Полученную зависимость можно упростить введением относительных избыточных температур:

$$\theta_1 = f(\theta_2; N_0),$$

где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – относительные избыточные температуры:

$$\theta_1 = \frac{t_1' - t_1''}{t_1' - t_{1,p}} u \theta_2 = \frac{t_1' - t_{1,p}}{t_1' - t_2'}.$$

При этом первая из них содержит искомую температуру и является определяемым параметром, а вторая – эта определяющий параметр, она характеризует тепловой режим работы КТУ.

При постоянном значении ЧЕП устанавливается зависимость между относительными избыточными температурами (рис. 4).

Расчетные точки получены при вышеуказанных температурах приточного воздуха на входе в КТУ от 0 до «минус» 25 °С.

При построении графика на рисунке 4 использованы данные, для которых  $\theta_1 \geq 1$ .

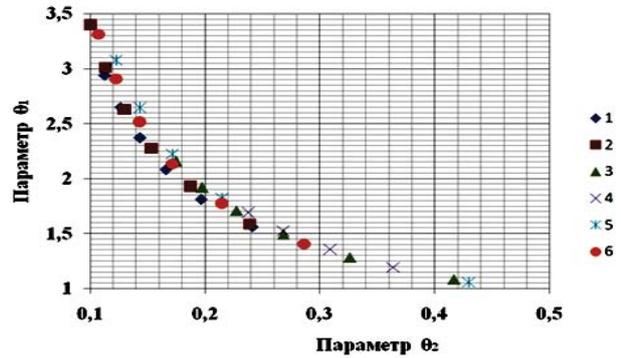


Рисунок 4. Относительные избыточные температуры при  $N_0 = 1$ : номера рядов точек соответствуют номерам вариантов параметров вытяжного воздуха на входе в КТУ (табл. 1)

Точки располагаются на кривой, соответствующей степенной зависимости:

$$\theta_1 = C(\theta_2)^m. \quad (6)$$

Значения коэффициента  $C$  и показателя степени  $m$  должны быть определены в зависимости от значения ЧЕП при обобщении данных о температуре вытяжного воздуха на выходе из КТУ.

Используя данные о значениях  $\theta_1$ , расчет температуры вытяжного воздуха на выходе из КТУ выполняется как

$$t_1'' = t_1' - \theta_1(t_1' - t_{1,p}). \quad (7)$$

Преобразование уравнения (6) в линейную зависимость с целью дальнейшего использования метода наименьших квадратов может быть выполнено методом логарифмирования

$$\ln \theta_1 = \ln C + m \ln \theta_2. \quad (8)$$

В таком случае имеем:

$$Y = a + bX, \quad (9)$$

где  $Y = \ln \theta_1$ ;  $a = \ln C$ ;  $b = m$ ;  $X = \ln \theta_2$ .

На рисунке 5 показаны расчетные точки, характе-

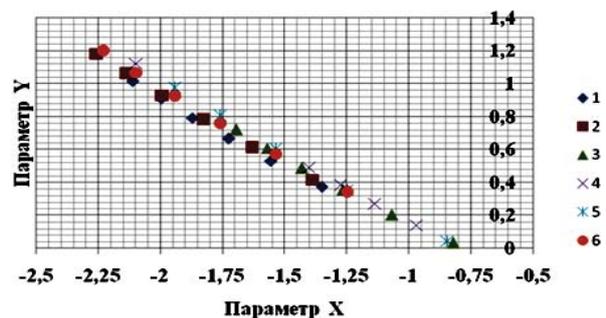


Рисунок 5. Зависимость между натуральными логарифмами относительных избыточных температур при  $N_0 = 1$ : номера рядов точек соответствуют номерам вариантов параметров вытяжного воздуха на входе в КТУ (табл. 1)

ризирующие температуру вытяжного воздуха на выходе КТУ при значении  $N_0 = 1$ . Координаты точек выражены с использованием параметров  $X$  и  $Y$ . При построении этих точек использованы результаты расчета для шести вариантов параметров вытяжного воздуха на входе в КТУ (табл. 1) при шести вариантах задания температуры приточного воздуха на входе в КТУ.

На основе метода наименьших квадратов было установлено, что при значении  $N_0 = 1$  в уравнении (9) коэффициент  $a = -0,664$ , а угловой коэффициент  $b = -0,81$ . При этом коэффициент детерминации  $R^2 = 0,988$ , что подтверждает наличие тесной связи между относительными избыточными температурами.

Согласно введенным к уравнению (9) обозначениям, находим, исходя из зависимости (6), расчетное уравнение при значении  $N_0 = 1$ :

$$\theta_1 = 0,515(\theta_2)^{-0,81} \quad (10)$$

Расчет температуры вытяжного воздуха на выходе КТУ с использованием уравнений (7) и (10) имеет погрешность не более  $0,8^\circ\text{C}$ , что удовлетворяет требованиям к инженерному расчету КТУ.

Уравнение (10) допустимо применять при  $N_0 = 1$  в интервале значений относительной избыточной температуры  $\theta_2$  от 0,1 до 0,45.

#### Заключение

Научное и практическое значение выполненного исследования состоит в разработке методики теплового расчета параметров вытяжного воздуха на выходе из КТУ в системах вентиляции с учетом влияния влаговываждения на процессы теплообмена.

Получено уравнение (3) для расчета энтальпии вытяжного воздуха на выходе из КТУ как насыщенного влажного воздуха в зависимости от его температуры.

Предложен алгоритм, использующий итерации для расчета конечной температуры вытяжного воздуха, приведены ее расчетные значения при характерных параметрах вытяжного и приточного воздуха на входе в КТУ, найдена и обоснована структура зависимости для расчета конечной температуры вытяжного воздуха. Дана расчетная зависимость (10) при значении ЧЭП  $N_0 = 1$ .

Результаты исследований подтверждают достоверность метода расчета температуры вытяжного воздуха на выходе из КТУ с использованием относительных избыточных температур, одна из которых  $\theta_1$  является определяемой, а другая  $\theta_2$  – определяющей. Первая из них содержит искомую температуру, а вторая – температуры, характеризующие состояние вытяжного и приточного воздуха на входе в КТУ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справоч. серия в 4-х кн. / А. М. Бакластов [и др.]; под общ. ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. –

2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – Кн. 4. – 588 с.

2. Голубков, Б. Н. Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха и отопления / Б. Н. Голубков, Т. М. Романова, В. А. Гусев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 190 с.

3. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пос. / Л. Д. Богуславский [и др.]; под ред. Л. Д. Богуславского и В. И. Ливчака. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.

4. Куновский, В. И. Использование низкопотенциальной тепловой энергии в системах теплогазоснабжения и вентиляции / В. И. Куновский, Г. А. Могилат. – Минск: БПИ, 1984. – 78 с.

5. Аверкин, А. Г. Примеры и задачи по курсу «Кондиционирование воздуха и холодильные машины» / А. Г. Аверкин. – М.: АСВ, 2003. – 126 с.

6. Староверов, И. Г. Внутренние санитарно-технические устройства. Вентиляция и кондиционирование воздуха / И. Г. Староверов. – М.: Стройиздат, 1978. – Ч. 2. – 509 с.

7. Справочник по теплоснабжению и вентиляции: в 2-х кн. / Р. В. Щекин [и др.]. – Киев: Будівельник, 1976. – Кн. 2. – 352 с.

8. Быков, А. В. Теплообменные аппараты, приборы автоматизации и испытания холодильных машин / А. В. Быков. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 248 с.

9. Холодильные машины / Н. Н. Кошкин [и др.]; под общ. ред. И. А. Сакуна. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 510 с.

