



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

# АГРОПАНОРАМА

**№ 1/2010**

**В номере:**

*Расчет параметров механического предохранителя рабочего органа машины для глубокой обработки почвы*

*Анализ способов орошения садовых культур в условиях Республики Беларусь*

*Релаксация напряжений в грунте и его ползучесть*

*Эконометрический анализ эффективности производства зерна в сельскохозяйственных организациях новых форм хозяйствования Минского региона*



НАУЧНО—ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

# А Г Р О П А Н О Р А М А

*Приказом председателя ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 журнал «Агропанорама» включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика).*

*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 подписки на второе полугодие: для индивидуальных подписчиков – 27000 руб., для организаций и учреждений – 52986 руб.*

*Белорусский аграрный технический университет и редакция научно-технического издания для работников агропромышленного комплекса «Агропанорама» приглашает к сотрудничеству представителей академической, вузовской, отраслевой науки и производства. Надеемся видеть ваших докторантов, аспирантов, соискателей и магистрантов среди подписчиков и авторов статей «Агропанорамы». Мы предоставим Вам возможность высказать свою точку зрения на самые важные процессы развития научно-технического прогресса, поделиться опытом эффективного использования творческих достижений. Рассмотрим предложения по выпуску специальных номеров журнала.*

## **ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

*При предъявлении копии годовой (полугодовой) подписной квитанции на наш журнал, статьи рассматриваются в режиме наибольшего благоприятствования.*

**Телефоны редакции: 267-22-14; 267-61-21.**

# АГРОПАНОРАМА 1` (77) 2010

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал  
для работников  
агропромышленного комплекса.  
Зарегистрирован Госкомитетом  
республики Беларусь по печати.  
Регистрационный номер № 381.

*Учредитель*  
*Учреждение образования*  
*«Белорусский государственный*  
*аграрный технический университет»*

## Редколлегия:

Казаровец Н.В. – гл. редактор;  
Прицепов М.А. – зам. гл. редактора;  
Цындрина Н.И. – редактор.

## Члены редколлегии:

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

*Менеджер*  
*Леван В.Г.*  
*Компьютерная верстка*  
*Медведев В.С.*

## Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к.333, 324  
Тел. (017) 267-61-21, 267-22-14  
Факс (017) 267-25-71  
E-mail: [AgroP@batu.edu.by](mailto:AgroP@batu.edu.by)

БГАТУ, 2006, Издание университетское.  
Формат издания 60 x 84 1/8.  
Подписано в печать с готового оригинала-макета 22.02.2010 г.  
Печать офсетная. Тираж 500 экз.  
Зак. № 170 от 22.02.2010 г.  
Статьи рецензируются. Отпечатано в ИПЦ.  
ЛП № 02330/0552743 от 2.02.2010 г.  
БГАТУ по адресу: г. Минск,  
пр-т. Независимости, 99, к.2  
Выходит один раз в два месяца.  
**Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.**

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

## ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ

### **Сельскохозяйственное машиностроение Металлообработка**

- И.Н. Шило, В.А. Агейчик, Н.Н. Романюк, М.В. Агейчик**  
Расчет параметров механического предохранителя рабочего органа  
машины для глубокой обработки почвы.....2
- А.И. Бобровник, Н.Г. Шабуня, С.А. Гателюк, С.В. Голод,  
А.В. Верстак**  
О проблеме шума тракторов «Беларус».....5

### **Технологии производства продукции растениеводства и животноводства**

- И.П. Козловская**  
Выбор производственных технологий как способ повышения  
эффективности тепличного овощеводства.....9
- В.Н. Дашков, И.И. Радюк, Д.В. Дегтеров, Э.К. Снежко**  
Анализ способов орошения садовых культур в условиях  
Республики Беларусь.....11

### **Технологии переработки продукции АПК**

- И. С. Бутов**  
Оценка форм моркови, обладающих эффектом ЦМС, выделенных из  
белорусского сорта-популяции «Лявоніха», и закрепление признака  
стерильности соответствующими линиями.....17

### **Энергетика. Транспорт**

- В.П. Иванов, А.П. Кастрюк**  
Релаксация напряжений в грунте и его ползучесть.....22
- Г.И. Гедроитц**  
Сопротивление качению ведомых пневматических колес.....26

### **Ресурсосбережение. Экология**

- В.А. Колос, Ю.Н. Сапьян, В.Б. Ловкис, А.П. Курто**  
К оценке энергетической эффективности использования  
биомассы в сельском хозяйстве.....31

### **Технический сервис в АПК. Экономика**

- И.Н. Шило, А.В. Кузьмицкий, А.В. Новиков,  
Т.А. Непарко**  
Технико-экономические аспекты энергосберегающего  
растениеводства.....35
- С.А. Шелест**  
Эконометрический анализ эффективности производства  
зерна в сельскохозяйственных организациях новых форм  
хозяйствования Минского региона.....40
- П.П. Казакевич, В.Я. Тимошенко**  
Обновление парка обкаточно-тормозных устройств и их  
импортозамещение.....45

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

**И.Н. Шило, докт. техн. наук, профессор, В.А. Агейчик, канд. техн. наук, доцент, Н.Н. Романюк, канд. техн. наук (БГАТУ); М.В. Агейчик, инженер (БГУИР)**

### **Аннотация**

*Предлагается оригинальная конструкция и обоснованы параметры механического предохранителя рабочего органа машины-глубококорыхлителя для работы на почвах, засоренных камнями.*

*Original design has been suggested and mechanical safety lock characteristics of operating device for deep soil cultivation – chisel cultivator for working on soils clogged with rocks – have been proven in the article.*

### **Введение**

Одной из наиболее затратных операций в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур является обработка почвы. На нее расходуется около 40% энергетических и 25...30% трудовых затрат от всего объема полевых работ [1].

Механизация процесса глубокой обработки почвы осуществляется, как чизельными плугами, так и глубококорыхлителями и щелевателями. При этом первоочередной задачей является обеспечение надежности работы агрегатов на почвах, засоренных камнями, так как простои из-за поломок значительно снижают их производительность.

Предохранительный механизм рабочих органов машин для глубокой обработки почв должен обеспечивать стабильность установленной глубины обработки отдельными рабочими органами и хода орудия при срабатывании предохранительных механизмов, при этом должен осуществляться обход рабочими органами препятствий без остановки агрегата, а также стабильность усилия срабатывания во времени, «преодоление» усилием срабатывания максимальных технологических нагрузок. Требование обеспечить минимальный путь заглубления, характерное для почвообрабатывающих машин, не является необходимым для данного класса рабочих органов, так как до глубокой обработки или после нее осуществляется основная обработка почвы [2].

В зависимости от назначения и степени засоренности почв камнями существуют различные способы оснащения орудий предохранительными устройствами. Для слабозасоренных камнями почв используется механический неавтоматического действия предохранитель типа «срезной штифт», для средне- и сильнозасоренных – предохранители гидропневматического действия. Такой дифференцированный подход позволяет наиболее обоснованно подбирать к орудиям

различные по сложности изготовления и стоимости предохранители.

Известен глубококорыхлитель РЦП – 3,5 для почв, засоренных камнями [2], оснащенный предохранительными устройствами, каждое из которых состоит из грядиля, шарнирно закрепленного на раме машины и жестко связанного с рабочим органом, который удерживается в рабочем положении силой упругости пружины, воздействующей на грядиль через поводок с роликом.

В таком глубококорыхлителе выглубление рабочего органа ограничено, так как при этом заглубляющий момент со стороны пружины стремительно уменьшается до минимального значения, необходимого для обеспечения после обхода препятствия заглубления на пути, соответствующему агротехническим требованиям. Больше выглубление не предусмотрено, так как при такой конструктивной схеме, даже при наличии возможности дальнейшего выглубления рабочего органа, после пересечения роликом линии, соединяющей шарниры крепления пружины и поводка, вернуть его в рабочее положение будет невозможно без применения специальных силовых устройств или разборки пружинного блока машины. Поэтому при встрече глубококорыхлителя с более крупными камнями будут происходить поломки его рабочих органов и деталей конструкции.

Целью данного исследования явилось повышение надежности работы машины-глубококорыхлителя на почвах, засоренных камнями.

### **Основная часть**

В Белорусском государственном аграрном техническом университете на уровне изобретения разработан глубококорыхлитель [3].

На рис. 1, а показан вид глубококорыхлителя сбоку, на рис. 1, б – вид сверху.

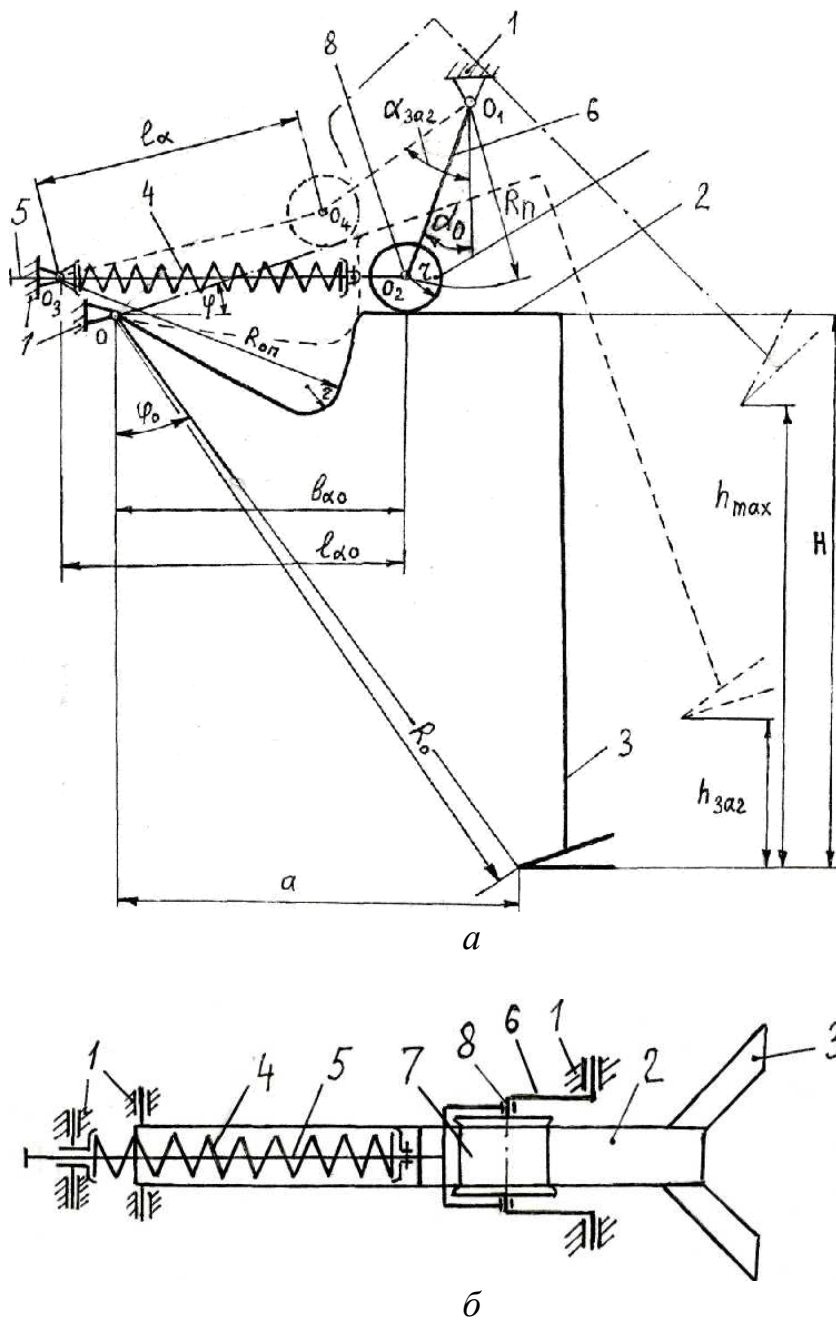


Рисунок 1. Глубокорыхлитель: 1 – рама; 2 – грядиль; 3 – рабочий орган; 4 – пружина сжатия; 5 – нажимная штанга; 6 – поводок; 7 – ролик; 8 – ось;  
а – вид сбоку; б – вид сверху

Глубокорыхлитель содержит закрепленный в шарнире  $O$  на раме 1 машины грядиль 2 с горизонтальным участком, жестко связанный с рабочим органом 3. К раме 1 через шарнир  $O_3$  со стороны шарнира крепления  $O$  грядиля 2 прикреплена пружина сжатия 4, установленная на нажимной штанге 5. Со стороны рабочего органа 3 к раме 1 крепится через шарнир  $O_1$  поводок 6 с установленным на его конце роликом 7 на оси 8. Другой конец нажимной штанги 5 с установленной на ней пружины сжатия 4 крепится к оси 8 (точки  $O_2$  и  $O_4$ ) ролика 7.

В ходе исследования определены следующие параметры предохранительного устройства глубокорыхлителя [2].

Угол поворота грядиля  $\varphi$ :

$$\varphi = \arccos \frac{H - h_{\text{зад}}}{R_0} - \varphi_0, \quad (1)$$

где  $H$  – расстояние по вертикали между шарниром крепления к раме грядиля и нижней частью рабочего органа, м;

$h_{\text{зад}}$  – выглубление рабочего органа, при котором заглубляющий его момент равен выглубляющему, м;

$R_0$  – расстояние между носком рабочего органа и шарниром крепления грядиля, м;

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{a}{R_0};$$

$a$  – расстояние по горизонтали между носком рабочего органа и шарниром крепления грядиля, м.

Угол поворота поводка  $\alpha_{\text{зад}}$ :

$$\alpha_{\text{зад}} = \arctg \frac{b_{\alpha_0}}{R_n} + \beta - \arcsin \left( \frac{OO_1}{R_n} \sin \beta \right), \quad (2)$$

$$\beta = \arctg \frac{R_n}{b_{\alpha_0}} - \varphi;$$

где:  $R_n$  – радиус поворота оси ролика относительно шарнира поводка, м;

$b_{\alpha_0}$  – расстояние от оси поворота грядиля до точки контакта ролика с грядилем при угле между поводком и вертикалью  $\alpha_0$ , м;

$OO_1$  – расстояние между шарнирами крепления грядиля и поводка, м.

Длина пружины в сжатом состоянии  $\ell_\alpha$

$$\ell_\alpha = [2R_n^2 + b_{\alpha_0}^2 - 2R_n(R_n^2 + \ell_{\alpha_0}^2)^{0.5} \cdot \cos(\arctg \frac{b_{\alpha_0}}{R_n} - \alpha_{\text{зад}})]^{0.5}, \quad (3)$$

где  $\ell_{\alpha_0}$  – длина пружины при угле поворота поводка  $\alpha_0 = 0$ , м;

$\alpha_0$  – угол между поводком и вертикалью при максимально заглубленном грядиле, град.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете предложено выполнить горизонтальный участок грядила 2, считая со стороны рабочего органа 3, переходящим через сопряжение в часть цилиндрической поверхности, образованной из шарнира  $O_3$  крепления пружины 4 к раме 1 радиусом  $R_{on}$ .

На основании формул (1) – (3) и рис. 1,  $a$  найдена зависимость для определения радиуса цилиндрической поверхности для ролика предохранительного устройства  $R_{on}$

$$R_{on} \geq [2R_n^2 + b_{\alpha_0}^2 - 2R_n(R_n^2 + \ell_{\alpha_0}^2)^{0,5} \cdot \cos(\arctg \frac{b_{\alpha_0}}{R_n} - \alpha_{заз})]^{0,5} + r, \quad (4)$$

где  $r$  – радиус ролика, м.

Предложенный глубокорыхлитель работает следующим образом.

В рабочем положении прямолинейный участок грядила 2 занимает горизонтальное положение под действием уравновешивающих друг друга относительно шарнира  $O$  моментов сил сопротивления со стороны почвы и действующего через ролик 7 на грядиль 2 усилия пружины 4 совместно с весом глубокорыхлителя. При встрече с препятствием грядиль 2 вместе с установленным на нем рабочим органом 3 поворачивается вокруг крепящего его к раме 1 шарнира  $O$ , ролик 7 перекачивается вперед по ходу движения машины, поворачивая поводок 6 вокруг шарнира  $O_1$  и сжимая через нажимную штангу 5 пружину сжатия 4. При этом, вследствие быстрого уменьшения заглубляющего момента из-за изменения положения ролика 7 относительно шарниров  $O$ ,  $O_1$  и  $O_3$  (рис. 2) [2], при выглублении рабочего органа  $h_{заз}$  (определяется экспериментально-теоретическим путем) наступает такое соотношение выглубляющего и заглубляющего моментов, что после прохождения препятствия рабочий орган уже не может заглубиться на пути, соответствующем агротехническим требованиям. При дальнейшем выглублении рабочего органа, вплоть до  $h_{max}$  ролик 7 попадает и далее перекачивается по участку грядила в виде цилиндрической поверхности, образованной из шарнира  $O_3$  крепления пружины 4 к раме 1 радиусом  $R_{on}$ , определенным выражением (4).

При этом положение ролика 7 относительно шарниров  $O$ ,  $O_1$  и  $O_3$  не меняется, а заглубляющий момент при переходе ролика 7 на цилиндрическую поверхность может, как увеличиться (при близком расположении ролика 7 к линии шарниров  $O_1O_3$ ), так и уменьшиться, поскольку заглубляющее рабочий орган 3 усилие будет направлено вдоль штанги 7 пружины 5, создавая относительно шарнира  $O$  заглубляющий глубокорыхлитель момент.

На рис. 2 показана (сплошной линией – для существующего устройства, а штриховой – для разработанного в БГАТУ) силовая характеристика механизма, предохраняющего глубокорыхлитель от поломок, отражающая зависимость усилия срабатывания от выглубления.

Из рис. 2 видно, что оптимальным является вариант, при котором заглубляющий глубокорыхлитель момент при дальнейшем выглублении не изменяется (показано штриховой линией), что имеет место при

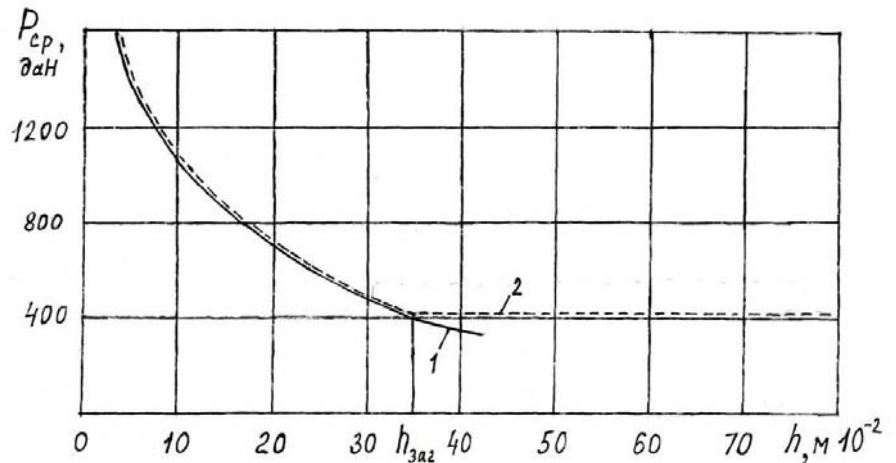


Рисунок 2. Силовая характеристика механизма, предохраняющего глубокорыхлитель от поломок, отражающая зависимость усилия срабатывания от выглубления:

— — — для существующего устройства;  
— — — для разработанного в БГАТУ

определенной высоте установки шарнира  $O_3$  относительно шарнира  $O$ .