10. Герасимович, Л. С. К расчету коэффициента теплопередачи кожухотрубчатых теплоутилизаторов в отопительно-вентиляционных системах сельскохозяйственных производственных помещений / Л. С. Герасимович, И. А. Цубанов // Агропанорама, 2014. – №5. – С. 32-35.

11. Теплофизические основы получения искусственного холода: справоч. / Н. А. Бучко [и др.]; под ред. А. В. Быкова. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 231 с.

12. Цубанов, А. Г. К расчету влаговываждения в кожухотрубчатых теплоутилизаторах систем вентиляции / А. Г. Цубанов, А. Л. Синяков, И. А. Цубанов // Агропанорама, 2016. – №1. – С. 35-38.

13. Цубанов, А. Г. Влияние геометрических и режимных параметров на эффективность кожухотрубчатых теплоутилизаторов / А. Г. Цубанов, А. Л. Синяков, И. А. Цубанов // Агропанорама, 2015. – №6. – С. 23-26.

14. Кэйс, В. М. Компактные теплообменники / В. М. Кэйс, А. Л. Лондон. – Ленинград: Госэнергоиздат, 1962. – 160 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.07.2016

УДК 631.15:33

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТОВАРНЫХ ОТРАСЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

А. А. Бурачевский,

аспирант каф. экономической теории и права БГАТУ

*В статье проведена оценка направлений и степени влияния дополнительных товарных отраслей на эффективность специализированных сельскохозяйственных организаций, выявлены тенденции и зависимости формирования эффективности функционирования специализированных производителей свинины от их отраслевого состава.*

*Ключевые слова: отрасль, специализация, эффективность, производство.*

*The article estimates ways and influence of additional industries on the efficiency of specialized agricultural organizations. It also reveals the trends and dependence of functioning efficiency of specialized pork producers on industry-specifics.*

*Keywords: branch, specialization, efficiency, production.*

### Введение

Несмотря на природно-климатическое разнообразие территории Республики Беларусь, а также неравномерное и разнонаправленное действие факторов формирования результативности производства в специализированных на выращивании свиней организациях, производственные и отраслевые структуры характеризуются относительным однообразием входящих в них дополнительных отраслей. При этом наблюдаются существенные различия в уровнях эффективности функционирования специализированных организаций. Актуальность проведения исследования обусловлена необходимостью выявления направлений и степени влияния дополнительных отраслей как элементов производственной системы на эффективность специализированных производителей свинины.

### Основная часть

Оценка влияния дополнительных отраслей на эффективность специализированных сельхозорганизаций проводилась на основе результатов ранжирования и последующей группировки данных свиноводческих хозяйств по показателю рентабельности продукции (форма № 6А-АПК справка 1 годового отчета). Все исследуемые организации на первом этапе анализа были условно разделены на три группы: хозяйства с отрицательным, положительным и нулевым значением уровня рентабельности производства. Производители с положительной и отрицательной рентабельностью, в свою очередь, для получения более детальных результатов анализа также разделены на подгруппы.

Следует отметить, что в 2013 году из 82 исследуемых предприятий 28 сработали с отрицательным результатом, 48 – с положительным, а еще 6 имели нулевую рентабельность производства.

В группе убыточных организаций наблюдался существенный разброс значений уровня рентабельно-

сти производства от -116,3 % в ОАО «Витебский КХП» до -1,9 % в ОАО «Василишки». По результатам проведенного анализа установлено, что столь существенная разница объясняется, во многом, отраслевым составом специализированных производителей. Выявлено, что наиболее часто в отраслевой структуре убыточных свиноводческих организаций встречались отрасли молочного и мясного скотоводства, а также выращивания зерна и рапса (табл. 1). Количество других дополнительных отраслей невелико: от 0 (производство яиц и мяса птицы) до 8 (выращивание овощей в открытом грунте). Причем зачастую дополнительные отрасли также имели низкий уровень эффективности производства. Так, только 25 % убыточных производителей свинины выращивали овощи прибыльно, 12,5 % – говядину, 45,8 % – зерно, 56,5 % – молоко и т. д. Среднее количество дополнительных отраслей в одной убыточной организации в 2013 г. составляло 4,28.

При этом стоит обратить внимание на существенную разницу отраслевого состава внутри группы низкоэффективных предприятий. Посредством разделения группы убыточных организаций на пять подгрупп было установлено, что отраслевой состав первой (самой низкоэффективной) подгруппы сильно отличается от состава пятой. В нем отсутствуют отрасли молочного и мясного скотоводства, выращивания овощей в открытом грунте, картофеля, сахарной свеклы, а эффективность производства в отраслях выращивания рапса и зерновых, которые являются схожими элементами структуры производства, существенно ниже: урожайность составляет 53,9 % и 33,2 %, а среднее значение прибыли ниже на 1047,6 млн руб. и 883 млн руб. соответственно от уровня предприятий пятой подгруппы.

В организациях с нулевым значением уровня рентабельности производства также наиболее часто встречались отрасли молочного и мясного скотоводства, выращивания зерна и рапса (табл. 2). В отличие

**Таблица 1. Состав и количество дополнительных товарных отраслей в убыточных хозяйствах, специализированных на производстве свинины**

	Общее количество		Из них количество прибыльных отраслей	
	шт.	%	шт.	%
Мясное скотоводство	24	85,7	3	12,5
Молочное скотоводство	23	82,1	13	56,5
Картофельводство	7	25,0	0	0,0
Выращивание зерновых	24	85,7	11	45,8
Выращивание сахарной свеклы	5	17,9	4	80,0
Выращивание овощей в открытом грунте	8	28,6	2	25,0
Выращивание овощей в защищенном грунте	2	7,1	0	0,0
Выращивание плодовых	3	10,7	0	0,0
Выращивание рапса	22	78,6	14	63,6
Производство яиц	0	0,0	0	0
Мясное птицеводство	0	0,0	0	0
Среднее количество дополнительных отраслей в одной убыточной организации	4,28			

**Таблица 2. Состав и количество дополнительных товарных отраслей в хозяйствах с нулевым уровнем рентабельности производства, специализированных на производстве свинины**

	Общее количество		Из них количество прибыльных отраслей	
	шт.	%	шт.	%
Мясное скотоводство	5	83,3	0	0,0
Молочное скотоводство	5	83,3	4	80,0
Картофельводство	3	50,0	0	0,0
Выращивание зерновых	5	83,3	4	80,0
Выращивание сахарной свеклы	2	33,3	2	100,0
Выращивание овощей в открытом грунте	1	16,7	1	100,0
Выращивание овощей в защищенном грунте	0	0,0	0	0,0
Выращивание плодовых	2	33,3	0	0,0
Выращивание рапса	4	66,7	4	100,0
Производство яиц	0	0,0	0	0,0
Мясное птицеводство	0	0,0	0	0,0
Среднее количество дополнительных отраслей в одной организации	4,67			

от хозяйств с отрицательным результатом функционирования, в данной группе удельный вес прибыльных отраслей был выше и не опускался ниже 80 %, но при этом отрасли картофелеводства, плодоводства, откорма КРС во всех организациях получили убыток.

Среднее количество дополнительных отраслей в одной прибыльной организации больше, чем в двух предыдущих группах и составляет 5. Отраслевой состав шире; в структуре производства появляются отрасли птицеводства мясного и яичного направлений. Наиболее типичны прибыльным производителям свинины отрасли мясного (85,4 %) и молочного (89,6 %) скотоводства, производства зерна (91,7 %) и рапса (87,5 %) (табл. 3). Наименьшее представительство в отраслевой структуре имеют птицеводство и выращивание овощей в защищенном грунте. Промежуточное положение занимают, соответственно, картофелеводство, плодоводство, выращивание сахарной свеклы и овощей в открытом грунте.

В то же время не было обнаружено существенных различий в отраслевом составе прибыльных спе-

циализированных производителей при разделении их на подгруппы.

В целом можно говорить о более высоком среднем удельном весе дополнительных отраслей в структуре товарной продукции, прибыли, затратах на производство наиболее рентабельных специализированных производителей свинины.

Проведенная на втором этапе анализа оценка влияния изменения уровня специализации на динамику рентабельности продукции за 2011-2013 гг. позволила сделать некоторые обобщенные выводы:

1. Сопоставление значений показателей изменения уровня рентабельности производства и динамики количества дополнительных отраслей в производственной и отраслевой структуре специализированных хозяйств показало отсутствие прямой связи между ними. При снижении уровня эффективности во многих свиноводческих организациях (39 из 56, или 69,6 %) за анализируемый период, набор отраслей в структуре производства не изменился. Только в 6 хозяйствах исследуемой группы количество дополнительных

**Таблица 3. Состав и количество дополнительных товарных отраслей в прибыльных хозяйствах, специализированных на производстве свинины**

	Общее количество		Количество прибыльных отраслей	
	шт.	%	шт.	%
Мясное скотоводство	41	85,4	17	41,5
Молочное скотоводство	43	89,6	38	88,4
Картофельводство	21	43,8	10	47,6
Выращивание зерновых	44	91,7	36	81,8
Выращивание сахарной свеклы	19	39,6	18	94,7
Выращивание овощей в открытом грунте	9	18,8	5	55,6
Выращивание овощей в защищенном грунте	2	4,2	0	0,0
Выращивание плодовых	8	16,7	4	50,0
Выращивание рапса	42	87,5	37	88,1
Производство яиц	3	6,3	2	66,7
Мясное птицеводство	4	8,3	2	50,0
Среднее количество дополнительных отраслей в одной прибыльной организации	5			

отраслей выросло, в остальных (11, или 19,6 %) снизилось. Более того, динамика количества отраслей во всех наблюдаемых случаях сопровождалась снижением уровня эффективности.

2. Соотнесение значений показателей изменения рентабельности производства и уровня специализации в анализируемый период также не позволило установить существенной обоюдной корреляции. Снижение удельного веса в структуре товарной продукции главной отрасли – свиноводства – в большей (как, например, в ОАО СГЦ «Вихра» на 15,48 %), или меньшей (как в СПК «Дворецкий» на 0,02 %) мере не способствовало положительной динамике уровня рентабельности производства, как и его рост. Но есть исключения: из всей совокупности хозяйств группы постоянного состава только три хозяйства продемонстрировали увеличение рентабельности производства в 2013 г. по сравнению с 2011 г. СПК «Антоновский», СПК «Мазоловский» и ОАО «Климовичский КХП» добились увеличения эффективности производства на 8,3 п.п.<sup>1</sup>, 8,9 п.п. и 0,9 п.п. при одновременном уменьшении уровня специализации на 15,84 п.п. и 5,95 п.п. и увеличении его на 0,3 п.п. соответственно.

3. Разделив все исследуемые организации на четыре группы (одна группа производителей, повысивших уровень рентабельности производства в период 2011-2013 гг. и три группы производителей – снизивших на величину до 10 п. п., от 10 до 20 п. п. и более 20 п. п. соответственно), автором было выявлено, что изменение уровня эффективности функционирования специализированных производителей в анализируемый период не связано напрямую с изменением удельных весов дополнительных отраслей в структуре товарной продукции. Так, в группе хозяйств, снизивших уровень рентабельности производства на 20 п. п. и более, сразу 14 предприятий уменьшили долю зерновых в выручке, но при этом 12 предприятий ее повысили; 12 производителей увеличили долю рапса, а 13 – снизили и т.д. Аналогичная ситуация наблюдается и по остальным группам,

в том числе и в тех трех хозяйствах, повысивших производительность. В общем, стоит отметить, что наиболее часто за анализируемый временной интервал увеличивалась доля отраслей производства зерна – в 32 случаях, рапса – 33, говядины – 34, молока – 29. Удельный вес этих же отраслей чаще других уменьшался.

4. Предпринятая попытка проследить взаимосвязь и взаимовлияние изменения уровня специализации производства, а также количества дополнительных отраслей на динамику среднесписочной численности работников организации показала, что между анализируемыми параметрами нет системной зависимости. Эта особенность характерна всем группам хозяйств, выделенных в результате ранжирования по степени изменения уровня рентабельности производства. К примеру, ОАО «Речицкий КХП», ОАО «Бобовский» – организации-лидеры по степени уменьшения численности работников, в период 2011-2013 гг. (на 560 и 162 человека соответственно) увеличили удельный вес в структуре товарной продукции трудоемких отраслей – свиноводства и молочного скотоводства, снизив при этом рентабельность производства на 7,2 и 16,9 п. п. соответственно. В ЧУП «Золак-агро» доля свиноводства и мясного скотоводства в выручке за анализируемый временной интервал выросла на 5,8 и 1,2 п. п. соответственно, но при этом количество работников повысилось на 256 человек. В то же время стоит отметить еще одну интересную особенность: при увеличении степени снижения уровня рентабельности производства, растет количество специализированных производителей, снижающих численность персонала, т.е. наблюдается связь между динамикой эффективности и количеством работников.

Проведенный анализ не позволил установить существенного прямого влияния изменения отраслевой и производственной структуры на динамику эффективности организаций. Наиболее вероятно, что основные причины снижения уровня рентабельности производства специализированных организаций в целом, а также главной и дополнительных отраслей заключены в существенном влиянии на результаты работы непростых погодных условий 2013 года (вы-

<sup>1</sup> п.п. – процентный пункт

сокие средние температуры, отсутствие осадков) и сложной эпизоотической ситуации в отрасли свиноводства в 2013 году, которая, в свою очередь, повлекла существенные изменения конъюнктуры на отечественном и зарубежном рынке мяса. Даже в тех организациях, где уровень специализации практически не изменился, т.е. специализация сложившаяся и устойчивая, наблюдалось, порой, стремительное падение уровня эффективности. Примером могут служить хозяйства, которые являются одними из лидеров сельскохозяйственного производства Беларуси: ОАО «Беловежский» и СПК «им. В. И. Кремко», снизившие значение рентабельности производства на 14,8 п.п. и 30,7 п.п. соответственно.

5. Сопоставительный анализ данных о количестве дополнительных отраслей и динамики уровня эффективности производства специализированных организаций подтверждает тезис о том, что диверсифицированные производители более устойчивы и менее подвержены влиянию на конечный результат, изменениям на рынке и погодным аномалиям. Так, во всех хозяйствах группы постоянного состава, закончивших 2013 г. с положительным результатом, количество дополнительных отраслей было не менее 4. Группировка специализированных производителей свинины, на основе данных 2013 г. по признаку рентабельности производства, позволила выявить снижение значения индекса Херфиндаля-Хиршмана – интегрального показателя оценки диверсификации производства, учитывающего количество отраслей и их вклад в формирование денежного дохода предприятия, по мере роста значения рентабельности производства. В первой подгруппе значение индекса было равным 0,9961, в десятой – 0,9023, а в одиннадцатой – 0,9145. То есть, чем выше уровень диверсификации, тем в целом выше эффективность.

В соответствии с планами Минсельхозпрода, в 2015 г. должны были быть введены в строй 11 свиноводческих комплексов, что, по словам министра сельского хозяйства и продовольствия Беларуси Л. Зайца, даст возможность наладить производство свинины в объеме 480-500 тыс. тонн, который необходим для внутреннего потребления [7].

Однако падение цен и медленное восстановление мирового рынка свинины после кризиса начала 2015 г., а также наращивание производственных мощностей отрасли свиноводства в России чревато для отечественных производителей серьезными проблемами в плане реализации продукции уже в ближайшее время.