Таким образом, обеспечивается прохождение рабочим органом 3 без поломок, как крупных, так и особо крупных препятствий с последующим его возвращением в рабочее положение.

В соответствии с основными конструктивными параметрами РЩП-3,5 при  $H=1,2$  м;  $h_{заз}=0,35$  м;  $r=0,2$  м;  $a=0,61$  м;  $R_n=0,22$  м;  $R_0=1,04$  м;  $OO_1=1,08$  м;  $b_{\alpha_0}=0,24$  м;  $\ell_{\alpha_0}=0,62$  м;  $\alpha_0=11^\circ$  согласно вышеприведенной аналитической зависимости (1), получено значение  $R_{on}=0,71$  м, что полностью соответствует геометрическим размерам глубокорыхлителя.

### Заключение

1. Предложена принципиальная схема и обоснованы конструктивные параметры механического предохранителя глубокорыхлителя для работы на почвах, засоренных камнями.

2. В соответствии с основными конструктивными параметрами РЦП-3,5 рассчитан радиус опорной цилиндрической поверхности для ролика предохранительного устройства, который полностью соответствует геометрическим размерам глубокорыхлителя.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Казакевич, П.П. Проблемы и перспективы механизации процессов обработки почвы и посева в Беларуси / П.П. Казакевич, А.А. Точицкий // Механиза-

ция и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб.: Механизация земледелия, животноводства и кормопроизводства. – Вып. 35/ БелНИИМСХ. – Минск, 1996. – С.18-33.

2. Райкевич, Н. Г. Методика расчета параметров механического предохранителя рабочего органа машин для глубокой обработки почвогрунтов / Н.Г. Райкевич, М.И. Астахов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб.: Механизация земледелия, животноводства и кормопроизводства. – Вып. 35/ БелНИИМСХ. – Минск, 1996. – С.67-75.

3. Глубококорыхлитель: патент 12393 Респ. Беларусь, МПК А 01 В 35/00 / И.Н. Шило [и др.]; заявитель Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20070213; заявл. 28.02.2007; опубл. 30.10.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №5. – С.36.

УДК 629.366.016.8

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.11.2010

## О ПРОБЛЕМЕ ШУМА ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

А.И. Бобровник, докт. техн. наук, Н.Г. Шабуня, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ);  
С.А. Гателюк, начальник ИЦ «Трактор», С.В. Голод, начальник КИБ, А.В. Верстак,  
инженер-конструктор ИЦ «Трактор» (РУП «МТЗ»)

### Аннотация

*Приводятся результаты исследований источников повышенного шума тракторов «Беларус». Разработаны меры по снижению уровня звука на рабочем месте оператора, изготовлены экспериментальные конструкции, уменьшающие шум в кабине трактора.*

*The article summarizes the research results referring to the sources of the increased noise level in «Belarus» tractors. The measures for decreasing the sound level at the operator's place have been developed. The experimental constructions are manufactured which allow to decrease the noise inside the tractor cab. It should be noted that «Belarus» tractors offer comfortable working conditions for tractor operators with standpoint of the noise level comparable with foreign analogues.*

### Введение

На Минском тракторном заводе (РУП «МТЗ») создано семейство современных, с высокими технико-экономическими показателями, различного назначения тракторов «Беларус» мощностью 40-400 л.с. Они находят сбыт в условиях жесткой конкуренции с фирмами во многих странах СНГ, ближнем и дальнем зарубежье.

Одной из важнейших характеристик тракторов, определяющей его конкурентоспособность, потребительский спрос, а зачастую и цену, являются нормируемые уровни шума на рабочем месте водителя-оператора и внешнего шума. В Беларуси и в ряде стран ближнего зарубежья принят межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.019-2005 [1], в котором уровень звука на рабочем месте оператора не должен превышать 86 дБА при испытаниях без нагрузки и 90 дБА под нагрузкой. Уровень внешнего шума колесных тракторов по ГОСТ Р 51920-2002 [2] не должен превышать 85 дБА для тракторов с эксплуатационной массой (без балласта), не превышающей 1500 кг и 89 дБА, превышающей 1500 кг.

В странах Европейского экономического сообщества (ЕЭС) в 1977 году введены Директивы ЕЭС 77/311 с изменениями в 2000 году, в которых устанавливаются предельно-допустимые уровни шума на рабочем месте водителя при движении тракторов на скорости примерно 7,5 км/ч без нагрузки – 86 дБА и 90 дБА при движении на всех передачах с полной нагрузкой и на максимальной транспортной скорости без нагрузки (при закрытых и открытых окнах кабины). Другой Директивой Совета ЕЭС 74/151 ограничен предельный уровень внешнего шума при движении трактора на высшей транспортной передаче в режиме разгона – 89 дБА.

### Основная часть

Введение норм на шум тракторов и конкуренция на рынке подтолкнули ведущие зарубежные тракторостроительные фирмы к проведению опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ по снижению уровней шума внешнего и на рабочем месте.

В табл. 1 приведены уровни шума в кабине на рабочем месте оператора и внешнего шума серийных тракторов «Беларус» и зарубежных образцов. Исследования проводились в исследовательском центре «Трактор» (ИЦ «Трактор») РУП «МТЗ». Для измерений применялась современная аппаратура фирмы «Брюль» и «Къер» и фирмы «RFT». Измерения проводились по ГОСТ 12.1.050-86 [3] и ГОСТ Р 51920-2002 [2]. При измерениях уровня шума на рабочем месте водителя (РМВ) микрофон располагался на высоте уха человека и был ориентирован в направлении максимального уровня шума.

Измерения внешнего шума проводились в открытом свободном пространстве при расположении микрофона на высоте 1,2 м от опорной поверхности и 7,5 м от оси движения трактора.

Так, уровень шума в кабинах тракторов «Дойц» 4.57 и «Форд» 6640 – 79,5-81 дБА, у тракторов «Claas Ares 836 RZ» – 72 дБА и «John Deere» 8420 – 74 дБА при измерениях на стоянке с максимальной частотой вращения –  $n_{x.x.max}$  и движении с максимальной скоростью без нагрузки. Уровень внешнего шума у них не превышает 82 дБА.

Зарубежные фирмы провели обширные и глубокие исследования акустических характеристик выпускаемых ими машин, разработали и внедрили высокоэффективные шумовиброизолирующие конструкции деталей кабин, эффективные шумопоглощающие материалы для герметизации кабин.

При этом зарубежные тракторы имеют практически постоянные уровни шума двигателей, трансмиссий и в кабинах при работе двигателя на стоянке с  $n_{x.x.max}$ , а также при работе под нагрузкой на всех передачах. Это обусловлено хорошим качеством изготовления машин.

Шум тракторов МТЗ более значителен. Он составляет на рабочем месте оператора 83-88 дБА на стоянке при работе трактора с  $n_{x.x.max}$  и 85-90 дБА – при движении на максимальной транспортной скорости без нагрузки. Внешний уровень шума – 84-93 дБА при измерениях справа и слева. И хоть тракторы МТЗ практически отвечают отечественным и зарубежным нормам, комфортных условий труда в них не создано, и наши тракторы значительно проигрывают по обоим показателям шума зарубежным и являются менее конкурентоспособными.

При работе тракторов «Беларус» под нагрузкой уровень шума в кабинах повышается на 2-4 дБА при

**Таблица 1. Уровни шума на рабочем месте оператора и внешнего на тракторах «Беларус»**

Модель трактора	Максимальный уровень звука на стоянке при $n_{x.x.max}$	При движении на $V_{тр max}$ без нагрузки	Максимальный уровень внешнего звука трактора, дБА, слева/справа
Беларус 320	87...88	87...90	80/82
Беларус 422	85...86	88...88	84/85
Беларус 622	86...87	87...88	86/87
Беларус 82.1	85...87	87...88	88...89
Беларус 922	85	87...88	88/89
Беларус 923	84...85	88...90	88/89
Беларус 925	84...85	87...89	86/87
Беларус 952	84...85	85...88	86/87
Беларус 1021	85...86	88...90	88/89
Беларус 1022	85...86	87...89	88/89
Беларус 1023	85...86	87...89	88/89
Беларус 1025	85...87	87...89	88/89
Беларус 1221	83...84	86...89	87/88
Беларус 1222	83...84	86...89	86/87
Беларус 1223	84...85	86...87	85/85
Беларус 1523	84...85	87...89	85/87
Беларус 1525	83...84	85...87	86/86
Беларус 2022	84...85	87...89	87/89
Беларус 2522	85...86	87...90	89/93
Беларус 2822В	83...84	85...87	90/92
Беларус 3022ДВ	82...83	85...86	90/91
Claas Ares 836RZ	-	72	82
John Deere 8420	-	74	82
Дойц 4.57	79,5	81	-
Форд 6640	79,5	78	-

\* За последние 10-15 лет указанные пределы шума зарубежных тракторов снижены.

равном скоростном режиме двигателя и достигает предельно допустимых значений. При этом шум двигателей повышается на 1-2 дБА, а трансмиссий на 2-4 дБА против значений, замеренных для тех же скоростных режимов на стояке.

Дополнительная акустическая обработка унифицированных кабин 80-6700010 снижает уровень шума на рабочем месте оператора на 2-4 дБА, однако серийные унифицированные кабины имеют низкую акустическую герметичность, что подтверждают измерения уровня шума в них при открытом люке и окнах кабин. Перспективная, с повышенными служебными свойствами кабина 2522-6700010 имеет уже большую акустическую герметичность в сравнении с унифицированной, но она недостаточно виброизолирована от остова.

Объектом исследований был выбран трактор «Беларус» 1023 № 1053, у которого в закрытой кабине (2522-6700010) на максимальной транспортной скорости 40 км/ч уровень шума составил 89 дБА и 91 дБА при открытых люке, крыше и окнах. Внешний шум справа/слева трактора – 89/88 дБА. Трактор «Беларус» 1023 №1053 с двигателем Д-245, мощностью 77 кВт (105 л.с.), турбонадувом и 7-ми ступенчатой





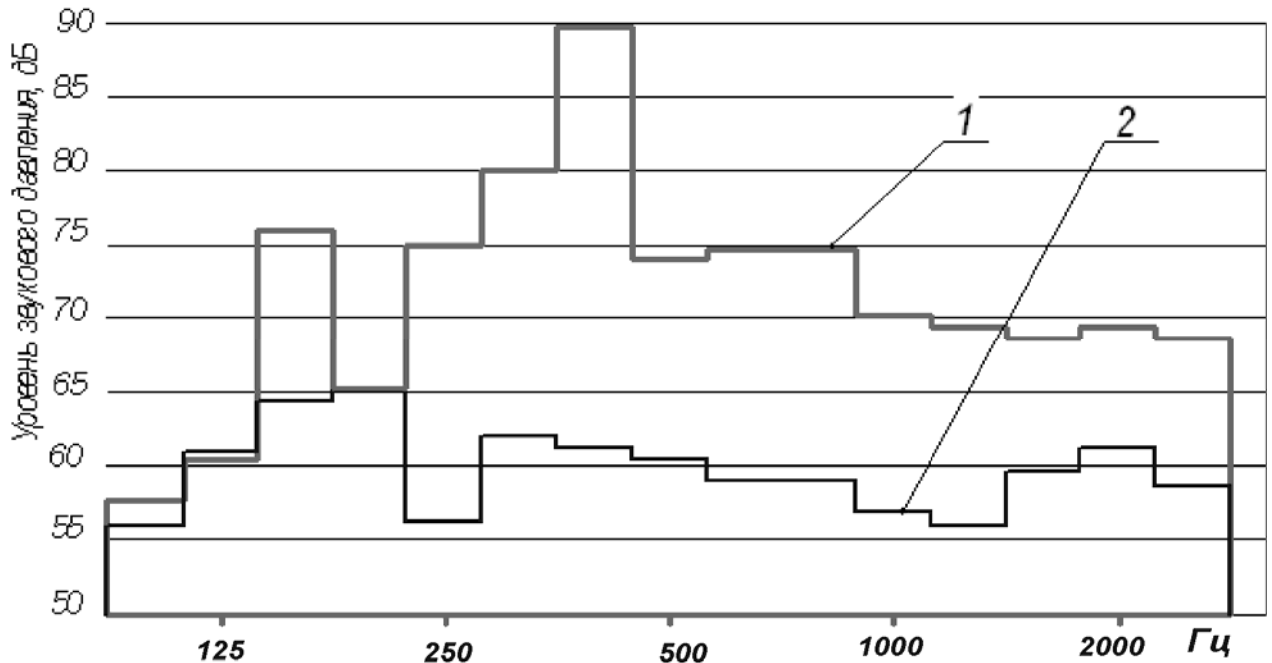


Рисунок 3. Спектрограммы шума на РМВ: 1 – исходного; 2 – минимального после модернизации испытуемого трактора

результат, уменьшен шум на рабочем месте.

3. Изменена компоновка насоса-дозатора рулевого управления Данфос, он вынесен за пределы кабины.

4. Изменена компоновка узлов на передней стенке кабины и улучшена ее виброизоляция.

5. Улучшена виброизоляция кабины путем усиления жесткости кронштейнов и улучшения характеристик амортизаторов двухкаскадного типа.

6. Значительно улучшено шумопоглощение в кабине с помощью применения более эффективных шумопоглощающих материалов и эффективным конструктивным их расположением.

7. Направление движения воздуха через радиатор изменено на противоположное.

Результаты работ по уменьшению шума на рабочем месте оператора приведены на рис. 2. Время реверберации в кабине трактора до проведения мероприятий по уменьшению шума (спектр 1) и после (спектр 2) значительно уменьшилось. Видно, что затухание звукового импульса в отдельных октавных полосах частот увеличилось более чем в 2 раза после проведенных мероприятий по ограничению шума.

На рис. 3 показаны результаты работы по уменьшению шума в кабине трактора. Видно, что в третьоктавных полосах частот уровень звукового давления значительно уменьшился. В отдельных полосах частот уменьшение составляет более чем на 25 дБ, а по общему уровню до 17 дБ.

Исследование шума на рабочем месте тракторов класса 5 показали, что он составляет порядка 84-86 дБА при измерениях на максимальной транспортной скорости. Для исследования был взят трактор «Беларус» 3022 № 56 с уровнем шума на рабочем месте 84

дБА. Уменьшение акустического излучения, вносимого узлами и механизмами (насосом-дозатором, вентилятором системы охлаждения, панелями в кабине, подвеской кабины, топливным баком) позволило снизить шум на рабочем месте водителя при работе трактора на стоянке с  $n_{xx \max}$  до 69,5 дБА.

#### Заключение

Проведение комплекса конструкторских звуко-вибро-шумоизолирующих мероприятий на тракторах «Беларус» 1023 и «Беларус» 3022 позволило уменьшить шум на рабочем месте оператора с 89 дБА до 72 дБА и с 84 до 69,5 дБА соответственно, в результате чего по показателям шума в кабине тракторы «Беларус» могут успешно конкурировать с зарубежными образцами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.019 – 2005.
2. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Внешний шум. Нормы и методы оценки: ГОСТ Р 51920 – 2002.
3. Методы измерения шума на рабочих местах: ГОСТ 12.1.050 – 86.
4. Разумовский, М.А. Борьба с шумом на тракторах/ М.А. Разумовский. – Минск: Наука и техника, 1973. – С.5-11.
5. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов/ В.Н. Луканин, М.Г. Шатров. – М.: Высшая школа, 2005. – С. 94-100; 317-332.

## ВЫБОР ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛИЧНОГО ОВОЩЕВОДСТВА

И.П. Козловская, докт. с.-х. наук, доцент (БГАТУ)

### Аннотация

*На основании анализа рентабельности тепличного овощеводства обоснована целесообразность использования малообъемных технологий, рекомендованы инновационные приемы, обеспечивающие повышение экономической эффективности и экологической безопасности производства.*

*On the basis of profitability of greenhouse vegetable growing the usage of low-capacity technology was proved. Moreover the innovations which increase economic efficiency and ecological safety of production are recommended.*

### Введение

Тепличное овощеводство является самой интенсивной отраслью растениеводства. Целесообразность строительства крупных тепличных комплексов, где производство максимально приближено к промышленному, обосновано тем, что количество овощной продукции, получаемой с 1 га остекленных теплиц, соответствует количеству овощей, выращенных на 20-30 га открытого грунта, а по стоимости овощной продукции – на 100 га [1,2].

За счет управления ростом и развитием растений в культивационных сооружениях достигается наиболее полная реализация биологического потенциала растений и их максимальная продуктивность. Основные экологические требования растений удовлетворяются системой фитомониторинга, которая функционирует на базе культивационных сооружений, обеспечивающих доступ солнечных лучей к растениям и их изоляцию от неблагоприятных условий внешней среды.

Вложение значительных средств в создание таких сложных агроэкосистем, как тепличные комбинаты, преследует в первую очередь экономическую цель – устойчивое производство витаминной продукции во внесезонное время за счет дополнительных вещественных и энергетических затрат.

### Основная часть

Эффективное функционирование тепличных комбинатов и устойчивое развитие отрасли может быть достигнуто при условии грамотного выбора производственных технологий.

К современным инновационным технологиям следует отнести выращивание овощных культур на малообъемных субстратах, которые обеспечивают эффективное функционирование агроценоза за счет применения микропроцессорной техники и формирования системы фитомониторинга.

Применение малообъемных технологий значительно расширяет возможности регулирования параметров корнеобитаемой среды, обеспечивает более рациональное использование тепловой энергии, экономии затрат за счет уменьшения количества используемых субстратов, сокращения расхода поливной воды, минеральных удобрений и пестицидов, повышения производительности труда и организационно-технического уровня производства.

Поэтому масштабное внедрение малообъемных технологий позволило в короткий срок значительно повысить рентабельность производства тепличных овощей (рис.1).

В настоящее время тепличное овощеводство работает как стабильная, рентабельная отрасль расте-

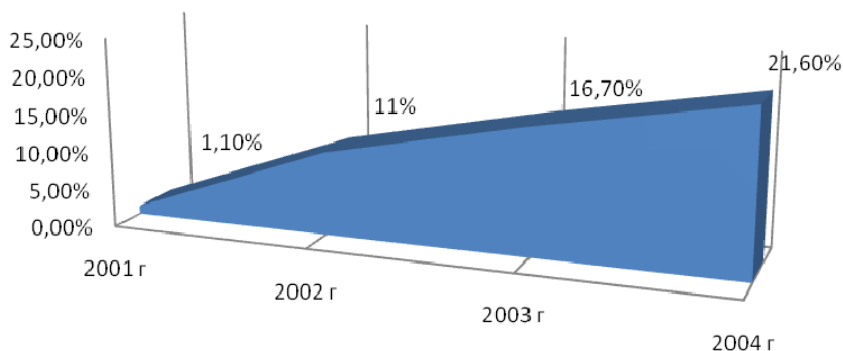


Рисунок 1. Рентабельность производства тепличных овощей (2001–2004 гг.)