Кроме того, ряд ученых-экспертов высказывают обоснованные сомнения в правильности выбранного пути развития свиноводства посредством увеличения мощности действующих и строительства новых комплексов больших размеров [4, 5, 6]. В унисон с ними высказываются и известные практики сельскохозяйственного производства: «У наш даволі эканамічна складаны час будаўніцтва новых комплексаў лепш адкласці. Наяўныя магутнасці, по мнению члена Совета Республики Национального Собрания Республики Беларусь Ю. Д. Мороза, забяспечваюць краіну патрэбамі свініны.» [1].

В этой связи особенно актуализируется важность анализа опыта развития и повышения дополнительных товарных отраслей (например, молочного скотоводства, в ОАО «Беловежский» Брестской области [2], выращивания рапса в ОАО «Василишки» Гродненской области [3] и др.), которые, несомненно, могут стать надежной опорой обеспечения устойчивого функционирования специализированных на производстве свинины организаций.

### **Заключение**

В результате проведенного исследования выявлена зависимость эффективности функционирования производства от уровня его диверсификации, отраслевого состава хозяйств, сильного и, порой, деструктивного влияния факторов внешней среды, а также новых подходов к организации производства<sup>2</sup>. Это, в свою очередь, актуализирует и обуславливает необходимость выработки новых принципов и методических приемов к оценке оптимальности отраслевого состава и построения производственной структуры специализированных производителей свинины. Причем, очевидно, что основой нового метода должна стать не только максимизация вклада в формирование результата, но и учет наличия ресурсов, в первую очередь земельных, и тип организации в зависимости от размеров главной отрасли.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Селянінам трэба нарадзіцца [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belniva.sb.by/persona-2/article/selyaninam-treba-naradzitsa.html>. – Дата доступа: 11.06.2016.
2. В Каменецком районе появится ферма, аналогов которой нет во всем СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sb.by/v-belarusi/news/v-kamenetskom-rayone-poyavitsya-ferma-analogov-kotoroy-net-vo-vsem-sng.html>. – Дата доступа: 11.06.2016.
3. Рецепты конкурентоспособности для белорусской «шкварки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/ispitano-na-sele/recepty-konkurentosposobnosti-dlja-belorusskoj-shkvarki>. – Дата доступа: 12.06.2016.
4. Свиноводство: не загубить планированием... [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/agramaja-politika/svinovodstvo-ne-zagubit-planirovanem%E2%80%A6>. – Дата доступа:

<sup>2</sup> *Имеется в виду совмещение в производственной структуре отраслей свиноводства и птицеводства. В научных и учебных работах, изданных в 60-80-е гг., отмечалось, что совмещение в производственной и отраслевой структуре одного хозяйства этих отраслей нерационально и нежелательно. Однако ход развития производительных сил и производственных отношений привел к тому, что это не только реально, но и выгодно.*

12.06.2016.

5. Основы мясной экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/ispitano-na-sele/osnovy-mjasnoj-jekonomiki> Дата доступа: 10.06.2016.

6. Нужны ли нам свинокомплексы – «монстры»? [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.agrolive.by/LIVESTOCK/article814>. – Дата доступа: 10.06.2016.

7. До конца года в Беларуси откроют 11 свинокомплексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agronews.by/news/svinovodstvo/14411.html>. – Дата доступа: 10.06.2016.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.05.2016

УДК 338.43.637.5

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА: ОБОСНОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ ЕЕ РОСТА

**И.А. Контровская,**

*доцент каф. учета, анализа и аудита БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент*

**А.В. Горбатовский,**

*зав. сектором экономики животноводства РНУП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси»*

**А.И. Гриценко,**

*гл. специалист отдела экономического развития и анализа управления экономики Минского районного исполнительного комитета*

*Представлены результаты анализа динамики предельного продукта и предельного дохода при производстве молока в ОАО «Гастелловское». Обоснованы резервы снижения расхода неэффективно используемых факторов производства. Выявлены резервы роста продуктивности животных для организаций с интенсивным типом концентрации производства за счет совершенствования структуры рациона в сторону увеличения доли использования травяных кормов высокого качества, что позволит снизить себестоимость продукции в среднем на 5 %, а также за счет перехода на высокопродуктивные породы животных.*

*Ключевые слова: эффективность производства молока, предельный продукт, обоснование резервов, себестоимость молока.*

*The results of the analysis of the dynamics of the marginal product and marginal revenue in milk production in JSC "Gastellovskoe" are given. Proved reserves to reduce the flow of factors of production are used ineffectively. Revealed productivity growth reserves for the animal organization with intensive type of concentration of production at the expense of improving the structure of the diet in the direction of increasing the share of high-quality forage grass, which will reduce production costs by an average of 5%, as well as the transition to highly productive breeds of animals.*

*Keywords: effectiveness milk production, the marginal product, rationale for reserves, costs of milk.*

### Введение

Проблема повышения эффективности молочно-товарного производства приобретает первоочередное значение ввиду того, что достигнутый в республике уровень производства молока недостаточен для обеспечения развития отрасли на принципах самокупаемости и самофинансирования. Себестоимость продукции продолжает повышаться, а действующие закупочные цены не возмещают складывающихся во многих хозяйствах затрат в достаточной для расширенного воспроизводства мере.

Для повышения эффективности производства молока существует множество мероприятий организационно-технического характера.

Однако прежде чем приступить к внедрению данных мероприятий, необходимо определить и обосновать выбор ключевых научно обоснованных

резервов, реализация которых позволит в условиях государственного курса на дальнейшее повышение уровня интенсификации и концентрации молочно-товарного производства добиться снижения расхода неэффективно используемых факторов производства.

С этой точки зрения важным представляется анализ динамики предельного продукта и предельного дохода отрасли молочного скотоводства.

Предельный продукт переменного фактора (кормов) (MP) – это изменение общего продукта, полученное при использовании дополнительной единицы переменного фактора и прочих равных условиях [1].

Предельный доход (MR) – это доход, полученный от производства и реализации дополнительной единицы продукции. Предельные издержки (MC) равны приросту затрат на единицу прироста количества производимой продукции.

Для максимизации прибыли необходимо расширять объем производства до тех пор, пока предельный доход выше предельных издержек, и прекратить расширение производства, как только предельные издержки начнут превышать предельный доход.

Таким образом, в целях получения максимальной рентабельности дополнительно полученной продукции (предельного продукта) направления повышения эффективности производства молока необходимо определять с учетом анализа предельного дохода отрасли.

Целью исследования является обоснование основных направлений и выявление резервов повышения эффективности производства молока на основе анализа предельного дохода отрасли молочного скотоводства.

### Основная часть

Объектом исследования является ОАО «Гастелловское» - крупный производитель Минской области. Основное направление его деятельности – молочное скотоводство. В структуре товарной продукции молока занимает свыше 56 %.

Методы исследования:

1. Комплексная методика расчета резервов повышения продуктивности молочного стада КРС [3].

Согласно данной методике, резерв роста продуктивности животных ( $P\uparrow\Pi_{от}$ ) достигается в комплексе за счет улучшения организации труда и условий содержания животных:

$$P\uparrow\Pi_{от} = \Pi P_{max} - (\Pi P_{факт} + P\uparrow\Pi_{ук} + P\uparrow\Pi_{кк} + P\uparrow\Pi_{стр}), \quad (1)$$

где  $\Pi P_{max}$  – максимально возможный уровень продуктивности животных на уровне генетического потенциала животных (лучшее хозяйство, республика) в год, кг/голову;

$\Pi P_{факт}$  – фактическая продуктивность животных в хозяйстве за период T;

$P\uparrow\Pi_{ук}$  – резерв роста продуктивности животных за счет повышения уровня кормления;

$P\uparrow\Pi_{кк}$  – резерв роста продуктивности животных за счет доведения качества травянистых кормов до 1-го класса;

$P\uparrow\Pi_{стр}$  – резерв повышения продуктивности животных при доведении обеспеченности 1 к.ед. перевариваемым протеином до нормативного уровня за счет изменения структуры рациона ( $P\uparrow\Pi_{стр}$ ).