ниеводства. За последние три года средняя рентабельность производства составила 19,5% (рис.2).

Экономические показатели, характеризующие эффективность работы отдельных предприятий, весьма существенно отличались от средних по отрасли. Так, внедрение технологических приемов, позволяющих получать раннюю овощную продукцию, позволило в 2008 г в КУСП «ТК Берестье» получить выручку от реализации тепличных овощей – 910,52 млн. руб./га, в то время как в ЗАО «Щара-Агро» этот показатель в одних и тех же природно-климатических и экономических условиях составил всего 520,7 млн. руб./га, что и обусловило рентабельность производства – 34,1% и 0,1% соответственно. Очевидно, что внедрение инновационных технологических приемов малообъемного выращивания овощных культур в зимних теплицах позволит не только стабилизировать работу отдельных предприятий, но и повысить эффективность отрасли в целом.

В КУСП «ТК Берестье» внедрена бесубстратная технология выращивания овощных культур в зимних теплицах, которая позволила предприятию выйти на лидирующие позиции не только в области, но и в республике.

Технология базируется на формировании корнеобитаемой среды без применения твердых компонентов. Для выращивания рассады используется кубик минеральной ваты, который закрепляется на полистирольном блоке, а корни растений по мере роста проникают в герметичный светонепроницаемый пластиковый рукав. Через систему капельного полива в корнеобитаемую среду подается питательный раствор.

Использование бесубстратной технологии обеспечивает значительную экономию затрат на закупку минеральной ваты – искусственного волокна с толщиной нити 0,005 мм, которое получают путем плавления при температуре 1500 – 2000<sup>0</sup>С минеральных пород: 60% базальта или диабазы, 20% известняка и 20% кокса с добавлением фенольной смолы. Полимер-

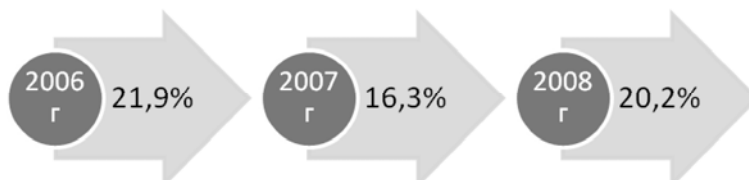


Рисунок 2. Рентабельность производства тепличных овощей (2006–2008 гг.)

ный скрепляющий материал придает волокну жесткую структуру и свойства водного адсорбента. [3]. В нашей стране минеральная вата не производится, ее использование требует валютных затрат на закупку и таможенные платежи, значительными оказываются и транспортные расходы.

Сравнительный анализ затрат на субстраты в крупных тепличных комбинатах республики позволяет сделать вывод, что исключение из производственного цикла минеральной ваты обеспечивает значительное снижение производственных затрат (рис.3).

Помимо этого, использование минеральной ваты в производственном процессе создает серьезные экологические проблемы. В связи с ограниченным сроком службы субстрата (1, максимум 2 года) требуется его регулярная замена. Отработанную минеральную вату следует рассматривать как практически не утилизируемый производственный отход, который должен храниться на полигонах неограниченное время в специальных условиях.

Исключение из производственного цикла минеральной ваты позволяет снизить экологическую нагрузку и за счет отсутствия дренажных стоков: питательный раствор циркулирует в пластиковом рукаве и подается к корням растений по мере использования. Такая система минерального питания обеспечивает

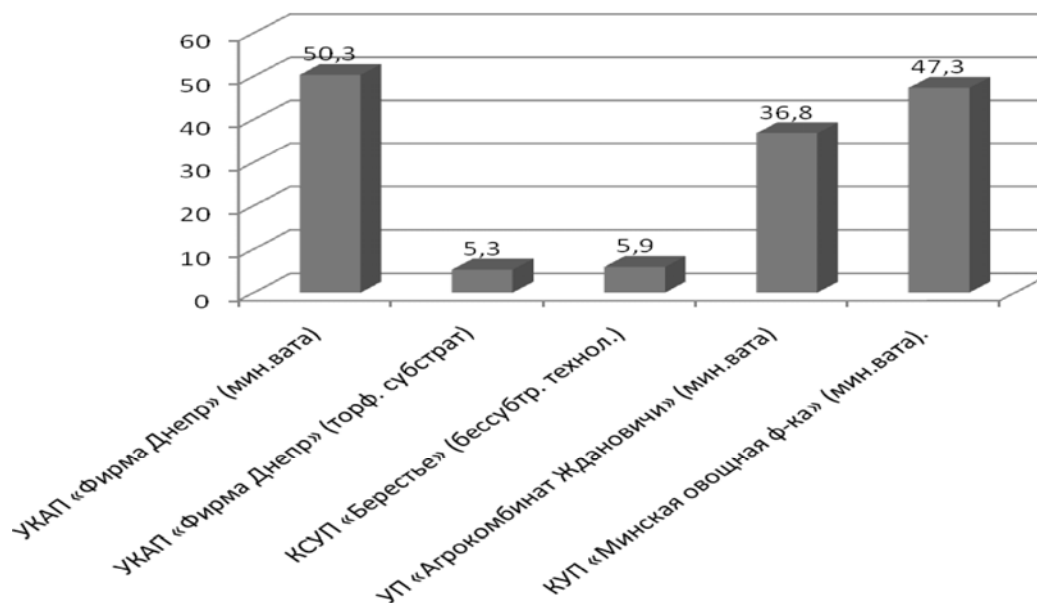


Рисунок 3. Затраты на субстраты, млн. руб./га

экономии поливной воды и водорастворимых удобрений за счет отсутствия дренажа.

#### Заключение

Повышение экономической эффективности и экологической безопасности тепличного овощеводства может быть достигнуто в результате внедрения технологических приемов, обеспечивающих снижение производственных затрат за счет исключения из производственного цикла синтетического субстрата – минеральной ваты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И.П. Питание томата в зимних теплицах/ И.П. Козловская. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 194 с.
2. Гануш, Г.И. Овощеводство Беларуси: Экономика. Организация. Агротехника / Г.И. Гануш. – Минск: Ураджай, 1996. – 272 с.
3. Аутко, А.А. Тепличное овощеводство/ А.А. Аутко, Н.Н. Долбик, И.П. Козловская.– Минск: УП «Технопринт», 2003. – 244 с.

УДК 631.674.8

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 9.12.2010

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ САДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.Н. Дашков, докт. техн. наук, профессор, И.И. Радюк, соискатель (БГАТУ); Д.В. Дегтерев, научн. сотр., Э.К. Снежко, канд. техн. наук (НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

#### Аннотация

*Природно-климатические условия Беларуси благоприятны для возделывания садовых культур. Однако неравномерное распределение осадков в отдельные периоды роста и развития растений не обеспечивает оптимального водного режима почв. Из существующих в настоящее время видов искусственного орошения одним из наиболее перспективных видов для садов является капельный полив, который дает возможность поддерживать оптимальную влажность и температуру почвы с учетом особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур. В данной статье анализируется возможность капельного полива садовых культур в условиях Республики Беларусь.*

*The climatic conditions of the Republic of Belarus are favorable for cultivation of horticulture. However, uneven precipitation spreading during certain growth periods and plant development does not provide optimal soil water regime. From currently available types of artificial irrigation of the gardens the most promising one is drip irrigation, which makes possible to maintain optimal soil moisture and temperature depending on the peculiarities of agricultural crop cultivation. This article analyzes the possibility of horticulture drip irrigation in the Republic of Belarus.*

#### Введение

В проблеме насыщения потребительского рынка и обеспечения населения республики продуктами питания, с учетом сложившейся экологической ситуации, особое место отводится плодоводству.

В целом природно-климатические условия Беларуси благоприятны для возделывания садовых культур. По медицинским нормам, каждый житель республики должен ежегодно потреблять 80 кг фруктов (одно яблоко и стакан яблочного сока в день). То есть, для удовлетворения потребностей населения должно производиться 800 тыс. т фруктов в год, а фактически производится – 300-350 тыс. т (основной валовой сбор обеспечивается за счет плодов яблони).

В настоящее время площадь садов составляет 105 тыс. га. Однако из 58 тыс. га, находящихся у населения, только 7 тыс. га требует обновления. Подобная ситуация сложилась и в общественном секторе. Из 47 тыс. га – 27 тыс. га представляют собой сады с многолетними насаждениями устаревшего типа, ко-

торые фактически переродились в рассадники болезней и подлежат немедленной раскорчевке. В республике всего насчитывается около 20 тыс. га садов среднего и высокого бонитета, которые и приносят высококачественную плодовую продукцию.

Неустойчивость природно-климатических условий Беларуси, чрезвычайная пестрота почвенного покрова и плодородия почв определяют рискованный характер земледелия республики и его зависимость от природы.

Многолетние наблюдения за осадками по основным метеостанциям республики показывают, что в последнее время просматривается тенденция к росту засушливости вегетационных периодов. Так, по Полесскому региону из последних 20 лет засушливыми были 11, хотя по данным среднесезонных наблюдений, эта цифра не превышает 40 %. В таких условиях получение стабильных высоких урожаев на значительной части сельскохозяйственных земель невозможно без проведения соответствующих агротехнических и мелиоративных мероприятий. Неравномерное распределение осадков в отдельные периоды

роста и развития растений не обеспечивает оптимального водного режима почв. В связи с этим, в Беларуси в широких масштабах начинает применяться орошение сельскохозяйственных культур. Своевременное и правильное применение поливов позволяет получать высокие урожаи плодовых культур.

Аграрная наука ведёт поиск энергоэффективных способов искусственного орошения и разработку оросительной техники, позволяющей получать дополнительный урожай, покрывающий расходы на полив, так как роль этого агроприема в технологии выращивания плодовых культур возрастает. Согласно выводам Межправительственной группы экспертов, оценивших последствия изменения климатических условий нашего региона, в настоящее время рекомендован пересмотр принципов ведения сельского хозяйства в Республике Беларусь с внесением корректировок в развитие аграрных технологий. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в растениеводстве является разработка и реализация технологий искусственного орошения посевов для создания зон гарантированного производства кормовых, овощных, плодово-ягодных и других сельскохозяйственных культур, так как только использование адаптированных к природным условиям технологий позволит увеличить количество сельскохозяйственной продукции, получаемой с единицы площади, снизить её себестоимость и повысить качество.

#### **Основная часть**

Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в плодоводстве является разработка и реализация технологий автоматизированного искусственного орошения почвы для создания зон гарантированного производства плодовых культур. Использование таких технологий позволит увеличить количество плодов и ягод, получаемых с единицы площади, повысить качество и снизить их себестоимость. Как известно, урожайность культур на поливных землях в 2-3 раза, а в годы сильных засух в 4-6 раз выше, чем на неорошаемых, это касается и территории нашей республики. Оценка условий естественного увлажнения и теплообеспеченности земель Беларуси показывает, что только во влажные годы на территории страны наблюдается избыток влаги равный 75-170 мм [1]. В средние годы, по метеоусловиям северная зона характеризуется неустойчивым увлажнением, а центральная и южная – недостаточным. Недостаток осадков составляет до 160 мм. В сухие годы для всей территории республики характерно недостаточное увлажнение на 60...240 мм. Неиспользованные ресурсы тепла, излишне расходуемые на теплообмен и нагревание почвы, достигают в сухие годы 1,2-9,0 ккал/см<sup>2</sup>. Высокая потребность деревьев в воде и питательных веществах наблюдается весной и в первую половину лета. Критический период у плодовых культур наступает во время распускания цветковых почек, цветения и в начале роста плодов. Недостаток воды не только снижает урожай, но и уг-

нетает формирование почек под урожай будущего года. В условиях летних засух резко нарушается нормальный цикл развития плодовых деревьев, в надземной части и корнях снижается темп накопления крахмала и сахара, в результате такие деревья не могут противостоять низким зимним температурам.

Таким образом, в условиях нашей республики, для стабильного ежегодного получения высоких урожаев, несомненно, необходимо использовать системы искусственного увлажнения почв. Вопрос только в том, какую из систем орошения применять в каждом конкретном случае – поверхностное дождевание, внутрипочвенное (капельное), аэрозольное (мелкодисперсное) и др. Все способы имеют свои достоинства и недостатки, поэтому ни один из них нельзя рекомендовать как единственно возможный.

Микроорошение можно осуществлять, используя различные технологии подачи воды растениям. В частности, капельную, микроструйчатую, импульсную, внутрипочвенную, микродождевание, капельно-бороздковую с использованием поливных трубопроводов системы капельного орошения. Такие технологии могут быть успешно применены в различных почвенно-климатических и топографических условиях республики.

Остановимся на первом важнейшем факторе – обеспечении растений водой. Он предполагает не слепой полив, а полив программируемый: когда и сколько необходимо растению воды на определенном этапе его роста. И это очень важно, ведь орошение также может быть причиной некоторых отрицательных агротехнических явлений, например, разрушение корки, уменьшение водопроницаемости. Излишек оросительных вод размывает грунт, вымывает вглубь питательные элементы, уплотняет пахотный слой. При правильном выборе способа полива, строгом регулировании поливных норм и соответствующей агротехнике можно не только избежать этих проблем, но и увеличить выход продукции.

В настоящее время в Республике Беларусь для надкронного полива плодовых культур, в частности питомников, рядом хозяйств, таких как ООО «Дусен» (Могилевская обл., Чаусский р-н), РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» (г. Пружаны) и др. используется разработанная РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и поставленная на производство дождевальная установка УД-2500 (рис. 1). Установка УД-2500 защищена патентами Республики Беларусь №1702, №821 и удостоена золотой медали на агропромышленной выставке в России в 2007 г., серийно выпускается РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Однако для подкронного полива деревьев потребовалась разработка нового оборудования. Наиболее эффективным является полив с помощью поливочного оборудования ОП-600 (рис. 2), которое имеет ряд конструктивных особенностей. К ним относятся: низкое расположение распылительных устройств ороси-



Рисунок 1. Дождевальная установка УД-2500 на поливе яблоневого сада



Рисунок 2. Оборудование поливочное ОП-600 в работе

тельной тележки – до 0,3 м, создание при поливе факела дождя, не превышающего по высоте 1 м, что позволяет производить подкормочный полив плодовых деревьев, так как при поливе остаются сухими листья и другие надземные вегетативные органы растения.

Это создает благоприятные фитосанитарные условия и уменьшает вероятность распространения болезней, при этом не смываются препараты системы защиты растений. В 2008 году опытный образец оборудования поливочного ОП-600 успешно прошел государственные приемочные и специальные испытания, и в настоящее время осуществляется подготовка постановки на производство разработанного оборудования. По результатам приемочных испытаний, годовой приведенный экономический эффект на одну машину составил 11 млн. руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ – 5 млн. рублей, без учета увеличения урожайности плодов от полива.

Анализ зарубежной информации и передового опыта республики показывает, что в мировой практике расширяются масштабы применения в садоводстве систем капельного полива. К их основным преимуществам относятся:

- повышение урожайности и качества продукции;
- система может работать 24 часа в сутки;
- обеспечение равномерного распределения воды по всей длине ряда;
- уменьшение потребления поливной воды и энергии до 50 %;
- сокращение расхода удобрений и химикатов;
- уменьшение уплотненности грунтов;
- сохранение сухими междурядий и снижение засоренности их сорняками.

Таким образом, системы капельного орошения – действенный фактор раскрытия потенциала плодовых культур. Основными преимуществами способа капельного орошения являются более широкие возможности регуляции водного режима. При традиционных способах орошения достижение критических параметров влажности почвы 65% Н.В. (наименьшей влагоемкости) – сигнал для начала полива. Продолжают его до полного насыщения почвы, т.е. до 100 % Н.В. Следствием этого является то, что в предполивной период растения испытывают стресс от дефицита воды, а в конце полива и некоторое время после него испытывают дефицит почвенного воздуха. Система капельного орошения позволяет производить полив при значительных колебаниях параметров водного баланса почвы. С помощью автоматизированной системы капельного полива колебания почвенной влаги можно удерживать в пределах 75-85% Н.В. Таким образом, корневая система будет практически постоянно находиться в максимально благоприятных условиях.

Системы капельного орошения, при условии грамотного их использования, обеспечивают локальное увлажнение почвы с подачей поливной воды в приштабную зону, откуда влага наиболее интенсивно потребляется корнями деревьев. При капельном орошении практически отсутствует сброс воды за пределы корнеобитаемого слоя, что способствует не только более рациональному использованию водных ресурсов, но и поддержанию хорошей мелиоративной обстановки на поливном участке. Увлажнение почвы в зоне более интенсивного потребления влаги корнями деревьев и возможность непрерывного снабжения растений влагой, исключая появление водного стресса, благоприятно сказывается на активизации ростовых процессов.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создается комплект автоматизированного капельного полива сада модульного типа (табл. 1).

Образец автоматизированного поливочного комплекта для капельного полива включает в себя:

– фильтростанцию, представляющую собой водоочистное устройство, состоящее из фильтров грубой очистки, фильтра тонкой очистки, регуляторов давления и контрольно-измерительных приборов;

– модуль капельного полива, представляющий собой водораспределительное устройство, состоящее из коллекторного трубопровода, рядов трубок капельного полива со встроенными капельницами и запорной арматуры, а также магистрального трубо-

**Таблица 1. Показатели назначения комплекта  
капельного полива КАП-1**

№ пп	Наименование параметра	Значение параметра
1	Тип оборудования	стационарное
2	Производительность полива, га/ч - основного времени	0,23
3	Расход воды, т/ч, не менее	5
4	Рабочее давление в модуле капельного полива, МПа, не более	0,1
5	Длина укладки трубки капельного полива, м, не более	150
6	Наружный диаметр трубки, мм	16
7	Интервал между капельницами (в зависимости от схемы посадки растений), мм	1000
8	Расход воды одной капельницей, л/ч	до 2
9	Габаритные размеры фильтростанции, мм - длина - ширина - высота	3500 2000 1400
10	Площадь фильтрации фильтра грубой очистки, м <sup>2</sup>	0,9
11	Площадь фильтрации фильтра тонкой очистки, м <sup>2</sup>	1,8
12	Масса фильтростанции (сухой вес), кг, не более	500

провода, предназначенного для подвода оросительной воды к модулю;

– систему управления, включающую электронный контроллер, предназначенный для автоматического управления поливом по заданной программе, электромагнитные клапаны, предназначенные для регулирования водяного потока (открытия-закрытия проходного сечения трубопроводов) при поливе и промывке гидравлической системы.