2. Анализ предельных продуктов, издержек и дохода отрасли молочного скотоводства.

Если затраты на корма изменились на  $\Delta L$ , а объем выпускаемой продукции (молока) – на  $\Delta TP$ , то предельный продукт будет равен:

$$MP = \Delta TP / \Delta L, \quad (2)$$

Показатель предельного продукта характеризует предельную производительность переменного ресурса.

Предельный доход, полученный от реализации молока, можно рассчитать по формуле:

$$MRt = \Delta TRt / \Delta Vt, \quad (3)$$

где  $MRt$  – предельный доход, полученный за период T;

$\Delta TRt$  – изменение дохода от реализации молока за период T;

$\Delta Vt$  – изменение объема реализации молока за период T.

Аналогично производится расчет предельных издержек:

$$MCt = \Delta TCt / \Delta Vt, \quad (4)$$

где  $MCt$  – предельные издержки в период T;

$\Delta TCt$  – изменение издержек (себестоимости проданной продукции) за период T;

$\Delta Vt$  – изменение объема реализации молока за период T.

В ОАО «Гастелловское» преобладает интенсивный тип концентрации производства, так как при увеличении объемов производства молока за счет роста, в первую очередь, продуктивности коров, без увеличения площадей сельскохозяйственных угодий, растет уровень интенсификации кормопроизводства. В рационе коров преобладают концентраты, силос и сенаж.

Удой молока на 1 среднегодовую корову в динамике за 2013-2015 годы увеличился на 1215 кг и составил в 2015 году – 8 326 кг (табл. 1). Повышению продуктивности коров способствовало, в первую очередь, увеличение доли концентратов в рационе коров и рост их окупаемости.

Производство молока в ОАО «Гастелловское» рентабельно. ОАО «Гастелловское» входит в четверку хозяйств – лидеров (СПК Агрокомбинат «Снов», СУП «Озерицкий-Агро», ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита») по эффективности в производстве молока Минской области и занимает вторую позицию по интегральному показателю конкурентоспособности.

Однако частный индекс конкурентоспособности по средней себестоимости производства молока в ОАО «Гастелловское» (0,940) ниже показателя по Минской области – 0,993, а себестоимость производства молока больше оптимума для группировки хозяйств по молочной продуктивности коров – 7 500 кг и выше на 797 тыс. руб. / т.

Рентабельность производства молока в ОАО «Гастелловское» в динамике за 2014-2015 годы снизилась на 2,7 % и составила в 2015 году – 18,7 % (табл. 1), что связано с ростом стоимости кормов,

**Таблица 1. Производственно-экономические показатели эффективности производства молока в ОАО «Гастелловское»**

Удой молока на 1 среднегодовую корову, кг		Валовой надой молока, т		Окупаемость кормов, ц/ц к. ед.		Удельный вес концентратов в рационе, %		Рентабельность производства, %		Затраты на производство молока, млн руб.	
2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.
7644	8326	10969	12972	1,13	1,39	38	42	21,4	18,7	38973	47503

составляющих 40 % в структуре себестоимости молока. Значительный вес в структуре рациона кормления животных занимают концентрированные корма (в 2015 году – 42,4 %). Стоимость кормов в 2015 году составила – 19 296 млн руб., из них 59 % составляют покупные корма (в основном концентраты), что обуславливает необходимость совершенствования кормового рациона животных в сторону удешевления кормозаготовок.

Наложение теории предельного продукта на данные ОАО «Гастелловское» позволит установить предельную производительность использования кормов при интенсивном типе развития и обосновать оптимальные направления повышения эффективности производства молока.

Результаты анализа предельного продукта по израсходованным кормам в ОАО «Гастелловское» (ф. 2; табл. 2) показали, что в данном хозяйстве окупае-

тонну молока в 2015 году составила 0,22 млн руб., что на 3,05 млн руб. меньше уровня 2014 года.

Таким образом, превышение предельного дохода над предельными издержками свидетельствует о необходимости дальнейшего увеличения производства и реализации молока в ОАО «Гастелловское», однако при таком росте уровня его себестоимости в дальнейшем, это нецелесообразно.

Согласно Государственной программе «Развитие аграрного бизнеса Беларуси на 2016-2020 годы», в составе важнейших факторов интенсивного развития молочной отрасли должно оставаться кормопроизводство и кормление животных в целях рационального использования генетического потенциала молочных коров, при дальнейшем повышении уровня интенсификации и концентрации молочнотоварного производства [2].

Выявление внутрихозяйственных резервов роста эффективности производства молока в организациях

с интенсивным типом концентрации производства возможно посредством использования «Комплексной методики расчета резервов повышения продуктивности молочного стада КРС», изложенной в объектах и методах исследования [3].

Согласно данной методике, определены внутрихозяйственные резервы повышения эффективности производства молока и снижения себестоимости молока в ОАО «Гастелловское»:

1. *Повышение продуктивности коров за счет изменения структуры рациона кормления.*

Обеспеченность рациона кормления коров переваримым протеином в ОАО «Гастелловское» достаточно высокая, что обеспечивается высокой долей концентратов в рационе и обуславливает низкий уровень расхода корма на голову (59,9 ц. к. ед.) при среднегодовом удое от одной коровы – 8326 т.

Таким образом, резерв повышения продуктивности коров за счет изменения структуры рациона для

**Таблица 2. Динамика предельного продукта по израсходованным кормам на производство молока в ОАО «Гастелловское» за 2014-2015 гг.**

Показатели	2014 г.	2015 г.	Темп роста 2015 г. к 2014 г., %
материально-денежных затрат – всего, т /млн руб.	0,14	0,23	163
из них кормов, в т.ч.	0,69	0,36	53
концентрированные корма	1,87	0,68	36
затраты труда	0,50	2,01	406
затраты на содержание ОС	0,66	4,33	654
энергоресурсов	4,28	2,93	68
нефтепродуктов	5,84	3,07	53
прочих прямых затрат	1,91	2,19	114
затрат организации производства	7,50	3,47	46

мость каждой дополнительной денежной единицы, инвестированной в производство молока, повышается в натуральном выражении. В 2015 г. на 1 млн руб. дополнительно вложенных материально-денежных затрат был получен прирост производства молока в 230 кг, а в 2014 году – 140 кг.

Больше всего предельный продукт по таким статьям, как затраты организации производства, нефтепродукты, корма (на 47 %) и особенно концентрированные (на 64 %), что свидетельствует об уменьшении отдачи дополнительных вложений по этой статье.

Анализ предельного дохода, полученного от реализации дополнительно полученной тонны молока (ф. 3, 4; табл. 3), показал, что в 2015 г. каждая тонна молока, реализованная сверх уровня 2014 г., принесла хозяйству доход в размере – 4,72 млн руб., а ее производство обошлось хозяйству в 4,50 млн руб.

Прибыль на каждую дополнительно проданную

**Таблица 3. Динамика предельного дохода и предельных издержек на производство молока в ОАО «Гастелловское» за 2013-2015 гг.**

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Темп роста 2015 г. в % к 2013г.
Продано молока в зачетном весе, тыс. т	8397	10472	12178	145
Общий доход (выручка от реализации молока), млн руб.	28890	48373	56421	195
Общие издержки (полная себестоимость проданной продукции), млн руб.	27121	39830	47503	175
Предельный доход, млн руб.	-	9,39	4,72	-
Предельные издержки, млн руб.	-	6,12	4,50	-

доведения сбалансированности 1 к. ед. переваримым протеином до нормативного уровня, а также резерв роста продуктивности животных за счет повышения уровня кормления ( $P \uparrow P_{\text{ук}}$ ) для ОАО «Гастелловское» нецелесообразно (ф. 1 Методики).

Изменить структуру рациона кормления коров необходимо в целях снижения себестоимости производства молока. В частности, предполагается увеличение в рационе доли травяных кормов с высокой долей обменной энергии (зеленых кормов и сена) и оптимизация содержания в структуре рациона сенажа и силоса, что обеспечит снижение общей себестоимости кормов на 6-10 %, себестоимости молока, в среднем, на 5 %.

Кроме того, при фактическом расходе кормов и данной питательности рациона в ОАО «Гастелловское» на основании нормативных данных [4], возможный уровень среднегодового удоя должен составить – 8700 кг с головы. Резерв роста продуктивности должен составить:  $P \uparrow P_{\text{стр}} = 8700 - 8326 = 374$  кг/гол.

### 2. Повышение качества травянистых кормов.

Резерв роста продуктивности животных за счет доведения качества травянистых кормов до 1-го класса определен исходя из средневзвешенного класса качества травянистых кормов рациона ( $KK_i = 1,390$ ) и процента потери продуктивности из-за некачественных травянистых кормов (6 %).

Резерв роста продуктивности за счет доведения качества травянистых кормов до 1-го класса равен:

$$P \uparrow P_{\text{кк}} = 8700 \times \frac{6}{100} = 522 \text{ кг/гол.}$$

### 3. Улучшение организации труда и условий содержания животных.

Резерв роста продуктивности животных за счет улучшения организации труда и условий содержания животных (фор. 1 Методики) рассчитывается как возможный на уровне лучшего хозяйства региона (области). Продуктивность коров на уровне лучшего хозяйства региона (СПК Агрокомбинат «Снов») в 2015 году составляла – 9723 т. Таким образом, резерв роста продуктивности животных за счет улучшения организации труда и условий содержания животных составит:

$$P \uparrow P_{\text{от}} = 9723 - (8326 + 374 + 522) = 501 \text{ кг/гол.}$$

В качестве реализации данного резерва роста продуктивности животных до уровня СПК Агрокомбинат «Снов» можно рассматривать переход на высокопродуктивные породы животных. Использование голштинских производителей для совершенствования чернопестрого скота оказывает положительное влияние на продуктивность и на содержание белка в молоке.

Таким образом, дальнейшее повышение эффективности производства молока в организациях с высоким уровнем интенсификации производства может осуществляться согласно разработкам Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству за счет [5]:

#### 1. Формирования устойчивой кормовой базы:

– максимальное использование потенциала полевого и лугового травосеяния – за счет интенсивного выращивания трав севооборота, дешевых пастбищных кормов;

– заготовка кормов высокого качества в оптимальные сроки – за счет совершенствования структуры травосеяния, применения эффективных консервантов, переработки зернофуража в полноценные комбикорма, массового внедрения интенсивных технологий;

– разработка рационов кормления в зависимости от реального качества заготовленных кормов, обеспечив энергетическую питательность 1 килограмма сухого вещества травяных кормов не менее 10,5-11 мегаджоулей с содержанием белка на уровне – 14-16 %. Такие качественные параметры кормов фактически позволят полностью использовать уже имеющийся потенциал дойного стада.

2. Перехода на высокопродуктивные породы животных, пригодных для использования в современных производственных помещениях промышленного типа с новейшими технологиями содержания. В молочном производстве – это коровы с продуктивностью до 1,5 тыс. кг молока на 100 кг живого веса при затратах корма 0,7-0,8 к.ед./кг молока (среднегодовой удой 10000-12000 кг / голову).

Насколько целесообразным и возможным будет реализация выявленного резерва увеличения продуктивности коров следует определять исходя из реальных возможностей хозяйства, а также из перечня плановых мероприятий организационно-технического характера.

### Заключение

1. В условиях инновационной модернизации отрасли и государственного курса на дальнейшее повышение уровня интенсификации и концентрации молочнотоварного производства в основе выбора основных направлений повышения эффективности производства молока должно находиться определение ключевых научно обоснованных факторов, совершенствование которых позволит наиболее полно использовать имеющиеся резервы.

2. В целях выявления резервов снижения расхода неэффективно используемых факторов производства и достижения максимальной рентабельности дополнительно полученной продукции, важное значение имеет анализ динамики предельного продукта и предельного дохода отрасли молочного скотоводства.

3. Эффективность производства молока в организациях с интенсивным типом концентрации производства обусловлена себестоимостью продукции, особенно стоимостью кормов. В рационе кормления животных основная доля приходится на концентрированные корма.

Анализ предельного продукта на основе данных ОАО «Гастелловское» показал, что окупаемость каждой дополнительной денежной единицы, инвестированной в производство молока, за исследуемый период повышается в натуральном выражении. Предельный доход превышает предельные издержки, что свидетельствует о целесообразности дальнейшего увеличения производства и реализации молока. При этом полученный предельный продукт кормам снижается в первую очередь из-за роста стоимости концентратов, что свидетельствует об уменьшении отдачи вложений по этой статье и обуславливает необхо-

димось совершенствования кормового рациона в целях снижения себестоимости производства молока. Таким образом, в составе важнейших факторов интенсивного развития молочной отрасли должно оставаться кормопроизводство и кормление животных в целях рационального использования генетического потенциала молочных коров при снижении расхода неэффективно используемых факторов производства.

4. В целях выявления внутрихозяйственных резервов роста эффективности производства молока в организациях с интенсивным типом концентрации производства целесообразно использовать комплексную методику расчета резервов повышения продуктивности молочного стада КРС.

Согласно методике, резерв роста продуктивности животных на уровне использования генетического потенциала молочных коров (на примере лучшего хозяйства области) достигается в комплексе за счет улучшения организации труда при кормозаготовках и условий содержания животных:

– при совершенствовании структуры рациона в сторону увеличения доли использования травянистых кормов с высокой долей обменной энергии (зеленых кормов и сена) высокого качества, что обеспечит снижение общей себестоимости кормов на 6-10 %, себестоимости молока, в среднем, на 5 %;

– при переходе на высокопродуктивные породы животных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономическая оценка современного состояния и развития молочного скотоводства Республики Беларусь / А.В. Горбатовский, Г.В. Сидунова, О.Н. Горбатовская, В.В. Шварацкий, М.Л. Климова // Аграрная экономика, 2013. – № 1. – С. 42-50.

2. Государственная программа «Развитие аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы» от 10 февраля 2015 г.

3. Такун, А.П. Экономический расчет в молочном скотоводстве: методич. практикум / А.П. Такун, Е.Г. Климовец, С.П. Такун. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2011. – 28 с.

4. Нормативы расхода и структуры кормов для дойного стада (годовые)

Попков, Н.А. Научно-практич. Центр Нац. академии наук Беларуси по животноводству – полигон для инновационных технологий / Н.А. Попков // Знак качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znk.by>. – Дата доступа: 23.06.2016.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.08. 2016.

УДК 336

## НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ОАО «БЕЛЛАКТ»

**Г.В. Баркун,**

*ст. преподаватель каф. учета, анализа и аудита БГАТУ*

**Е.С. Криштофик,**

*магистрант БГАТУ*

*В статье проанализированы показатели финансовой деятельности предприятия и представлены направления улучшения его финансового состояния.*

*Ключевые слова: финансовое состояние, финансовый план, прибыль, рентабельность продаж, рост прибыли, финансовая база.*

*The article analyzes the enterprise financial performance and presents directions for improving financial condition.*

*Keywords: financial condition, financial plan, profit, return on sales, profit growth, financial base.*

### Введение

Финансовое состояние предприятия характеризуется системой показателей, отражающих состояние капитала в процессе его кругооборота и способность субъекта хозяйствования финансировать свою деятельность на фиксированный момент времени.