С помощью развитой системы трубопроводов и трубок капельного полива отфильтрованная вода подается через капельные водовыпуски небольшими порциями непосредственно в корневую систему. Распределительный трубопровод изготавливают из полиэтиленовой трубы, в которую врезаются штуцеры для присоединения трубок капельного полива. Трубка капельного полива (рис. 3) представляет собой гибкую полиэтиленовую трубку диаметром 16 мм с равномерно расположенными на расстоянии 100 мм капельными эмиттерами.

Каждый из них может обеспечивать расход воды порядка 2 л/ч. Диапазон технических характеристик



*Рисунок 3. Трубка капельного полива*

трубок капельного полива позволяет эффективно решать вопросы орошения при любой схеме посадки сада. Фильтрация поливной воды от крупных механических частиц и биофлоры осуществляется в песчано-гравийном фильтре (рис. 4). Он состоит из металлической емкости, заполненной фильтрующим элементом (гравий фракций 0,65-1,75 мм), и соединительного трубопровода, через который осуществляется подвод и отвод воды. На соединительном трубопроводе имеются клиновые задвижки. С их помощью фильтр переводится из режима фильтрации в режим промывки (ручной



*Рисунок 4. Конструкция песчано-гравийных фильтров*

или автоматической) [2].

Для внесения жидких удобрений предназначен удобрительный узел, оснащенный инжектором. Чтобы избежать проблем засорения каплеобразующих отверстий в трубках капельного полива, осуществляется «тонкая» очистка поливной воды с помощью дискового фильтра. Для снижения давления воды в трубках капельного полива до уровня, не превышающего заданное, предусматривается установка регулятора давления.

В табл. 2. приведено сравнение оросительного оборудования различных типов при его использовании для полива садовых культур.

Как видно из таблицы, важнейшим преимуществом систем капельного полива является возможность автоматизации ее работы и одновременность воздействия на всю охватываемую площадь сада. Для автома-



**Таблица 2. Сравнительные показатели оросительного оборудования  
различных типов для садоводства**

Показатели	Тип оросительного оборудования			
	Барабанно-шланговая дождевальная установка	Оборудование поливочное подкормочное	Бороздковые системы	Система капельного полива
Тип оборудования	Мобильное	Мобильное	Стационарное	Стационарное
Ограничения на применение	Только для молодого сада	Для зрелого сада при широкорядной посадке деревьев	Для всех типов сада	Для всех типов сада
Оперативность применения	Позтапный полив полосами на ширину захвата	Позтапный полив полосами на 4 – 6 рядов	Одновременный полив всей площади, охватываемой системой	Одновременный полив всей площади, охватываемой системой
Равномерность распределения поливной воды	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая
Потери поливной воды (испарение, междурядья, впитывание бороздами, сток), %	25 – 30	35 – 40	50 – 55	10 – 15
Возможность автоматизации	Нет	Нет	Ограничена	Имеется
Возможность проведения подкормки	Нет	Нет	Нет	Имеется
Требования к качеству поливной воды	Средние	Средние	Низкие	Высокие

тизации процесса полива необходимо определять два основных показателя: остаточную влажность почвы (момент начала полива) и достаточный объем поливной воды. Рассмотрим методики их определения.

Для расчета необходимого объема поливной воды определяется Н.В. в слое почвы 0-50 и 51-100 см. В нескольких (4-5) типичных для данного поля местах берут образцы почвы в слое 0,2-0,3 м – 0,5-0,6 м. Образцы с каждой глубины смешивают между собой и получают 2 средних образца с глубины 0,2-0,3 м и 0,5-0,6 м. Каждый средний образец объемом 1,5-2,0 л почвы просеивают после небольшой просушки для очистки от корней и других случайных включений. Затем просеянную землю помещают в сушильный шкаф на 6-8 часов при температуре +100-105°C до полного высыхания. Готовят цилиндр без дна с установленным объемом 1 л. Дно сосуда обвязывают тканью (марлей в несколько слоев) и взвешивают сосуд с тканью. Ставят сосуд на ровную поверхность и наполняют почвой объемом 1 л, слегка постукивая по стенкам, чтобы ликвидировать пустоты, затем взвешивают и записывают вес почвы объемом 1 л.

Подготавливают емкость с водой, опускают в нее сосуд с почвой на 1-2 см выше уровня дна для капиллярного подъема воды. После появления на поверхности почвы капиллярно поднятой воды, сосуд осторожно вынимают, чтобы не отпало тканевое дно, затем дают стечь лишней воде. Взвешивают сосуд с почвой и определяют количество капиллярной воды в граммах на 1 л почвы (Н.В.).

Необходимо организовать ежедневный учет испарения воды с единицы площади. Зная запас продуктивной воды в почве на определенную дату и ежедневный ее расход на испарение, определяют поливную норму за определенный промежуток времени. Для плодовых культур – обычно 7 и более дней. Как видно, такая методика пригодна для целей автоматизации только в качестве исходной настройки параметров системы.

Более пригодны два приборных метода определения поливной нормы: эвапориметрический и тензиометрический.

#### Эвапориметрический метод

На метеопостах устанавливают специальный прибор – эвапориметр (для определения суточного испарения с единицы площади водной поверхности – 1 м. Этот показатель – потенциальное испарение ( $E_n$ ) с 1 м<sup>2</sup> в мм/сутки. Однако для пересчета на фактическую испаряемость растений с единицы площади вводят коэффициент пересчета –  $K_{\text{раст.}}$ , величина которого учитывает испаряемость растений. Для плодовых культур можно принять 1,05-1,20 [3] в зависимости от условий (возраст, период роста, система содержания междурядий и т.д.).

По формуле

$$E_{\text{сут.}} = E_n \cdot K_{\text{раст.}} \cdot 10000$$

получаем суточное испарение с 1 га площади.

Этот метод принят FAO – международной сельскохозяйственной организацией. Такой метод определения поливной нормы отличается большой точно-

стью, но требует оборудования метеопоста в хозяйстве и ежедневного учета.

#### **Тензиометрический метод**

Применяя новые системы капельного орошения на различных культурах, начинают использовать разные типы тензиометров, определяющие влажность почвы в любом месте поля и на любой глубине активного слоя почвы. Тензиометры бывают водомерные, ртутные, барометрические, электрические, электронно-аналоговые и др. При использовании тензиометров следует соблюдать следующие правила. Место установки должно быть типичным для поля. В одной точке устанавливают 2 тензиометра – один на глубине 30 см, другой – 60 см, на расстоянии 15-30 см от капельницы. Установка тензиометров проводится после полива участка. Снимать показания тензиометра необходимо в ранние утренние часы, когда температура еще стабильна после ночи.

Определение величины поливных норм по показаниям тензиометров проводится с использованием графиков зависимости всасывающего давления, прибора, определяющего уровень влажности почвы.

Расчет дефицита влаги производят по формуле:

$$Q=10h(Q_{нв} - Q_{пп}),$$

где  $Q$  – дефицит влаги, мм;  $h$  – глубина расчетного слоя почвы, мм;  $Q_{нв}$  – влажность объема почвы в % Н.В.;  $Q_{пп}$  – предполивная влажность объема почвы в % Н.В.

Поливная норма в л/растение определяется по формуле:

$$V = (Q_{0-50} + Q_{51-100}) \cdot S,$$

где  $V$  – поливная норма, л/растение;  $Q_{0-50}$  – влажность почвы в слое 0-50 см, мм;  $Q_{51-100}$  – влажность почвы в слое почвы 51-100 см, мм;  $S$  – площадь контура увлажнения капельницы (или нескольких – по количеству на одно дерево), м<sup>2</sup>.

Площадь контура увлажнения определяется экспериментальным путем для конкретных условий, и на основании этого производится выбор типа и количества капельниц на одно дерево с таким расчетом, чтобы при поливе образовывалась непрерывная увлажненная полоса.

Продолжительность полива определяют по формуле:

$$T = V / G,$$

где  $G$  – расход воды капельницей, л/час;  $T$  – продолжительность полива, час;  $V$  – поливная норма, л.

Используя определенные типы тензиометров, можно автоматизировать процесс полива. В этом случае отключение насоса поливной системы проводится несколько ранее (что следует программировать), чем достигается верхний предел необходимой влажности. Для расчета интервала полива в днях не-

обходимо поливную норму  $V$  разделить на дневную, определенную тензиометрически [4].

#### **Выводы**

1. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в растениеводстве является разработка и реализация технологий искусственного орошения посевов для создания зон гарантированного производства кормовых, овощных, плодово-ягодных и других сельскохозяйственных культур, так как только использование адаптированных к природным условиям технологий позволит увеличить количество сельскохозяйственной продукции, получаемой с единицы площади, снизить её себестоимость и повысить качество.

2. Анализ применения различных видов полива показывает, что наиболее перспективным для садоводства, с точки зрения рационального расходования поливной воды, точности, равномерности и своевременности ее подачи, малых потерь, защиты структуры почвы и надкорневой системы растений, а также нечувствительности к ветровому воздействию является капельный полив. Системы капельного орошения позволяют значительно снизить материалоемкость оборудования и затраты электроэнергии, повысить урожайность при одновременной экономии до 30-40% оросительной воды.

3. Сравнение методов определения расхода воды при поливе плодовых культур показывает, что важным преимуществом тензиометрического метода является возможность автоматизации процесса капельного полива сада и соответственно исключение влияния субъективных факторов на его эффективность.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур/ А.П. Лихацевич. – Минск: Белорусская наука, 2005. – С.19-33.
2. Проточное устройство для фильтрования воды под капельный полив: патент 3101 Респ. Беларусь, МПК7 В01 Д24/18 / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко и др.; заявитель РУП «НИП ин-т механизации сельского хозяйства НАН Беларуси». – № u 20060193; опубл. 30.10.06 //Афіцыйны бюл./ Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 5.
3. Друпка, С. Подкрановое миниорошение / С. Друпка // Интенсивные технологии в садоводстве; пер. с польск. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 162-186.
4. Гиль, Л.С. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения: учеб. пособ. для агр. учеб. завед. / А.С. Гиль. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 390.

## ОЦЕНКА ФОРМ МОРКОВИ, ОБЛАДАЮЩИХ ЭФФЕКТОМ ЦМС, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БЕЛОРУССКОГО СОРТА-ПОПУЛЯЦИИ «ЛЯВОНІХА», И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПРИЗНАКА СТЕРИЛЬНОСТИ СООТВЕТСТВУЮЩИМИ ЛИНИЯМИ

И. С. Бутов, аспирант (НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и овощеводству)

### Аннотация

*Представлена оценка форм моркови, обладающих мужской стерильностью, выделенных из местного белорусского сорта «Лявоніха» по различным хозяйственно ценным признакам. Приводятся данные о закреплении признака мужской стерильности линиями 1238 В и 690 В.*

*The shape comparison of the male sterility carrot selected from local Belarusian sort "Lyavoniha" is given. The comparison was held according to several different agriculturally valuable features. The data about fixing a male sterility feature with the lines 1238 V and 690 V is cited.*

### Введение

В настоящее время площадь, занятая морковью, в нашей стране составляет около 20 тыс. га (15% в общей структуре посевных площадей, занятых овощными культурами). Валовой сбор моркови столовой в 2007-2008 гг. согласно статистическому ежегоднику Комитета статистики, составлял 60-80 тыс. т.

В Беларуси районировано 49 сортов моркови, однако среди них в 2009 г. присутствовало всего два сорта белорусской селекции – «Лявоніха» и «Паўлінка». В связи с этим необходимо расширять ассортимент отечественных сортов данной культуры.

Ускорение селекционного процесса может быть достигнуто на основе научных разработок, позволяющих производить обобщенный скрининг генотипических различий, начиная с коллекционных образцов, предполагаемых для гибридизации, вплоть до оценки отобранного материала для практической селекции. В связи с необходимостью ускорения и повышения эффективности селекции моркови в настоящее время, наряду с традиционными методами селекции, актуальным является использование линий этой культуры, обладающих явлением цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС).

Практически любой сорт моркови имеет определенный процент мужски стерильных растений, которые можно обнаружить при обследовании семенников моркови [1]. Спонтанная ЦМС найдена во многих сортах, и доля этой биоформы колеблется от 1,5 до 30%. Согласно исследованиям М. К. Литвиновой, проявление признака стерильности относится к редким событиям и подчиняется распределению Пуассона [2]. В сортовой популяции обычно имеются различные по

своему действию растения-опылители. Очень важно выделить из популяции растения, которые при скрещивании с определенными, специально подобранными родительскими формами сохраняют признак стерильности в последующих поколениях [1, 3, 9].

Целью данной работы являлось выделение форм моркови, обладающих признаком мужской стерильности, из белорусского сорта-популяции «Лявоніха» и закрепление признака стерильности соответствующими линиями.

### Основная часть

Оценку коллекционных сортообразцов проводили в 2006-2009 гг. на полях севооборота РУП «Институт овощеводства». Для проведения исследования использовалась дерново-подзолистая, легкосуглинистая почва ( $pH_{KCl}$  – 6,2-6,6) с содержанием гумуса – 2,56-2,74%, фосфора – 240-300 мг/кг, калия – 260-320 мг/кг почвы.

Посев семян проводили в оптимальные сроки (вторая декада мая – первая декада июня). Площадь делянки зависела от количества семян, имеющихся коллекционных образцов, и составляла 0,5-1 м<sup>2</sup>. Предшественник в севооборотах 2006-2009 гг. – лук репчатый.

Скрещивания проводились по методу топкросса в гибридном питомнике. В связи с малым количеством семян применялась однократная повторность [4]. В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения, биометрические измерения и морфологические описания растений. Исследования проводились методами лабораторных, мелкоделяночных опытов, постановка которых осуществлялась по общепринятым методикам [5, 8]. Изучение коллекционного материала по морфологическим, се-

лекционным и хозяйственно ценным признакам осуществлялось в соответствии с руководством по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов, методическими указаниями по использованию ЦМС моркови в создании исходных линий для гетерозисной селекции и соответствующего классификатора ВИР [1, 2, 6].

После уборки здоровые корнеплоды анализировались по биохимическим показателям качества. Биохимический анализ проводили в лаборатории агрохимии РУП «Институт овощеводства». Исследование на содержание сахаров проводили по Бертрану, сухого вещества – методом высушивания. В период уборки из свежесобранных корнеплодов по интенсивности окраски поперечного среза выставляли баллы, согласно шкале окраски. Содержание каротина определялось по Мурри. Содержание гумуса определяли по Тюрину, гидrolитическую кислотность по Каппену, рН – ионометрическим методом.

В 2007-2008 гг. анализировалось 8 форм с признаком ЦМС, отобранных из местного сорта-популяции «Лявони́ха», а также гибриды, полученные в результате скрещивания их с линиями 690 В и 1238 В. Линии 690 В и 1238 В предоставлены Всероссийским научно-исследовательским институтом овощеводства (ВНИИО) и рекомендованы в качестве возможного восстановителя стерильности [3]. Показатели гибридных сортообразцов сравнивались с модельными характеристиками сорта гибрида F1, предназначенного для выращивания в условиях Беларуси [7].

У большинства образцов розетка имела полустоячую форму, кроме сортообразца МС-3, у которого была

раскидистая форма. Величина розетки у большинства сортообразцов средняя, хотя, как маленькая, так и большая форма встречались достаточно часто. Число листьев колебалось от 6 (МС-8) до 20 (МС-1). Толщина черешка варьировалась от 0,4 (МС-8, МС-3) до 0,58 см (МС-1). Величина листовой пластинки и черешка колебались от 24,9 см у образца МС-3 до 47,9 см у МС-6. У большинства образцов этот показатель составлял 30-40 см, у сорта «Лявони́ха»-стандарт – 38,1 см. Опушение практически у всех образцов было редким (редким жестким) или отсутствовало. Форма абсолютного большинства корнеплодов – коническая с тупым концом.

В табл. 1 представлена урожайность и товарность сортообразцов с цитоплазматической мужской стерильностью.

Длина корнеплодов колебалась от 11,1 см у сортообразца МС-8 до 19,8 см у МС-1. В 2008 г. наблюдалось снижение длины корнеплодов, вызванное метеорологическими условиями, недостатком влаги в первые периоды роста и длительным прорастанием семян. Наибольший диаметр корнеплода и сердцевинны отмечен у формы МС-1 – 4,1 см, у стандарта «Лявони́ха» этот показатель равен 3,22 см. Диаметр сердцевинны находился в пределах от 1 см (МС-8) до 1,9 см (МС-1).

Наиболее высокую урожайность продемонстрировал только образец МС-6 (63,0 т/га), урожайность других была существенно ниже. Низкая урожайность могла быть вызвана неблагоприятными метеорологическими условиями 2008 г. Наилучший показатель товарности выявлен у сортообразца МС-7 (91,67%).

В результате скрещивания форм с ЦМС сорта

**Таблица 1. Урожайность и товарность исследуемых форм моркови с ЦМС (2007–2008 гг.)**

Название сортообразца	Год	Масса стандартных корнеплодов, кг	Масса нестандартных корнеплодов, кг	Общая масса, кг	Товарность, %	Урожайность, т/га
МС-1	2008	0,30	0,15	0,45	66,67	9,0
	2007	2,10	0,70	2,80	75,00	28,0
МС-2	2008	1,70	1,00	2,70	62,96	54,0
	2007	1,90	1,90	3,80	50,00	38,0
МС-3	2008	1,70	1,00	2,70	62,96	54,0
	2007	1,70	1,80	3,50	48,57	35,0
МС-5	2008	0,60	0,30	0,90	66,67	18,0
	2007	-	-	-	-	-
МС-6	2008	1,25	0,50	1,75	71,43	35,0
	2007	4,30	2,00	6,30	68,25	63,0
МС-7	2008	-	-	-	-	-
	2007	1,10	0,10	1,20	91,67	12,0
МС-8	2008	1,10	0,70	1,80	61,11	18,0
	2007	1,50	1,80	3,30	45,45	33,0
«Лявони́ха»-стандарт	2008	3,50	1,50	5,00	70,00	50,0
	2007	2,90	2,70	5,60	51,79	56,0

**Таблица 2. Урожайность и товарность исследуемых гибридных сортообразцов в сравнении с родительскими формами и стандартом (2008–2009 гг.)**

Гибридный сортообразец	Урожайность, т/га				Товарность, %			
	F <sub>1</sub>	% к ♀	% к ♂	% к стандарту	F <sub>1</sub>	% к ♀	% к ♂	% к стандарту
МС-1 х 690 В	14,00	75,65	34,10	26,95	49,50	69,80	85,30	67,87
690 В х МС-1	47,50	111,43	256,30	92,10	85,91	120,84	121,20	118,40
МС-5 х 690 В	51,50	285,70	125,10	100,00	97,50	146,20	157,45	134,70
МС-6 х 1238 В	31,00	63,15	88,55	60,05	67,50	96,65	100,53	92,35
1238 В х МС-8	71,0	202,85	284,00	137,90	71,70	113,64	124,10	99,00
<b>«Лявоніха» - стандарт</b>	51,5	-	-	100	72,50	-	-	100,00

«Лявоніха» и линиями 690 В и 1238 В получен ряд гибридов. В табл. 2 представлены средние показатели 2008–2009 гг. по урожайности и товарности лучших гибридных сортообразцов и их сравнение с родительскими формами и стандартом.