Следовательно, главной задачей функционирования любого предприятия является получение положительных финансовых результатов. Ни одно предприятие не может существовать без получения прибыли, иначе его деятельность будет бессмысленна.

Цель настоящей работы – выявление направлений улучшения финансового состояния ОАО «Беллакт».

### Основная часть

Волковысское ОАО «Беллакт» – единственное предприятие в Республике Беларусь по производству детского питания. Это предприятие также является многопрофильным и производит сухое цельное и обезжиренное молоко, масло животное, широкий ассортимент цельномолочной и нежирной молочной продукции, сыры мягкие, сухую сыворотку [1].

Для обеспечения финансовой устойчивости предприятие должно обладать гибкой структурой капитала, уметь организовывать его движение таким образом, чтобы обеспечить постоянное превышение доходов над расходами с целью сохранения платежеспособности и создания условий для нормального функционирования. Показатели платежеспособности ОАО «Беллакт» приведены в таблице 1.

Коэффициент текущей ликвидности характеризует способность компании погашать текущие обязательства за счет оборотных активов. Чем выше показатель, тем лучше платежеспособность предприятия. Хорошим считается значение коэффициента более 1. Исходя из таблицы 1, в ОАО «Беллакт» коэффициент текущей ликвидности составляет 1,9 на конец 2015 года, что говорит о том, что ОАО «Беллакт» имеет достаточно оборотных средств для ведения хозяйственной деятельности и в состоянии своевременно погашать свои срочные обязательства.

Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами в 2015 году выше своего нормативного уровня (более 0,1), это говорит о том, что организация обладает достаточным количеством собственных оборотных средств, которые нужны для эффективной деятельности организации.

Платежеспособность – это возможность предприятия расплачиваться по своим обязательствам. Коэффициент платежеспособности ОАО «Беллакт» в течение 2015 года (на начало и конец года) оставался неизменным, что показывает стабильный уровень платежеспособности.

Коэффициент обеспеченности финансовыми обязательствами характеризует способность организации рассчитаться по своим финансовым обязательствам

после реализации активов. Коэффициент обеспеченности финансовыми ресурсами в ОАО «Беллакт» в период 2015 года и на начало и конец года оставался неизменным, что говорит о способности организации рассчитаться по своим финансовым обязательствам.

Конечный финансовый результат хозяйственной деятельности предприятий характеризуется абсолютной величиной прибыли. Сумма прибыли выражает количественную сторону финансового результата хозяйственной деятельности предприятия. Однако она не всегда дает возможность объективной оценки работы предприятия или разных предприятий в одно и то же время. В связи с этим, для объективной оценки деятельности предприятий, используется относительный показатель – рентабельность.

Рентабельность является относительным показателем эффективности предприятия и показывает долю прибыли, приходящейся на единицу вложенных средств. Увеличение рентабельности означает повышение эффективности использования средств, вложенных в производство [3, с. 99]. Показатели рентабельности ОАО «Беллакт» приведены в таблице 2.

Проанализировав динамику изменения показателей рентабельности, можно сказать, что в 2015 году по сравнению с 2013 годом рентабельность собственного капитала предприятия увеличилась на 0,7 %. Рост рентабельности данного показателя нельзя назвать положительным явлением, так как оно обусловлено увеличением финансовой зависимости предприятия. Снижение рентабельности собственного капитала (на 1,4% в 2015 году по сравнению с 2014 годом) вызвано как негативным фактором (сокращение чистой прибыли), так и ростом суммы собственного капитала, который ведет к усилению финансо-

**Таблица 1. Показатели платежеспособности ОАО «Беллакт»**

Оборотные средства	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Норматив	2015	
					2013 (+/-)	2014 (+/-)
Наличие собственных оборотных средств, млн руб.	-56 935	53 682	171 730	-	228 665	118 048
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	-0,2	0,16	0,47	≥ 0,1	0,67	0,31
Коэффициент текущей ликвидности	2	1,18	1,9	≥ 1	-0,1	0,72
Коэффициент платежеспособности	0,8	0,8	0,8	≥ 0,2	0	0
Коэффициент обеспеченности финансовых обязательств	0,5	0,56	0,56	≤ 0,85	0,06	0

**Таблица 2. Показатели рентабельности ОАО «Беллакт», %**

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2015	
				2013 (+/-)	2014 (+/-)
Рентабельность продукции	7,6	17,2	10,7	3,1	-6,5
Рентабельность продаж	6,1	12,7	8,4	2,3	-4,3
Рентабельность производства	6,9	7,7	7,8	0,9	0,1
Рентабельность СА	8,7	9,8	8,5	-0,2	-1,3
Рентабельность СК	19,2	21,8	19,9	0,7	-1,4

вой автономии предприятия и поэтому является положительной тенденцией.

Что касается показателя рентабельности продаж, то данный показатель составляет 8,4 % в 2015 году, что на 2,3 % выше уровня 2013 года. Положительное значение показателя рентабельности продаж свидетельствует о том, что предприятие с каждого рубля реализованной продукции получило прибыль по сравнению с предыдущим периодом, т. е. продукция предприятия имеет высокий спрос.

Рост рентабельности производства и рентабельности активов может свидетельствовать об ускорении оборачиваемости активов и более эффективном использовании основных фондов и оборотных средств.

Проанализировав изменения показателей рентабельности в 2015 году по сравнению с 2014 годом, можно заметить, что рентабельность продукции снизилась на 6,5 %. Это говорит о том, что предприятие получило меньше прибыли от производства продукции.

Рентабельность продаж ОАО «Беллакт» в 2015 году составила 8,4 %, что ниже на 4,3 % по сравнению с 2014 годом. Рентабельность реализованной продукции уменьшилась – это говорит о том, что предприятие с каждого рубля реализованной продукции получило убыток по сравнению с предыдущим периодом, т. е. произошло снижение спроса на продукцию предприятия.

Рост рентабельности производства (на 0,1 %) может свидетельствовать о более эффективном использовании основных фондов и оборотных средств. Рентабельность совокупных активов снизилась на 1,3 % за счет высоких темпов роста валюты, баланса относительно финансового результата, что говорит о нестабильности активов по источникам финансирования.

В целом, можно сделать вывод, что при таком уровне показателей рентабельности предприятие ОАО «Беллакт» считается устойчивым и стабильным.

Показатели прибыли характеризуют абсолютную эффективность хозяйственной и финансовой деятельности предприятия [4]. Финансовые результаты по основным видам деятельности ОАО «Беллакт» приведены в таблице 3.

Исходя из таблицы 3, можно заметить, что 2015 год для предприятия является более прибыльным. В 2015 году по сравнению с 2013 годом выручка увеличилась на 794 009 млн руб., себестоимость на 617 223 млн руб.,

валовая прибыль на 194 713 млн руб., что показывает положительную динамику финансового состояния предприятия.

Так как финансовое состояние определяет потенциал предприятия, то необходимо его постоянно совершенствовать и улучшать.

*Направления улучшения финансового состояния ОАО «Беллакт»:*

1. Улучшение использования основных фондов за счет замены устаревшего оборудования и продажи излишних основных фондов.

2. Увеличение прибыли и рентабельности за счет расширения ассортимента продукции и активизации информационно-рекламной деятельности;

Для конкретного предприятия, а именно ОАО «Беллакт», по результатам исследования было предложено улучшение использования основных фондов за счет реализации излишних неиспользуемых машин (табл. 4).

Причины, по которым оборудование не используется, различные: производство молока в пластиковых бутылках дороже, чем в коробках; приобретенное ранее оборудование, но непонадобившееся в результате изменения профиля предприятия и продукции.

Для ОАО «Беллакт» внедрение мероприятий по реализации излишнего неиспользуемого оборудования поможет частично улучшить финансовое состояние предприятия.

Для этого необходимо применить формулу для расчета рентабельности производства [2, с. 165]:

$$R_b = \frac{ЧП_\phi}{(ОПФ + ОС)} \times 100, \quad (1)$$

где  $R_b$  – возможный уровень рентабельности производства;

$R_\phi$  – фактический уровень рентабельности производства;

$ЧП_\phi$  – фактическая чистая прибыль;

$ОПФ+ОС$  – среднегодовая стоимость основных и оборотных средств.

$$R_\phi = 59036 / (501437,5 + 515563) \times 100 = 7,8 \%;$$

$$R_b = 59036 / (501437,5 - 480,45) \times 100 = 11,7 \%$$

Из приведенных расчетов и в сравнении с фактическим уровнем рентабельности производства (11,7 % – 7,8 %) можно сделать вывод, что показатель рентабельности основной деятельности увеличится на

**Таблица 3. Финансовые результаты по основным видам деятельности предприятия ОАО «Беллакт», млн руб.**

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2015	
				2013 (+/-)	2014 (+/-)
Выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг	331687	595450	1125696	794009	530246
Себестоимость реализованных товаров, продукции, работ, услуг	264271	439286	881494	617223	442208
Валовая прибыль	49489	122473	244202	194713	121729
Прибыль (убыток) от реализации товаров, продукции, работ, услуг	20180	75411	94583	74403	19172

**Таблица 4. Стоимость неиспользуемого оборудования ОАО «Беллакт»**

Наименование оборудования	Общая стоимость, руб.
Линия розлива молока в бутылку	245 000 000
Линия и формы для производства сыра	149 500 000
Сепаратор-сливкоотделитель	85 950 000
Итого:	480 450 000

3,9 % при проведении предложенного мероприятия.

Далее оценим изменение уровня рентабельности производства с применением показателя возможной чистой прибыли. Так как ОАО «Беллакт» является стабильным, финансово устойчивым и прибыльным предприятием, то оно может самостоятельно предположить, насколько может увеличиться, либо снизиться чистая прибыль. Таким образом, по данным планово-экономического отдела ОАО «Беллакт», было решено, что от проведения данного мероприятия (реализации излишнего неиспользуемого оборудования) чистая прибыль увеличится на 20 500 млн руб.

$$R_{\phi} = 59036 / (501437,5 + 515563) \times 100 = 7,8 \%$$

$$R_{\psi} = 79536 / (501437,5 - 480,45) \times 100 = 15,9 \%$$

Следовательно, при одновременном снижении среднегодовой стоимости основных и оборотных средств и увеличении суммы чистой прибыли, предприятие сможет увеличить показатель рентабельности производства на  $15,9 \% - 7,8 \% = 8,1 \%$ .

### Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что за счет улучшения использования основных фондов путем реализации линии розлива молока в бутылку, линии и формы для производства сыра, сепаратора-сливкоотделителя на сумму 480 450 000 руб., возможно повысить рентабельность ОАО «Беллакт» на 8,1 % и улучшить его финансовое состояние (чистая прибыль увеличится на 20 500 млн руб.).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. История Волковысского ОАО «Беллакт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bellakt.com/about/istorija\\_predpriyatija/](http://www.bellakt.com/about/istorija_predpriyatija/). – Дата доступа: 04.09.2016.
2. Зеленовский, А.А. Экономика предприятий АПК: учеб. пос. для практических и самостоятельных занятий / А.А. Зеленовский, В.М. Синельников. – Мн.: БГАТУ, 2012 – 165 с.
3. Елисеева, Т.П. Экономический анализ хозяйственной деятельности: учеб. пос. / Т.П. Елисеева. – Минск: Соврем. шк., 2012. – 944 с.
4. Давыдова, Л.В. Финансовая стратегия как фактор экономического роста предприятия / Л.В. Давыдова, С.А. Ильминская // Финансы и кредит, 2013. – №33. – С. 11-14.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 07.09.2016

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

**Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).**

**Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.**

**Стоимость подписки на 1-е полугодие 2017 года: для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб., ведомственная подписка - 19,29 руб.**

# Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, представляемая в редакцию, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата \*.tif или \*.jpg с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

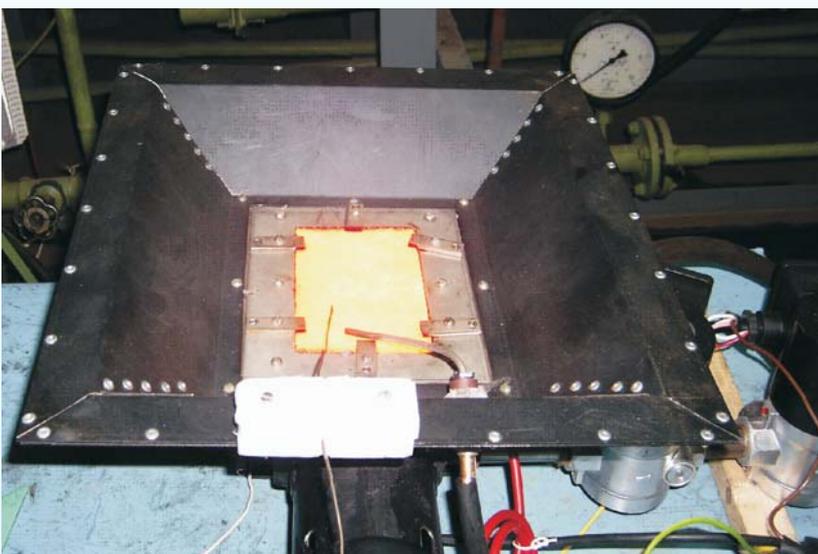
*Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:*

*220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99, корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ*

# Универсальный инфракрасный газовый теплоизлучатель

Предназначен для локального обогрева объектов сельскохозяйственного назначения: машинно-тракторных ремонтных мастерских, ангаров, производственных и складских помещений, цехов по переработке продукции, а также животноводческих и птицеводческих ферм, в том числе теплиц со смещенными сроками посадки овощных культур, при выращивании семян капусты в теплицах и для обогрева рассадного отделения.

Особенностью данного теплоизлучателя является его универсальность, пригодность для работы на любом газообразном топливе (природный, сжиженный, газогенераторный газ) в любых атмосферных условиях при скорости ветра до 5 м/с.



## Основные технические данные

	ТИГ-1,85	ТИГ-3,65	ТИГ-7,3	ТИГ-14,5
Номинальная тепловая мощность теплоизлучателя, кВт.....	1,85.....	3,65.....	7,3.....	14,5
Температура излучающей поверхности, °С.....	до 1000			
Вид топлива:				
- природный газ с низшей теплотой сгорания, МДж/м <sup>3</sup> .....	от 32 до 35			
- сжиженный (пропан-бутан) газ с низшей теплотой сгорания, МДж/м <sup>3</sup> .....	от 91,5 до 118,5			
- генераторный газ из древесных отходов, торфа, льянотресты с низшей теплотой сгорания, МДж/м <sup>3</sup> .....	от 4,3 до 6,5			
Номинальное избыточное давление газа перед теплоизлучателем, Па				
- природного газа.....	1274			
- сжиженного газа.....	2942			
- генераторного газа.....	не нормировано			
Расход газа, не более, м <sup>3</sup> /ч				
- природного газа.....	0,23.....	0,45.....	0,90.....	1,79
- сжиженного газа.....	0,08.....	0,159.....	0,317.....	0,63
- генераторного газа.....	1,71.....	3,36.....	6,72.....	13,35
Лучистый КПД при номинальной тепловой мощности, не менее, %.....	35			
Общий тепловой коэффициент полезного действия, не менее, %.....	94			