По степени урожайности наиболее высокая отмечена у гибридов 1238 В х МС-8 (71,0 т/га), МС-5 х 690 В (51,5 т/га) и 690 В х ЦМС-1 (47,5 т/га), по товарности – у МС-5 х 690 В (97,50 %), 690 В х ЦМС-1 (85,91 %).

В табл. 3 представлены биохимические показатели у исследуемых гибридных сортообразцов в 2008 г. в сравнении с родительскими формами и стандартом.

Повышенным содержанием каротина по сравнению со стандартом и родительскими формами характеризовались образцы 1238 В х МС-8 (26,20%), МС-6 х 1238 В (15,05%), МС-5 х 690 В (14,8%), 690 В х МС-1 (12,6%). Содержание сухого вещества было высоким у образцов 1238 В х МС-8 (17,10%), МС-5 х 690 В (14,7%), МС-1 х 690 В (14,2%), 690 В х МС-1 (13,8%).

Гибрид 1238 В х МС-8 существенно превзошел «Лявоніху» и родительские формы по большинству показателей. Так, по урожайности он превысил родительскую форму на 137,9%, а материнскую и отцовскую форму – на 202,8 и 284% соответственно. По товарности превышение над отцовскими формами

составило 113,64 и 124,10%. Превышение по содержанию каротина и сухого вещества в сравнении со стандартом, материнской и отцовской формами составило 145,9%, 153,2%, 217,2% и 139,05%, 108,85%, 211,9% соответственно.

Гибрид 690 В х МС-1 превзошел родительские формы по урожайности на 111,43 и 256,3%. По товарности, содержанию каротина и сухих веществ это превышение составляло 120,84, 121,2, 118,4% и 108,4, 113,51, 114,5; 133, 8% соответственно. Содержание сухих веществ в гибриде превышало стандарт и материнскую форму на 115 и 133,8%.

Гибрид МС-5 х 690 В превысил стандарт и родительские формы по урожайности и товарности на 285,7, 125,1, 100% и 146,2, 157,45, 144,7% соответственно. По содержанию каротина гибрид превзошел стандарт на 134,5%, по содержанию сухих веществ – на 117,6, 142,5 и 122,5% соответственно.

Наиболее близкими к модельным являются показатели гибридов 1238 В х МС-8, МС-5 х 690 В, 690 В х МС-1. Гибрид 1238 В х МС-8 обладал урожайностью – 71,0 т/га, его товарность составляла – 71,70%, содержание каротина – 26,20 мг/%, содержание сухого вещества – 17,10%. Гибридный сортообразец МС-5 х 690 В характеризовался урожайностью – 51,5 т/га, товарностью – 97,50%, содержанием каротина – 14,8 мг/%,

**Таблица 3. Содержание каротина и сухого вещества у исследуемых гибридных сортообразцов в сравнении с родительскими формами и стандартом (2008-2009 гг.)**

Гибридный сортообразец	Содержание каротина, мг/%				Содержание сухого вещества, %			
	F <sub>1</sub>	% к ♀	% к ♂	% к стандарту	F <sub>1</sub>	% к ♀	% к ♂	% к стандарту
МС-1 х 690 В	10,90	98,10	93,80	90,09	14,20	100,70	137,70	118,30
690 В х МС-1	12,60	108,40	113,51	114,50	13,80	133,80	97,80	115,00
МС-5 х 690 В	14,80	98,01	127,30	134,50	14,70	117,60	142,50	122,50
МС-6 х 1238 В	15,05	163,55	124,75	140,55	11,75	82,75	145,55	110,25
1238 В х МС-8	26,20	217,20	153,15	145,90	17,10	211,85	108,85	39,05
<b>«Лявоніха» - стандарт</b>	10,70	-	-	100,00	12,30	-	-	110,00

**Таблица 4. Сравнительный анализ сортообразцов моркови по основным признакам модели сорта (для хранения)**

Показатели	Гибриды						
	Модель сорта (гибрида F <sub>1</sub> ) для хранения	МС-1 х 690 В	690 В х ЦМС-1	МС-5 х 690 В	МС-6 х 1238 В	1238 в х МС-8	«Лявоніха» – стандарт
Продолжительность периода всхода – хозяйственная годность, дн.	100–120	120	120	120	120	120	120
Форма корнеплода	Конус. туп.	Конус остр.	Конус остр.	Конус остр.	Конус остр.	Конус остр.	Конус туп.
Окраска мякоти и сердцевины, балл	6 баллов и >	5	2	6	6	6	7
Длина корнеплода, см	15–20	16,8	21	19,5	16	17,5	14,1
Диаметр корнеплода, см	3,0–5,0	2,4	4,1	2,3	3,5	3,95	3,66
Урожайность, т/га	75–80	14,0	47,5	51,5	31,0	71,0	51,5
Товарность, %	80–90	49,50	85,91	97,50	67,50	71,70	72,50
Содержание каротина, мг/%	15–20	10,9	12,6	14,8	15,05	26,20	10,70
Содержание сухого вещества	> 12	14,2	13,8	14,7	11,75	17,10	12,30

содержанием сухого вещества – 14,7%. Урожайность гибрида 690 В х МС-1 составила 47,5 т/га, товарность – 85,91%, содержание каротина – 12,6%, содержание сухого вещества – 13,8%.

Сравнительный анализ гибридов по основным признакам модели сорта моркови представлен в табл. 4.

Для закрепления признака стерильности в 2007 г. использовались линии 690 В и 1238 В, обладающие высокой комбинационной способностью и рекомендованные во ВНИИО в качестве закрепителя стерильности [5]. Оценку семенных растений проводили в 2009 г. согласно методическим рекомендациям И. В. Вайнагия и Л. Л. Виравековой [10,11]. Если признак имеется в наличии, то конкретный корнеплод является родоначальником линии-восстановителя для данного сортообразца. В табл. 5 представлены данные о

**Таблица 5. Проявление признака мужской стерильности у растений, выделенных из сорта-популяции «Лявоніха» в 2009 г.**

Гибридный сортообразец	Всего растений, шт.	Из них растений, шт.	
		фертильных	стерильных
МС-1 х 690 В	10	7	3
МС-2 х 690 В	6	6	-
МС-3 х 690 В	8	6	2
МС-5 х 690 В	8	8	-
МС-6 х 1238 В	9	9	-
МС-7 х 1238 В	10	7	3
МС-8 х 1238 В	8	8	-

фертильности и стерильности семенных растений из популяции «Лявоніха».

Формы с наивысшим процентом признака мужской стерильности: МС-1 х 690 В (30%); МС-3 х 690 В (25%); МС-7 х 1238 В (30%) и семена со стерильных растений оставлены для дальнейшей селекционной работы на гетерозис. Отобранные образцы характеризуются как генетические источники селекционно-важных признаков и служат ценным исходным материалом для селекции моркови. По мнению автора, необходимо продолжать работу по поиску закрепителей в последующие годы.

#### Заключение

1. Из местного белорусского сорта-популяции «Лявоніха» выделены 8 форм с признаком цитоплазматической мужской стерильности.

2. Модель сорта гибрида F<sub>1</sub> для условий Беларуси позволила выделить среди гибридных сортообразцов 3 формы: 1238 В х МС-8 (урожайность – 71,0 т/га, товарность – 71,70%, содержание каротина – 26,20 мг/%, содержание сухого вещества – 17,1%); МС-5 х 690 В (урожайность – 51,5 т/га, товарность – 97,5%, содержание каротина – 14,8 мг/%, содержание сухого вещества – 14,7%); 690 В х МС-1 (урожайность – 47,5 т/га, товарность – 85,91%, содержание каротина – 12,6%, содержание сухого вещества – 13,8%.

3. В результате проведенных исследований выявлено, что наибольшим процентом признака мужской стерильности обладали формы МС-1 х 690 В (30%), МС-3 х 690 В (25%), МС-7 х 1238 В (30%).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров, А.А. Об использовании форм овощных культур с мужской стерильностью в производстве гибридных семян / А.А. Макаров; под ред. Д.Д. Брежнева // Использование гетерозиса в овощеводстве. – Краснодар, 1963. – С. 275–282.
2. Литвинова, М.К. Популяционная структура семенных растений фертильных и стерильных форм моркови / М.К. Литвинова, А.В. Мешков // Селекция и семеноводство корнеплодных овощных культур: к 70-летию Воронеж. овощ. опыт. станции / Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства; Воронеж. овощ. опыт. ст. – М., 2005. – С. 93–97.
3. Клыгина, Т.Э. Подбор исходного материала для создания скороспелых гибридов F1 моркови столовой : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Т.Э. Клыгина; Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – М., 2002. – 25 с.
4. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов корнеплодных растений (морковь, свекла, редис, редька, репа, брюква, пастернак) / под ред. В. В. Квасникова. – М., 1987. – 84 с.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
6. Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов: справоч. изд. / Д.Д. Брежнев. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
7. Сазонова, Л.В. Классификатор вида «*Daucus carota*» (морковь мясистая) / Л.В. Сазонова, Э.А. Власова, В.В. Воскресенская; Всесоюз. научн.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова; под общ. ред. В.А. Корнейчука. – Л., 1990. – 25 с.
8. Методические указания по использованию ЦМС моркови в создании исходных линий для гетерозисной селекции / Н.И. Тимин [и др.]; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ. культур ; под общ. ред. Н.И. Тиминой. – М., 1983. – 22 с.
9. Бутов, И.С. Создание гибридов на основе модели сорта моркови для условий Беларуси / И.С. Бутов // Овощеводство : сб. науч. тр. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», РУП «ин-т овощеводства». – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 40–48.
10. Вайнагий, И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений / И.В. Вайнагий // Ботан. журнал, 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.
11. Виравчева, Л.Л. Отбор перспективных форм по показателям семенной продуктивности / Л.Л. Виравчева // Бюл. Глав. ботан. сада. – М., 1976. – Вып. 102. – С. 28-30.

**“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 сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика). Журнал выходит 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 первое полугодие 2010 года: для индивидуальных подписчиков - 27000 руб., ведомственная подписка - 52986 руб.**

## РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТЕ И ЕГО ПОЛЗУЧЕСТЬ

В.П. Иванов, докт.техн. наук, профессор, А.П. Кастрюк, канд.техн. наук, доцент (Полоцкий государственный университет)

### Аннотация

*Рассмотрено изменение напряжений в грунте при его сжатии в начальный период времени. Полученные зависимости между прочностными и деформационными свойствами грунтов позволяют проводить инженерные расчеты взаимодействия рабочих органов с грунтом.*

*Changes in soil stress at its compression on initial time period are examined. The received dependences between strength and deformation properties of soils enable the engineering analysis of operating elements cooperating with soil interaction to be carried out.*

### Введение

Для расчета усилия резания грунта и мощности привода почвообрабатывающей машины необходимы сведения о поведении грунта при изменяющейся скорости деформирования, обуславливающей его релаксационные свойства. Время релаксации напряжений является важной характеристикой грунтов при их деформировании. Исследованиям этого вопроса посвящено значительное количество работ, главным образом, в связи с изучением строительных свойств грунта [1-3 и др.].

### Основная часть

Грунты по своим механическим свойствам соответствуют максвелловской модели, поэтому к ним применимы основные зависимости изменений напряжения и деформации во времени, установленные для модели, у которой упругие и вязкие элементы соединены последовательно [4-6]. Сжатие упруго-вязкого тела складывается из упругих, не изменяющихся с течением времени деформаций и неупругих – остаточных деформаций, возрастающих с течением времени. Состояние этого тела выражается уравнением:

$$\sigma = E\varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt},$$

где  $\sigma$  – напряжения, Па;  $E$  – модуль упругости первого рода, Па;  $\varepsilon$  – относительная деформация;  $\eta$  – коэффициент вязкости, Па·с;  $t$  – текущее время, с.

При  $\varepsilon = \text{const}$  формула Максвелла после интегрирования принимает вид:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-t/T}, \quad (1)$$

где  $T = \eta/E$  – период релаксации, с.

Уравнение (1) характеризует релаксацию напряжений и устанавливает уменьшение с течением времени напряжений до нуля по показательному закону. Однако, как показывают исследования, при  $\varepsilon = \text{const}$  у грунтов, как и у ряда других материалов, напряжения стремятся не к нулю, а к некоторому конечному значению.

Определение релаксационных свойств минеральных и торфяных грунтов проводилось при их сжатии штампами с различными значениями перемещения плиты и скорости. После достижения заданной деформации измерялось усилие, приложенное к штампу, и его изменение во времени. При снятии релаксационной характеристики грунта рабочая полость силового гидроцилиндра в течение всего опыта была соединена с гидравлическим аккумулятором, что позволяло поддерживать постоянство деформации.

Кривые релаксации (рис. 1) имеют два участка, первый характеризуется резким падением напряжений в условиях затухающей скорости релаксации, второй – их замедленным снижением, асимптотическим прибли-

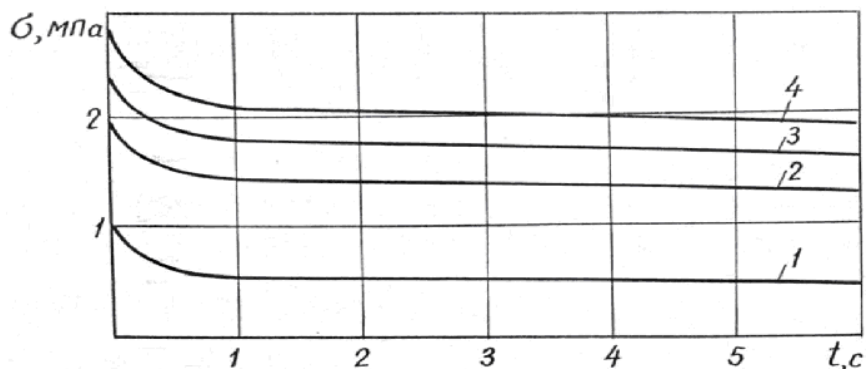


Рисунок 1. Кривые релаксации напряжений  $\sigma$  за время  $t$  при глубине вдавливания штампа: 1 –  $h = 4$  см; 2 –  $h = 10$  см; 3 –  $h = 15$  см; 4 –  $h = 25$  см; грунт – суглинок



жением к предельному значению  $\sigma_n$  ( $t = \infty$ ). Первый участок для связных минеральных и торфяных грунтов соответствует времени до 0,5–0,7, а для песчаных грунтов – 0,15–0,20 с. Этот участок описывает взаимодействие рабочих органов и ходовых систем машин с грунтом. Второй участок определяется очень медленным изменением напряжений, на графике он изображен прямой линией. Относительное снижение напряжений  $\xi_\sigma$  выражается формулой:

$$\xi_\sigma = \frac{\sigma(0) - \sigma(t)}{\sigma(0)},$$

где  $\sigma(0)$  – напряжения при  $t = 0$ ;  $\sigma(t)$  – напряжения по истечении времени  $t$ . Для исследуемых грунтов  $\xi_\sigma = 0,19–0,28$ .

Более быстрое протекание релаксации напряжений указывает на ускоренный переход обратимой деформации в пластические сдвиги и более быстрое снижение способности грунта сопротивляться внешним нагрузкам. Характер снижения напряжений определяет влияние скорости деформирования на сопротивление грунта сжатию. Скорость изменений напряжений в грунте обуславливается передачей внешней нагрузки на его каркас и гидростатическую смесь. После передачи нагрузки на каркас постепенное убывание во времени скорости снижения напряжений происходит вследствие влияния водно-коллоидных пленок, обладающих вязкостью.

Релаксацию напряжений необходимо рассматривать как нарастание пластической деформации при одновременном и равном падении упругой деформации, а не как переход упругой деформации в пластическую. Напряжения  $\sigma(t)$  при релаксации определяются долей упругой деформации, остающейся к моменту времени  $t$ , т. е. зависят от величины пластической деформации

$$\sigma(t) = E[\varepsilon_o - \varepsilon_{nl}(t)],$$

где  $\varepsilon_o$  – начальная упругая относительная деформация;  $\varepsilon_{nl}$  – пластическая относительная деформация.

Зависимость изменения напряжений во времени, полученная экспериментальными исследованиями различных видов грунтов, аппроксимируется уравнением:

$$\sigma(t) = \sigma_n + (\sigma_o - \sigma_n)e^{-t/T}, \quad (2)$$

где  $\sigma_o$  – напряжения в начальный момент, Па.

Уравнение (2) по своей структуре сходно с уравнением релаксации среды, реологическое состояние которой определяется выражением:

$$T \frac{d\sigma}{dt} + (\sigma_o - \sigma_n) = ET \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

Через 20–30 секунд изменение напряжений происходит весьма медленно, и зависимость может быть выражена уравнением Гаусса, принятым для металлов:

$$\sigma(t) = \sigma_i - a \lg \frac{t+T}{T},$$

где  $a$  – коэффициент, имеющий размерность напряжения.

Период релаксации  $T$  соответствует времени, за которое разность  $\sigma_o - \sigma_n$  уменьшается в  $e$  раз

$$\sigma_{t-T} - \sigma_n = \frac{\sigma_o - \sigma_n}{e}.$$

Скорость изменения напряжений

$$\frac{d\sigma}{dt} = -\left(\frac{\sigma_o - \sigma_n}{T}\right)e^{-\frac{t}{T}}.$$

Период релаксации  $T$  и напряжения  $\sigma_n$  определяются на основе экспериментальных данных. Для этого принимали напряжения  $\sigma_{t1}$  и  $\sigma_{t2}$  при двух значениях  $t_1$  и  $t_2$ , причем  $t_2 = 2t_1$ .

При  $t = t_1$  имеем:

$$\sigma_{t_1} = \sigma_n + (\sigma_o - \sigma_n)e^{-\frac{t_1}{T}}.$$

Отсюда

$$e^{-\frac{t_1}{T}} = \frac{\sigma_{t_1} - \sigma_n}{\sigma_o - \sigma_n}. \quad (3)$$

Следовательно

$$T = \frac{t_1}{\ln \frac{\sigma_o - \sigma_n}{\sigma_{t_1} - \sigma_n}}. \quad (4)$$

Значения  $\sigma_o$  и  $\sigma_{t1}$  определяются из опытов. Напряжение  $\sigma_n$  вычисляется следующим образом. При  $t_2 = 2t_1$

$$e^{-\frac{2t_1}{T}} = \frac{\sigma_{t_2} - \sigma_n}{\sigma_o - \sigma_n}. \quad (5)$$

Решив совместно уравнения (3) и (5), находим:

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{t_1}^2 - \sigma_{t_2} \sigma_o}{2\sigma_{t_1} - \sigma_{t_2} - \sigma_o}.$$

Подставив в уравнение (4) значение  $\sigma_n$  и преобразовав его, получаем:

$$T = \frac{t_1}{\ln \frac{\sigma_o - \sigma_{t_1}}{\sigma_{t_1} - \sigma_{t_2}}}. \quad (6)$$

Формула (6) позволяет определить период релаксации по данным испытаний. Для суглинистого грунта с прочностью, характеризуемой величиной  $C = 8$

$$\sigma(t) = \sigma_n + (\sigma_o - \sigma_n)e^{-\frac{t}{0,38}}.$$

Анализ кривых релаксации, полученных при разной величине деформации (рис. 1) показывает, что они являются геометрически подобными и могут быть получены из одной кривой умножением ее ординат на некоторую величину, являющуюся функцией величины напряжений. Это означает, что

$$\frac{\sigma_0}{\sigma'_0} = \frac{\sigma_{t_1}}{\sigma'_{t_1}} = \frac{\sigma_{t_2}}{\sigma'_{t_2}} = \text{и т. д.},$$

где  $\sigma_0, \sigma_{t_1}, \sigma_{t_2}$  – соответственно начальное напряжение и его значения при  $t = 0, t_1, t_2$ ;  $\sigma'_0, \sigma'_{t_1}, \sigma'_{t_2}$  – то же для другой кривой релаксации.

Приняв коэффициент релаксации  $k_p = \sigma_n / \sigma_0$  и подставив его в уравнение (2), получаем

$$\sigma(t) = \sigma_n + \sigma_0(1 - k_p)e^{-t/T}. \quad (7)$$

Вследствие подобия кривых релаксации коэффициент  $k_p$  не зависит от начального напряжения  $\sigma_0$  и является величиной постоянной для данного типа грунта и его физического состояния. С изменением начального напряжения  $\sigma_0$  в таком же отношении меняется напряжение  $\sigma_n$ . В механике грунтов значение  $\sigma_n$  принято за предел длительной прочности.

Уравнение (7) позволяет определить напряжение грунта под штампом на разной глубине в любой момент времени после прекращения деформирования.

В зависимости от типа грунта, степени его водонасыщения изменяются релаксационные свойства. Для водонасыщенных грунтов главную роль в изменении их состояния играет скорость фильтрации, трехфазных – ползучесть каркаса. Чем больше вязкость, тем медленнее рассеяние напряжений и большее время необходимо для перехода к равновесному состоянию. Чем слабее сцепление частиц между собой, тем быстрее протекают релаксационные процессы. С уменьшением плотности грунта относительное снижение напряжений в нем возрастает. Так, для суглинка с изменением объемной массы от 2050 до 1700 кг/м<sup>3</sup> оно увеличивается от 0,31 до 0,38.

Различное влияние фактора времени на деформационно-прочностные свойства связных и песчаных грунтов вызвано, главным образом, их неодинаковой фильтрационной способностью и обусловленной этим разной скоростью рассеяния значений порового давления.

В теории ползучести рассматриваются два качественно разных вида развития деформации во времени [7]:

- при напряжениях, меньше предельных, когда деформации во времени затухают, а процесс приобретает характер затухающей ползучести;
- при напряжениях, равных или выше предельных, когда деформации растут во времени.

На кривой (рис. 2), кроме мгновенной деформации  $0a$ , различают три стадии: *I* (отрезок  $ab$ ) – неустано-

вившейся ползучести, *II* (отрезок  $bc$ ) – установившейся ползучести или пластического течения с постоянной скоростью деформирования и *III* (отрезок  $cd$ ) – прогрессирующего течения со все возрастающей скоростью деформирования.

Характер ползучести зависит от результирующего процесса упрочнения и разупрочнения внутренних связей частиц грунта. При преобладании упрочнения деформация ползучести стабилизируется. Если доминирует разупрочнение, то возникает незатухающая ползучесть и происходит разрушение. Чем больше

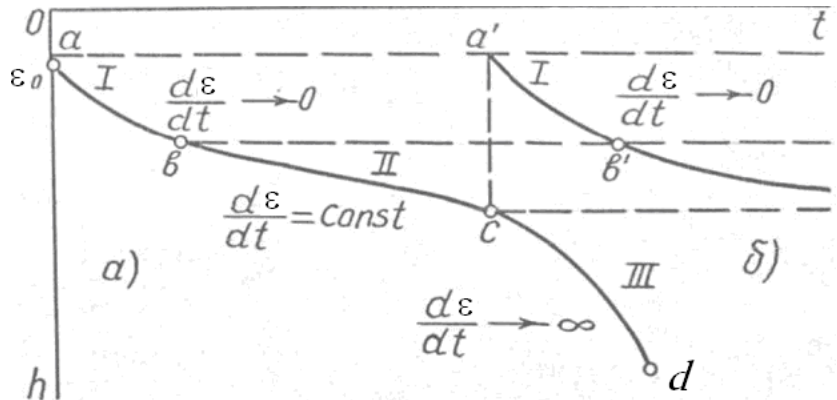


Рисунок 2. Кривые ползучести: а) незатухающей; б) затухающей

время действия нагрузки, тем при меньшем ее значении достигается прогрессирующая ползучесть.

Связь между релаксацией и ползучестью грунта вытекает из рассмотрения графиков в координатах  $\sigma - \epsilon_n$  ( $\epsilon_n$  – относительная деформация ползучести) при разной скорости деформирования (рис. 3). Линия *I-I*, пересекая кривые  $\sigma(\epsilon_n)$ , при постоянной деформации  $\epsilon_n$  является линией релаксации напряжений. Если при некоторой скорости деформирования  $v$  довести деформацию до значения  $\epsilon_{n1}$  и сохранить ее постоянной, то напряжения постепенно релаксируют до значения  $\sigma_2$ , соответствующего той же деформации  $\epsilon_{n1}$  при скорости  $v_2$  и т. д. и может продолжать уменьшаться до значения  $\sigma_n$ , соответствующего кривой бесконечно

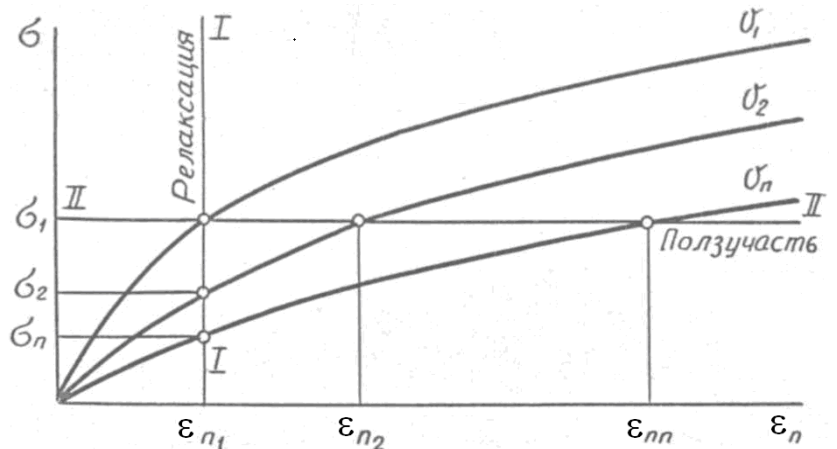


Рисунок 3. Зависимость  $\sigma(\epsilon)$  при различных значениях  $v$  ( $v_1 > v_2, v \rightarrow 0$ )

медленного нагружения.

Линия II-II, пересекая кривые при постоянном значении  $\sigma$ , связана с ползучестью грунта. С уменьшением скорости деформации с  $v_1$  до  $v_2$ , т. е. с увеличением времени действия постоянного напряжения деформация возрастает от  $\varepsilon_{n1}$  до  $\varepsilon_{n2}$  и далее до тех пор, пока деформация возрастает до  $\varepsilon_{np}$ , при которой скорость деформации  $v \rightarrow 0$ .

Выражение деформации ползучести через параметры кривой релаксации напряжений наиболее удобно, так как последняя может быть легко определена при вдавлении штампа в грунт.

Из уравнения описываемого поведения грунта при релаксации имеем:

$$\frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma_o - \sigma_n}{T} = E \frac{d\varepsilon}{dt}$$

или

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma_o - \sigma_n}{\eta}$$

Отсюда

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{1}{\eta_0} \int (\sigma_o - \sigma_n) dt.$$

Графическим или числовым интегрированием решается задача перехода от релаксации напряжений к ползучести и обратно. Скорость ползучести зависит от отношения давления к пределу несущей способности грунта и времени приложения нагрузки. Чем больше отношение, тем выше скорость осадки. С увеличением времени действия нагрузки, скорость осадки уменьшается. Для ряда почвообрабатывающих машин, когда нагрузка на грунт во времени переменна, осадка может быть определена на основе принципа наложения, применяемого в механике грунтов. Для описания ползучести при переменной нагрузке непрерывный рост напряжений заменяется их ступенчатым нарастанием (рис. 4).

Приняв  $\sigma(t) = \sigma(0) + \Delta 1\sigma(t_1) + \Delta 2\sigma(t_2) + \dots + \Delta i\sigma(t_i)$ , где  $\Delta i\sigma(t_i)$  – изменение напряжений за отрезок времени  $t_i - t_{i-1}$ , величина ползучести описывается уравнением:

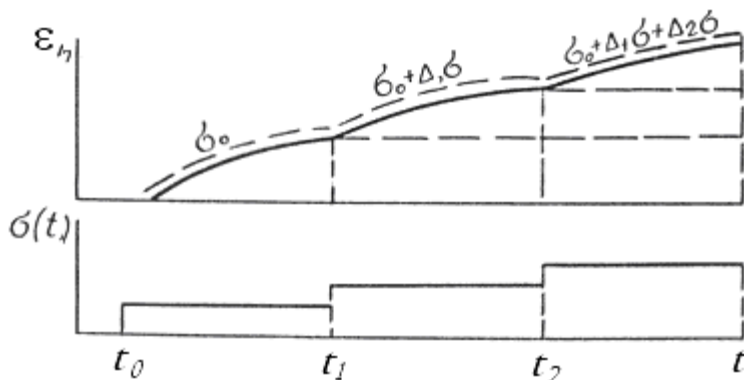


Рисунок 4. Деформация ползучести  $\varepsilon_n$  при ступенчато-возрастающих циклах напряжений в течение времени  $t$

$$\varepsilon_n(t) = \varepsilon(t_0) + \varepsilon(t_1 - t_0) + \dots + \varepsilon(t_i - t_{i-1}). \quad (8)$$

Уравнение (8) исходит из принципа наложения, под которым понимается возможность определения деформации ползучести от действия переменной во времени нагрузки путем суммирования этих деформаций, вызванных действием элементарных приращений напряжений. При этом принимается также то, что деформация ползучести зависит от длительности его приложения, но не зависит от длительности действия остальных приращений.

### Заключение

Исследование грунтов путем вдавливания штампа с определением его реологических характеристик позволяет получить информацию о прочностно-деформационных свойствах, необходимых для инженерных расчетов взаимодействия рабочих органов с грунтом в начальный период времени.

Различное влияние времени на свойства связных и песчаных грунтов вызвано их неодинаковой фильтрационной способностью и разными значениями скорости рассеяния порового давления.

Характер ползучести зависит от результирующего процесса упрочнения и разупрочнения внутренних связей частиц грунта. Скорость ползучести зависит от отношения давления к пределу несущей способности грунта и времени действия нагрузки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Волошенко, Е.Н. О реологических свойствах реальных тел. / Е.Н. Волошенко// Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1966. – № 11. – С. 41-46.
2. Вялов, С.С. Реологические свойства и несущая способность мерзлых грунтов/ С.С. Вялов. – М.: изд-во АН СССР, 1959. – 235 с.
3. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов: учебник / Н.Н. Маслов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.
4. Лысенко, М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов / М.П. Лысенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. – 272 с.
5. Баловнев, В.И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, 1999. – 383 с.
6. Баловнев, В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1994. – 432 с.
7. Турецкий, Р.Л. Резание мелиорируемых грунтов и интенсификация рабочих процессов машин для осушения и освоения земель Нечерноземной зоны: автореф. ... дис. докт. техн. наук: 05.20.01; 06.01.02 / Р.Л. Турецкий; ЦНИИМЭСХ. – Минск, 1981. – 38 с.

## СОПРОТИВЛЕНИЕ КАЧЕНИЮ ВЕДОМЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОЛЕС

Г.И. Гедроить, канд. техн. наук (БГАТУ)

### Аннотация

*Разработана математическая модель расчета силы сопротивления качению ведомых пневматических колес на основе объемного представления поверхности контакта шины и почвы. Учтена кривизна шин в радиальной плоскости.*

*A mathematical model for calculating the rolling resistance to the driven pneumatic tires is developed. It is made on the basis of volumetric representation of the surface contact of tires and soil. The curvature of the tire in the radial plane was taken into consideration.*

### Введение

При математическом моделировании процесса взаимодействия пневматического колеса с почвой наиболее распространены плоские расчетные схемы. Процессы взаимодействия рассматриваются в продольной плоскости колеса применительно к колесу единичной ширины. Значения показателей взаимодействия по ширине колеса принимаются постоянными. Следовательно, колесо представляется в виде цилиндра, а форма проекций поверхности контакта в поперечной и опорной плоскостях – в виде прямоугольников. Использование такого подхода в ряде ситуаций оправдано ввиду того, что позволяет упростить решение задачи. Однако возникают ситуации, когда необходимо более точно учитывать конструктивные особенности шин и форму поверхности контакта. Например, в работе [1] приведены экспериментальные данные, показывающие, что при минимальной кривизне шины 400-965 в поперечной плоскости (кривизна корректировалась с помощью нерастяжимых эластичных колец) значение максимальной глубины следа на почве уменьшилось на 29%. Ни одна модель на основе плоской расчетной схемы не позволяет учесть и оценить такой факт.

Расширение использования на сельскохозяйственной технике шин с пониженным давлением на почву, качение в ряде случаев колес по следу других сопровождаются небольшими значениями глубины следа (5-50 мм). При этом горизонтальная проекция поверхности контакта близка к форме пятна контакта на жестком основании и соответственно ближе к эллипсу, чем к прямоугольнику [2].

Детально описать математическими зависимостями профиль шины, конструкцию ее беговой дорожки, протекторной части, форму поверхности контакта очень сложно. Но изготовить для эксперимен-

тальных исследований образцы шин с варьированием значений отдельных конструктивных параметров также очень сложно и дорого. Поэтому математическое моделирование процесса взаимодействия колеса с опорной поверхностью является важным этапом при создании шин, при подборе их для конкретных машин. При этом возникает потребность в более точном описании исследуемых элементов.

В работе [3] показана целесообразность уменьшения кривизны шин в радиальной плоскости для снижения воздействия колес на почву. Задача решена на основе объемного представления поверхности контакта шины с почвой. Оценим влияние формы беговой дорожки шины на сопротивление качению ведомых колес.

Употребляемые по тексту термины «продольная», «опорная», «поперечная», «радиальная» плоскости приняты по ГОСТ 17697-72 [4].

### Основная часть

Рассмотрим задачу взаимодействия ведомого колеса с почвой с учетом кривизны шин в продольной и радиальной плоскостях. Расчетная схема приведена на рис. 1. Линия  $BMM'B'$  изображает беговую дорожку шины, а линии  $BCE$  и  $B'C'E'$  - боковины шины. На колесо действуют нормальная нагрузка  $G$ , толкающая сила  $P$  и нормальные к поверхности контакта реакции почвы  $q$ . Влиянием касательных реакций в контакте и упругих деформаций почвы пренебрежем. Принимаем, что поверхность контакта состоит из плоской и криволинейной зон и, что криволинейная зона представляет собой часть эллиптического параболоида. Уравнение поверхности этого параболоида получено в виде [3]:

$$z = h + \lambda - \frac{y^2}{b_0^2 / \Delta} - \frac{x^2}{2R - h - \lambda}, \quad (1)$$

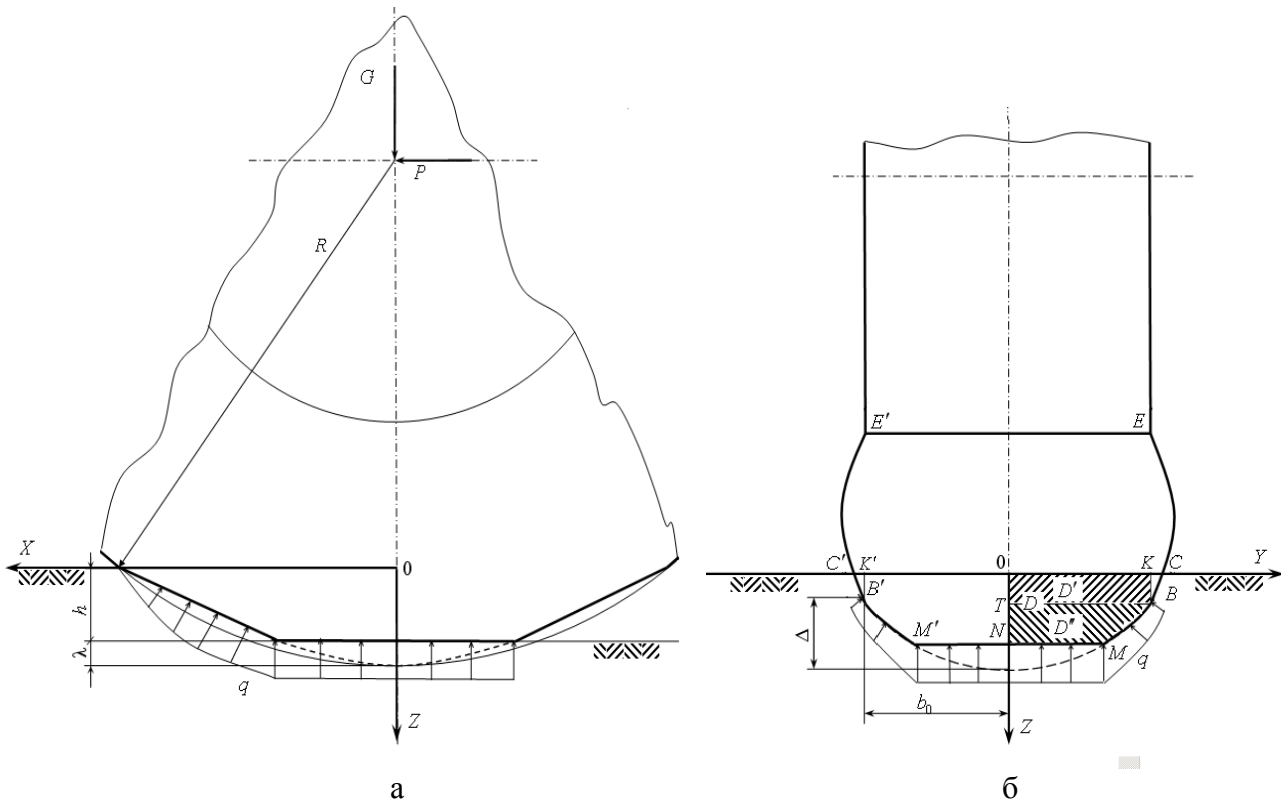


Рисунок 1. Расчетная схема взаимодействия колеса с почвой:  
а – в продольной плоскости колеса; б – в радиальной плоскости колеса

где  $b_0$ ,  $\Delta$  – характерные размеры шины, определяющие форму части ее профиля, контактирующую с опорной поверхностью. Для большинства шин  $2b_0$  – ширина беговой дорожки,  $\Delta$  – стрела дуги протектора (высота беговой дорожки). Для торообразных, оболочковых шин  $2b_0$  – ширина профиля шины,  $\Delta$  – половина высоты профиля шины. В частных случаях могут быть приняты промежуточные значения названных параметров:

$h$  – глубина следа;  
 $\lambda$  – деформация шины.

Силу сопротивления качения колеса представим в виде двух составляющих  $P_{fn}$  и  $P_{fsh}$ , учитывающих соответственно потери на деформацию почвы и шины:

$$P_f = P_{fn} + P_{fsh} \quad (2)$$

Составляющую сил сопротивления качению  $P_{fn}$ , обусловленную затратами на деформацию почвы, исходя из принятой расчетной схемы, найдем путем суммирования проекций нормальных реакций почвы на ось  $X$ :

$$P_{fn} = \iint_F q \cos \gamma_x dF,$$

где  $\gamma_x$  – угол, составляемый нормальными к поверхности контакта и осью  $X$ ;

$F$  – площадь криволинейной зоны контакта.

Так как элемент площади  $dF$  в проекции на плоскость  $YOZ$  дает элемент площади области  $D$ , то  $\cos \gamma_x dF = dydz$ .

Следовательно

$$P_{fn} = \iint_D q dydz,$$

где  $D$  – проекция криволинейной зоны контакта шины с почвой на плоскость  $YOZ$ .

На рис. 1,б область  $D$  определяется контуром  $KBMM'B'K'$  и ограничена прямыми линиями  $z=0$ ,  $z=h$  и параболой, уравнение которой исходя из выражения (1), в рассматриваемом случае имеет вид:

$$z = h + \lambda - \frac{y^2}{\frac{b_0^2}{\Delta}} \quad (3)$$

Разделим половину области  $D$  на области  $D'$ ,  $D''$ , определяемые соответственно контурами  $OKBT$  и  $TBMN$ .

Тогда

$$P_{fn} = \iint_D q dy dz = 2 \iint_{D'} q dy dz + 2 \iint_{D''} q dy dz . \quad (4)$$

В области  $D'$  переменные  $y$  и  $z$  изменяются в пределах:

$$0 \leq z \leq h + \lambda - \Delta ;$$

$$0 \leq y \leq b_0 .$$

В области  $D''$  пределы изменения переменных следующие:

$$h + \lambda - \Delta \leq z \leq h ;$$

$$0 \leq y \leq b_0 \sqrt{\frac{h + \lambda - z}{\Delta}} .$$

Найдем интегралы выражения (4). При этом предполагаем, что нормальные давления распределены по поверхности контакта в соответствии с функцией гиперболического тангенса [5]:

$$q = \sigma_0 th \frac{K}{\sigma_0} z ,$$

где  $\sigma_0$  – несущая способность почвы;

$K$  – коэффициент объемного смятия почвы, приведенный к размерам колеса [6].

По области  $D'$  имеем:

$$\begin{aligned} \iint_{D'} q dy dz &= \int_0^{b_0} dy \int_0^{h + \lambda - \Delta} \sigma_0 th \frac{K}{\sigma_0} z dz = \\ &= \frac{b_0 \sigma_0^2}{K} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} (h + \lambda - \Delta) . \end{aligned}$$

По области  $D''$  имеем:

$$\begin{aligned} \iint_{D''} q dy dz &= \int_{h + \lambda - \Delta}^h dz \int_0^{b_0 \sqrt{\frac{h + \lambda - z}{\Delta}}} \sigma_0 th \frac{K}{\sigma_0} z dy = \\ &= \frac{b_0 \sigma_0^2}{\sqrt{\Delta}} \int_{h + \lambda - \Delta}^h th \frac{K}{\sigma_0} z (h + \lambda)^{1/2} \left(1 - \frac{z}{h + \lambda}\right)^{1/2} dz . \end{aligned}$$

Используя разложение подынтегральных функций в сходящиеся степенные ряды и ограничиваясь двумя членами каждого ряда, приходим к выражению:

$$\iint_{D''} q dy dz = Kb_0 \sqrt{\frac{h + \lambda}{\Delta}} \left( \begin{aligned} &h^2 - A^2 - \\ &\frac{h^3 - A^3}{3(h + \lambda)} - \frac{1}{6} \frac{K^2}{\sigma_0^2} (h^4 - A^4) + \\ &+ \frac{1}{15} \frac{K^2}{\sigma_0^2} \frac{h^5 - A^5}{h + \lambda} \end{aligned} \right) ,$$

где  $A = h + \lambda - \Delta$ .

Обозначив выражение в скобках через  $\chi$ , получим:

$$\begin{aligned} P_{fn} &= 2 \frac{b_0 \sigma_0^2}{K} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} (h + \lambda - \Delta) + \\ &+ \chi Kb_0 \sqrt{\frac{h + \lambda}{\Delta}} . \end{aligned} \quad (5)$$

Необходимые для вычисления значения  $h$  и  $\lambda$  определим при совместном решении уравнений [3]:

$$h = \frac{\sigma_0}{K} arth \frac{G_{nl}}{\pi b_0 \sigma_0 \lambda} \sqrt{\frac{\Delta}{2R - \lambda}} ; \quad (6)$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{\pi b_0 \sigma_0^2}{2K} \sqrt{\frac{2R - h - \lambda}{\Delta}} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} h + G_{nl} - \\ &- b_0 \sigma_0 \left( \sqrt{\frac{h + \lambda}{\Delta}} - 1 \right) \sqrt{(2R - h - \lambda)(h + \lambda - \Delta)} . \end{aligned} \quad (7)$$

$$+ th \frac{5}{9} \frac{K}{\sigma_0} (h + \lambda - \Delta) ,$$

где  $G_{nl}$  – часть нагрузки, воспринимаемая в плоской части контакта. Определяется по характеристикам шин на жестком основании. Ее значение зависит от размеров шины, нормальной нагрузки на колесо, давления воздуха в шине. Для некоторых шин, используемых на сельскохозяйственной технике, необходимые сведения приведены в работе [2].

Формулы (5), (6), (7) справедливы при  $h + \lambda > \Delta$  и  $\lambda \leq \Delta$ . Если  $h + \lambda \leq \Delta$ , т. е. когда беговая дорожка шины не полностью погружается в почву, в указанных формулах принимается  $h + \lambda - \Delta = 0$ .

При  $\lambda > \Delta$  плоская часть контакта имеет вид усеченного эллипса. В этом случае глубина следа и деформация шины определяются при решении уравнений, приведенных для аналогичного случая в работе [3]:

$$h = \frac{\sigma_0}{K} .$$

$$\cdot arth \frac{G_{nl}}{2b_0 \sigma_0 \sqrt{(2R - \lambda)\Delta} \left( \sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}} - 1 + \frac{\lambda}{\Delta} \arcsin \sqrt{\frac{\Delta}{\lambda}} \right)} ; \quad (8)$$

$$G = \frac{\alpha b_0 \sigma_0^2}{K} \sqrt{\frac{2R - h - \lambda}{\Delta}} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} h + G_{nl} , \quad (9)$$

где

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( \begin{aligned} &arctg \frac{b_0}{\sqrt{(2R - h - \lambda)(h + \lambda - \Delta)}} + \\ &+ arctg \frac{b_0}{\sqrt{(2R - h - \lambda)(\lambda - \Delta)}} \end{aligned} \right) .$$

Составляющая силы сопротивления качению  $P_{fn}$  в рассмотренном случае равняется:

$$P_{fn} = 2 \int_0^{b_0} dy \int_0^h \sigma_0 th \frac{K}{\sigma_0} zdz = \frac{2b_0\sigma_0^2}{K} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} h. \quad (10)$$

Таким образом, значение составляющей силы сопротивления качению при  $\lambda \leq \Delta$  определяется по формуле (5), при  $\lambda > \Delta$  по формуле (10), а необходимые для расчетов значения глубины следа и деформации шины находим соответственно при решении уравнений (6), (7) и (8), (9).

Значение составляющей силы сопротивления качению  $P_{fш}$  в выражении (2) найдем при допущении, что значение этой составляющей при качении по почве равняется силе сопротивления качению на жестком основании при деформации шины на величину  $\lambda$ . На основании рекомендаций [7] значение  $P_{fш}$  определим по формуле:

$$P_{fш} = K_{ш} B_k \lambda, \quad (11)$$

где  $B_k$  – ширина плоской зоны контакта;

$K_{ш}$  – давление шины на дорогу при нулевом значении давления воздуха в шине.

Значение  $K_{ш}$  определяется из выражения, полученного эмпирическим путем [7]:

$$K_{ш} = (0,1 \dots 0,15) P_w, \quad (12)$$

где  $P_w$  – давление воздуха в шине для дорог с твердым покрытием при допустимой деформации шин.

Исходя из выражения (3), получим:

$$\text{при } \lambda \leq \Delta \quad B_k = 2b_0 \sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}},$$

$$\text{при } \lambda > \Delta \quad B_k = 2b_0.$$

Расчеты по формулам (11), (12) достаточно приближенные. Так, например, отклонение значений  $K_{ш}$  может достигать 50 %. Однако потери на деформацию шин при качении пневматических колес по почве значительно меньше потерь на деформацию почвы. Согласно [6], затраты мощности на деформацию шин составляют 5-6 % от общей мощности на качение эластичного колеса по грунту. По нашей оценке для ходовых систем с пониженным давлением на почву, при качении колес по следу

эти потери могут увеличиваться до 25-30 %. Однако в этой части нужны дополнительные исследования.

В то же время, выражения (11), (12) учитывают основные факторы, оказывающие влияние на силу сопротивления качению колес по твердому основанию [7]. Они не содержат эмпирических коэффициентов, для определения которых требуется специальное оборудование, например, стенды, позволяющие определять гистерезисные потери в шине при ее деформации [8]. Причем, полученные в таких опытах данные будут требовать адаптации к реальным условиям качения и другим шинам.

Оценим изменение силы сопротивления качению колеса в зависимости от значения стелы дуги протектора, характеризующей кривизну шин в радиальной плоскости. На рис. 2 приведен график указанной зависимости для шин типа 22/70-20. Расчет выполнен для случая качения колеса по слежавшейся пахоте при нормальной нагрузке на колесо 30 кН.

График показывает, что с уменьшением стрелы дуги протектора почти линейно снижается сила сопротивления качению. Уменьшение стрелы дуги протектора с 70 мм (серийная шина 22/70-20 мод. Ф-118) до 10 мм (почти плоская шина) позволило бы снизить силу сопротивления качению, в рассмотренных условиях, примерно в 1,3 раза.

Изложенные теоретические положения подтверждаются экспериментом. Выполненные исследования по определению силы сопротивления качению четырехколесной машины МТТ – 13 на шинах 1140x700 мод. Я-369 показали, что значение коэффициента сопротивления качению указанной машины в полевых условиях (слежавшаяся зябь, средний суглинок, влажность почвы 19,6 %) составляет 0,075. Значение

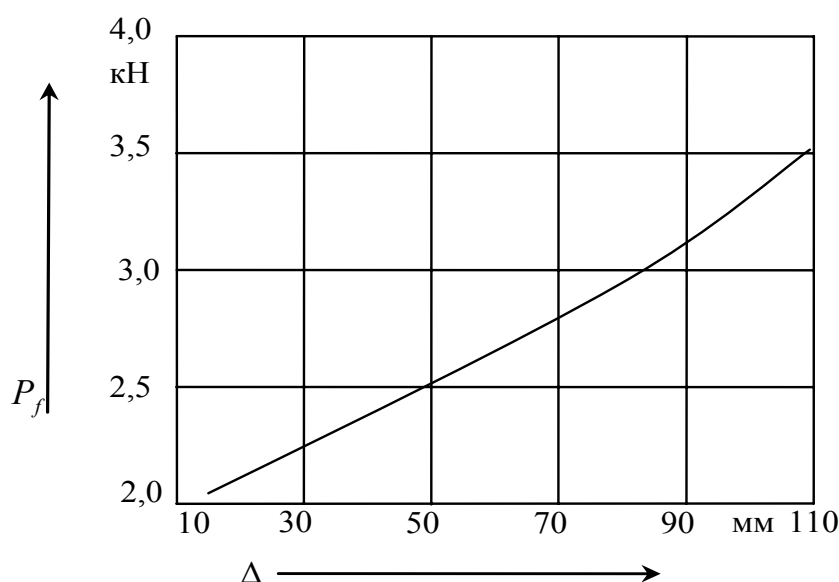


Рисунок 2. Зависимость силы сопротивления качению колеса от стрелы дуги протектора

коэффициента сопротивления качению для этой же машины на шинах 1140x700 мод. Я-170А составило 0,104, т.е. выше в 1,39 раза. Соответственно значение буксования агрегируемого трактора составило 8 и 11%. Шины имеют равные диаметр и ширину, но радиус кривизны беговой дорожки в радиальной плоскости у последней в 1,6 раза меньше. Значение стрелы дуги протектора для шины мод. Я-369 составляет 62 мм, для шины мод. Я-170А – 110 мм, т.е. форма беговой дорожки первой значительно ближе к плоской. Отметим, что у шин есть отличия в рисунке протектора, жесткости.

Аналогичные по характеру экспериментальные данные приведены в работе [9]. Установлено, что значение коэффициента сопротивления качению на рыхлой почве шины ANTOROS 49x23,5-21 LT меньше, чем шины Бел ОШ-1 1300x530-533 в 1,25 раза. Хотя шины отличались несколькими параметрами, авторы считают, что на результат преимущественно повлияла кривизна профиля в поперечном сечении шин. У шины ANTOROS указанная кривизна почти отсутствовала.

Приведенные экспериментальные данные подтверждают также высказанные во введении предположения о важности математического моделирования процесса взаимодействия шин с почвой, т.к. сложно подобрать объекты для «чистого» эксперимента, а изменение одного параметра шины, например, рисунка протектора, неизбежно влечет изменение других: жесткости, формы профиля и прочих.

Все необходимые для расчетов данные по шинам определяются из нормативной документации, путем несложных замеров или задаются для прогнозируемых шин. Сведения о значениях показателей свойств почвы для основных фонов приведены в [5,6].

### **Заключение**

Разработанная математическая модель взаимодействия пневматического колеса с почвой позволяет определять силу сопротивления качению ведомого колеса в зависимости от значений диаметра шины, параметров профиля шины в радиальном сечении, нагрузки на ко-

лесо, деформации шины, давления воздуха, свойств почвы. Модель построена на основе объемного представления поверхности контакта шины с почвой.

Использование на сельскохозяйственной технике шин с плоской беговой дорожкой – эффективный путь снижения затрат на передвижение машин в полевых условиях.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Водяник, И.И. Улучшение работы тракторных шин / И.И. Водяник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1985, № 9. – С. 10-12.
2. Гедроить, Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23-27.
3. Горин, Г.С. Исследование колееобразования при качении ведомого колеса / Г.С. Горин, Г.И. Гедроить, И.Е. Юреть // Воздействие ходовых систем сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на почву: сб. науч. трудов. – Горки, 1991. – С. 11-18.
4. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения: ГОСТ 17697-72. – М.: Из-во стандартов, 1972. – 24 с.
5. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров сельскохозяйственных машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Мн.: Урожай, 1964. – Т.13. – С.5-147.
6. Гуськов, В.В. Теория трактора/ В.В. Гуськов. – Мн.: Машиностроение, 1977. – 384с.
7. Агейкин, Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители/ Я.С. Агейкин. – М. Машиностроение, 1972. – 184с.
8. Скотников, В.А. Проходимость машин/ В.А. Скотников, А.В. Пономарев, А.В. Климанов. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 328с.
9. Тягово-цепные качества высокоэластичных шин сверхнизкого давления / С.Д. Зайцев [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2008. – №9. – С.29-31

## **Установка для очистки и обеззараживания воздуха БСУ-900**



Установка предназначена для очистки воздуха от газовых примесей органического и неорганического происхождения в помещениях предприятий АПК, медицинских, общественных и других помещениях, в которых необходимо обеспечивать требования СНИП (аммиак, сероводород, углекислый газ и др.). Фильтр производит непрерывную очистку и обеззараживание помещений в присутствии обслуживающего персонала со степенью очистки по уровню общей загрязненности до 60%, по индексу Колли до 70%, по вирусам до 80%, позволяет экономить до 50% энергии на отопление помещений. Наиболее эффективен при использовании в помещениях для содержания молодняка птицы, свиней и крупного рогатого скота.

Производительность составляет 900 м<sup>3</sup>/ч.

Автор: Николаенков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, доцент



## К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.А. Колос, канд.техн.наук, Ю.Н. Сапьян, зав. лабораторией (Всероссийский институт механики, г. Москва); В.Б. Ловкис, канд.техн.наук, А.П. Курто, студент (БГАТУ)

### Аннотация

*В статье приведен анализ использования в малой энергетике биомассы для получения тепловой энергии в странах Западной Европы, США, Российской Федерации и Республике Беларусь. Предложен способ энергетической оценки биотоплива, позволяющий сравнить его по энергоэффективности, при учете побочных продуктов, с традиционными минеральными топливами.*

*The article summarizes the use of low-energy biomass for receiving thermal energy in the countries of Western Europe, the USA, Russia and Belarus. The proposed method of energy evaluation of biofuels allows to compare the energy efficiency of biofuel with traditional mineral fuels.*

### Введение

Биотопливо является наиболее дешевым и возобновляемым источником энергии. На нынешнем этапе с ограниченными финансовыми возможностями, приоритет должен быть отдан расширению использования в качестве топлива древесных отходов различного вида, кускового торфа, горючих бытовых и производственных отходов.

Интерес к переработке биомассы в топливо вызван, прежде всего, проблемами энергетической безопасности стран-импортеров нефти и необходимостью улучшения экологической ситуации на планете. В западных странах уже давно осуществляется их широкомасштабное производство, обеспечивающее экономию традиционных невозобновляемых энергоносителей, снижение загрязнения окружающей среды и привлекательность в отношении научно-технического, социального и общественного развития. В Дании, Швеции и Финляндии около 70% получаемой из биомассы тепловой энергии вырабатывается на малых теплоэнергетических центрах (мини-ТЭЦ), остальная часть – на станциях централизованного теплоснабжения. Мини-ТЭЦ мощностью 10-80 МВт в качестве сырья используют, в основном, смесь биомассы и традиционного топлива. Австрия концентрирует свои усилия на строительстве станций централизованного теплоснабжения мощностью 0,5-10 МВт, использующих в качестве топлива отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности. В США почти все станции, работающие на промышленных и сельскохозяйственных отходах, вырабатывают электроэнергию. Одновременно в этих и многих других государствах производится биотопливо 1-го и 2-го поколения для двигателей автомобилей, тракторов и другой мобильной техники.

Биоэнергетика на Западе развивается планомерно, в соответствии с целевыми государственными программами, в которых заложено использование различных финансово-экономических рычагов, обеспечивающих заинтересованность нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в процветании производителей биотоплива. Например, во Франции правительство стимулирует НПЗ двукратным уменьшением ставки акциза на смесевые бензины с добавками на основе биоэтанола. Поскольку там практически все производство смесевых бензинов (около 150 млн. т/год при стоимости 600 евро/т) сосредоточено в руках нефтяного гиганта TOTAL, эти льготы являются очень весомыми. Характерно, что сырье для производства этанольной добавки поставляют предприятия, которые также подконтрольны TOTAL. Аграрии, занимающиеся производством сырья для биоэтанола, получают свои экономические выгоды от его выпуска: кроме традиционных дотаций на уровне 135 евро/га еще дополнительно 45 евро/га. Таким образом, экономические интересы аграриев и НПЗ совпадают, что позволяет им взаимодействовать без особых проблем и совершенствовать свои биотехнологии.

### Основная часть

Реализация самых различных научно-технических проектов по использованию энергии биомассы целесообразна, прежде всего, в сельском и лесном хозяйствах, поскольку ее производство и переработка требуют значительных земельных угодий и специальных площадей для машин и оборудования, производственных помещений, транспорта, гаражей, мастерских, котельных, складов сырья и материалов, хранилищ готовой продукции.

В России биомасса используется, в основном, в виде дров, торфа, отходов лесозаготовки и деревообработки. Ее энергетический потенциал достаточно высок – около 35 млн. т у.т./год, однако доля в топливно-энергетическом балансе составляет не более 1,0% (в Финляндии, например, – 25%, Швеции – 30%). Биомасса сельскохозяйственного растениеводства может дать лишь 1,5 млн. т у.т. в год. Поэтому для получения существенного количества биотоплива для сельских территорий в регионах необходима рациональная организация оборота древесины, торфа и сельхозпродукции. При ориентации на передовые технологии, она может стать формулой успеха многих хозяйств.

Древесно-растительная масса – наиболее перспективный и значительный возобновляемый источник энергетического сырья в Республике Беларусь. Отходы растениеводства (солома, костра, лузга и др.) – фитомасса с энергопотенциалом по различным оценкам, дают до 1,5 млн. т у.т./год. Отходы животноводства, которые при биологической переработке способны обеспечить энергопотенциал, эквивалентный примерно 1,5 млн. т у.т./год, а также принести дополнительный экологический эффект. В республике Беларусь ежегодно накапливается около 2,4 млн.т твердых бытовых отходов, которые направляются на свалки и на два мусороперерабатывающих завода (Минский и Могилевский). Потенциальная энергия, содержащаяся в твердых бытовых отходах на территории республики, равноценна 470 тыс. т у.т. Потенциал древесно-топливных ресурсов в Беларуси оценивается на уровне 3 млн. т у.т./год. Из других видов местного топлива возможно использование торфа (до 1,0-1,5 млн. т у.т.), лигнина (1,3 млн. т у.т. в отвалах и ежегодное производство свыше 200 тыс. т) [1].

Энергия из растительной биомассы может извлекаться прямым сжиганием с минимальной подготов-

кой или переработкой в гомогенизированное топливо для получения теплой воды, пара и электроэнергии. Для переработки биомассы высокой влажности (стоков, бытовых отходов, продуктов гидролиза органических остатков) применяются биологические процессы с получением биогаза, органических кислот, спиртов, растворителей и т.п. Биомассу низкой влажности перерабатывают с помощью термомеханических и физико-химических процессов прессования, гранулирования, пиролиза, ферментации, гидролиза, сжижения, газификации. Можно получать растительные масла, топливные гранулы (пеллеты), различные газы (в том числе синтез-газ), жидкие углеводороды, биоспирты, биодизель, древесный уголь, жмыхи и т.д. [2-4]. Многие из этих продуктов являются, в свою очередь, сырьем для производства еще более универсальных и эффективных энергоносителей. Таким образом, от разнородного сырья к гомогенизированному биотопливу с высокой концентрацией энергии можно перейти, реализуя технологические цепочки различной сложности.

Примером одного из наиболее простых и эффективных решений проблемы концентрации энергии биомассы является технология механотермической гомогенизации ее структуры и свойств путем гранулирования с получением твердого топлива (пеллет, брикетов) со стабильными физико-химическими и механическими характеристиками. Из табл. 1 следует, что по своим рабочим свойствам, пеллеты значительно превосходят топливо из первичных древесных отходов [4].

Сравнение основных теплотехнических характеристик [5] показывает существенные преимущества пеллет перед наиболее распространенным древесным топливом – щепой из отходов деревообработки (табл. 2).

Отработанная технология гранулирования дре-

**Таблица 1. Рабочие свойства топлива  
из отходов древесины**

Вид древесного топлива	Влажность, %	Зольность, %	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплота сгорания, МДж/кг
Щепа от лесозаготовки	50-60	1-3	250-400	8,1-6,0
Щепа из отходов деревообработки	10-50	0,4-1	150-300	16,6-8,1
Щепа из отходов лесопиления	45-60	0,5-2	250-350	9,2-6,0
Опилки	45-60	0,4-0,5	250-350	9,2-6,0
Стружка	5-15	0,4-0,5	80-120	17,6-15,5
Фанерные отходы	5-15	0,4-0,8	200-300	17,6-15,5
Утиль древесины	15-30	1-5	150-250	15,5-12,3
Топливные пеллеты	10-12	0,5-3,0	600-700	19,0-17,5

**Таблица 2. Сравнительные теплотехнические характеристики  
первичного и гранулированного топлива**

Показатель, единица измерения	Щепа			Пеллеты
	влажная	полусухая	сухая	
Влажность, %	60	45	12	8
Теплота сгорания, МДж/кг	5,4	8,6	15,9	≥17,5
Энергоэквивалент у.т., %	18	29	54	≥60
Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	≥0,35	≥0,25	0,08-0,12	0,63-0,67
Среднегодовой КПД энергогенерирующей установки, %	30	40	65	85
Теплопроизводительность, МДж/кг	1,6	3,4	10,3	≥15,0
Удельный расход у.т., кг/МДж	0,113	0,085	0,052	0,040

весной биомассы позволяет в 1,5-2,0 раза повысить теплоту сгорания, оптимизировать топочные процессы, увеличить КПД теплогенерирующего оборудования до 85-93%, повысить его эффективность в 1,3-2,8 раза, снизить стоимость и затраты на эксплуатацию, улучшить процессы регулирования и управления за счет применения средств автоматизации [3-5]. По данным скандинавских энергопроизводителей, при комплексной оценке, пеллеты эффективнее дров и щепы примерно в 5-6 раз.

Исследования и практика показывают, что отходы сельскохозяйственного растениеводства рациональнее использовать также в энергетических целях после их предварительного гранулирования. Технологии производства агропеллет (из лузги, шелухи, соломы и т.п.) и древесных или торфяных гранул, в принципе, аналогичны. Основные отличия заключаются в конструкции матриц и роликов гранулятора и рабочих режимах (коэффициент загрузки оборудования, влажность и температура сырья, зазор между матрицей и роликами и т.д.). В отдельных случаях используют связующие добавки природного происхождения (лигнин, крахмал) для повышения прочности гранул. При влажности 14-15% солома не требует предварительной сушки, а в случае необходимости ее можно организовать непосредственно в тюках, используя относительно простые и недорогие камерные сушилки (наподобие тех, что применяются для древесины) без автоматизации. Теплота сгорания агропеллет та же, что и древесных, но зольность существенно выше, поэтому на Западе они применяются только в промышленных котлах. Для наших условий это не столь существенно, если иметь в виду, что соломенная зола – хорошее удобрение.

Оценка энергоэффективности твердого гранулированного биотоплива показала, что линия на базе модернизированного комплекта оборудования ОГМ-

1,5 максимальной производительностью 1,5 т/ч обеспечивает следующие значения чистого энергетического выигрыша (ЧЭВ) при производстве пеллет:

- из соломы без сушки и учета энергозатрат на рулонирование – 17,5, с учетом этих затрат – 7,3;
- из древесных отходов без предварительной сушки – 8,2, с сушкой – 2,4 (минимальное значение, соответствующее влажности исходного сырья, – 40%).

Таким образом, производство пеллет из растительного сырья характеризуется довольно высокой энергоэффективностью.

В общем случае показатель ЧЭВ производства биотоплива необходимо определять по формуле:

$$R = \frac{eB + \sum_i e_i B_i}{\mathcal{E}B + \sum_i \mathcal{E}_i B_i},$$

где  $e$  и  $\mathcal{E}$ ,  $e_i$  и  $\mathcal{E}_i$  – соответственно энергосодержание и энергоемкость биотоплива и побочных продуктов  $i$ -го вида (полная или прямая – в зависимости от цели расчета), МДж/кг.

$B$  и  $B_i$  – выход биотоплива и побочных продуктов  $i$ -го вида в расчете на 1 т исходного сырья, кг.

Подставив в это выражение значения показателей, например, для натурального рапсового масла (РМ), используемого в ряде стран в качестве моторного топлива, получим, что при урожайности рапсовых семян  $V = 1,5$  т/га и энергетическом использовании побочных продуктов (рапсовой соломы и жмыха)  $R_{pm} = 5,8$ . Без этого все энергозатраты относятся на рапсовое масло, и  $R_{pm} = 1,75$ , т.е. существенно меньше. При  $V = 3,5$  т/га значения  $R_{pm}$  возрастают соответственно до 6,0 и 2,05.

Для смесового биодизельного топлива (БТ) с отношением долей рапсового масла и дизтоплива

25%:75% и 75%:25%  $R_{до}$  равен соответственно 5,1 и 3,2 ( $Y = 1,5$  т/га) и 5,3 и 3,4 ( $Y = 3,5$  т/га) при условии использования побочных продуктов. В противном случае  $R_{до}$  составляет соответственно 3,1 и 2,1 ( $Y = 1,5$  т/га) и 3,3...2,2 ( $Y = 3,5$  т/га). Таким образом, за счет побочных продуктов энергоэффективность биодизеля возрастает, в среднем, в 1,6 раза.

### **Выводы**

В заключение следует отметить, что производство и использование биотоплива представляет собой системную задачу, связанную с анализом технико-экономических, экологических, энергетических и социальных аспектов применительно к соответствующим природно-производственным условиям, видам биомассы как сырья, конкретным технологиям ее переработки, реализации промежуточных, побочных и конечных продуктов. Как показывает практика, биотопливо одного типа можно получать по принципиально различным технологиям, при этом энергоемкость, в зависимости от вида исходного сырья и его состояния, отличается в несколько раз. Энергоэффективная технология должна обеспечить поэтапное превращение биомассы в топливо с заданными физико-химическими свойствами (в том числе теплоты сгорания) при минимальной энергоемкости.

На Западе благодаря развитию системы непрерывной информационной поддержки изделия (CALIS) эффективность производства важных в экономическом, экологическом и энергетическом отношении продуктов определяют в их полном жизненном цикле (ПЖЦ). В этом случае в расчет принимаются все стадии производства: от добычи и переработки источников первичной энергии (нефти, газа, угля) и другого первичного сырья в необходимые агроресурсы до утилизации продукта по окончании его использования [6].

Следовательно, оценку биотоплива по ПЖЦ можно рассматривать как одно из направлений классического энергетического анализа [7,8 и др.], который позволяет сравнить его по энергоэффективности с традиционными минеральными топливами по конечным удельным затратам первичной энергии, экономия которой в настоящее время является, вероятно, одной из первоочередных задач мировой энергетики.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Тарасенко, В. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь / В.Тарасенко, С.Позняк // Сейбіт, 2005. – № 2. – С.31-33.
2. Соуфер, С. Биомасса как источник энергии: пер. с англ. / С. Соуфер, О. Заборски. – М.: Мир, 1985. – 368 с.
3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития. Научное издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
4. Борушко, Н.П. Перспективы производства и использования древесных пеллет в РБ/ Н.П. Борушко, М.Л. Герман, В.А. Цедик // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2008. – №4.
5. Теория сжигания древесины // Лес и бизнес, 2005. – №6. –С. 9-10.
6. Звонов, В.А. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле/ В.А. Звонов, А.В. Козлов, В.Ф. Кутенев. – М.: НАМИ, 2001. – 248 с.
7. Pimentel, D. Food production and energy crisis / D. Pimentel// Science. – 1973. – Vol. 182. – P. 443.
8. Dekkers, W.A. Energy production and use in agriculture/ W.A. Dekkers // Netherlands Journal of Agricultural Science. –1974. – Vol. 22. – P. 2.

## **Методика расчета целевых показателей по энергосбережению в сопоставимых условиях для сельскохозяйственных и других организаций Минсельхозпрода**

**Предназначена** для осуществления единого методического подхода при расчете целевого показателя по энергосбережению для республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, областей и города Минска.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

И.Н. Шило, докт. техн. наук, профессор, А.В. Кузьмицкий, докт. техн. наук, доцент, А.В. Новиков, канд. техн. наук, доцент, Т.А. Непарко, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

### Аннотация

*В статье отражены основные аспекты энергосберегающего растениеводства. Дан анализ технических средств, применяемых в рамках минимальной и нулевой технологий возделывания сельскохозяйственных культур, отвечающих требованиям энергосбережения. Преимущества энергосберегающих технологий подтверждены расчетом экономической эффективности возделывания зерновых культур в Республике Беларусь.*

*The basic aspects of energy saving plant cultivation are cited in the article. The analysis of the techniques which are applied within the limits of the minimum and zero technology for agricultural crop cultivation is given. The technology meets the requirements for energy saving. The advantages of energy saving technologies are confirmed by the calculation of economic efficiency of grain crop cultivation in the Republic of Belarus.*

### Введение

Энергосбережение становится в настоящее время доминирующим критерием эффективности ведения сельскохозяйственного производства и рационального использования ресурсов, вовлеченных в него: почвенных, водных, энергетических, биологических, финансовых и трудовых.

В настоящее время в мире около 400 млн. га земли обрабатывается по системе энергосберегающего растениеводства, которое можно определить как долгосрочную стратегию менеджмента каждого сельскохозяйственного предприятия, основанную на применении инновационных технологий и адаптивно-ландшафтного, точного земледелия. Энергосберегающее растениеводство предполагает возможность повышения эффективности производства при одновременном снижении затрат и минимизации ущерба, наносимого окружающей среде. Технологии энергосберегающего растениеводства – это технологии, основанные на минимальной и нулевой обработке почвы в их системном понимании, дополняемые включением в процесс сельскохозяйственного производства передовых информационных технологий.

Получение оптимальных стабильных урожаев независимо от погодных условий, повышение рентабельности производства и увеличение конкурентоспособности отрасли – это главная цель системы.

### Основная часть

Высокая затратность существующих в республике технологий обработки почвы связана, прежде всего, с тем, что в настоящее время в сельскохозяйственных предприятиях основная обработка проводится,

главным образом, с помощью отвальной вспашки, а предпосевная – за счет многократного использования однооперационных почвообрабатывающих орудий.

В решении указанной проблемы важнейшими направлениями, внедряемыми в настоящее время в Беларуси, пока являются замена на половине пахотных земель в системе основной обработки почвы отвальной вспашки чизелеванием или дискованием, а также применение в системе предпосевной обработки комбинированных агрегатов, совмещающих за один проход несколько технологических операций. В то же время, по мнению зарубежных специалистов, в наибольшей степени требованиям ресурсосбережения и природоохранности отвечает нулевая и минимальная система обработки почвы, предусматривающая отказ от ряда технологических операций и широкое использование прямого посева.

Учитывая актуальность и значимость этих вопросов для сельскохозяйственных предприятий нашей республики, очень важно определить, насколько возможно эффективное использование энергосберегающей обработки почвы и каковы реальные объемы ее внедрения. Для этого представляется целесообразным проанализировать и оценить основные факторы, определяющие эффективность нулевой и минимальной обработки почвы, что позволит избежать при ее внедрении непредвиденных ошибок.

Выбор способа обработки почвы должен определяться, прежде всего, тем, насколько успешно с его помощью решаются основные задачи механического воздействия на почву. К ним относятся: создание благоприятных условий для роста и развития культурных растений, сохранение плодородия почвы, влаги, строения пахотного и подпахотного слоев, уничтоже-

ния сорняков, вредителей и возбудителей болезней возделываемых культур. Не все приемы обработки почвы способны в равной степени решать эти задачи в различных почвенно-климатических условиях. Поэтому при выборе способа почвообработки следует принимать во внимание не только экономические, но и другие факторы: уровень почвенного плодородия, рельеф, климатические условия региона, биологические особенности возделываемых культур и т.д.

Минимальная обработка почвы включает одну или ряд мелких обработок культиваторами и/или боронами. Солома и стерня находятся в виде мульчи в верхнем слое почвы (мульчирующий слой). По мелко обработанной почве в мульчирующий слой осуществляется мульчированный посев. Мульчирующий слой уменьшает испарение влаги, устраняет опасность водной и ветровой эрозии. При этом эксплуатационные затраты (прежде всего расходы на топливо) сокращаются, плодородие почвы повышается, её структура улучшается. Создаются благоприятные условия для развития почвенной фауны.

Нулевая обработка почвы (No-Till) предусматривает прямой посев, который производится по необработанному полю с отказом от всех видов механической обработки почвы. Растительные остатки (стерня и измельченная солома), которые сохраняются на поверхности поля, способствуют задержанию снега, замедлению эрозионных процессов, улучшению структуры почвы, защите озимых культур от низких температур, накоплению питательных веществ. Значительно увеличивается популяция дождевых червей и почвенных микроорганизмов. Существенно снижаются производственные затраты, в том числе на топливо, сохраняется окружающая среда. В частности, сокращение непродуктивных потерь воды может привести к тому, что на супесчаных почвах растениям в год будет доступно на 80–90 мм влаги больше.

Внедрение минимальной и нулевой обработок почвы в технологии возделывания полевых культур способствует сокращению технологических операций (табл. 1).

Теоретические и практические основы применения тех-

нологий энергосберегающего растениеводства в настоящее время активно разрабатываются. Большие потенциальные возможности энергосберегающих технологий заключаются в улучшении почвенных условий для развития сельскохозяйственных культур и снижении риска развития эрозии, а также в экономии рабочей силы, топлива и обеспечении высокой оперативности полевых работ в условиях ограниченного времени.

Применение энергосберегающего растениеводства целесообразно вести в комплексе с технологиями точного земледелия. При этом переход на энергосберегающие технологии необходимо осуществлять последовательно и планомерно в переходный период (3-4 года), в течение которого постепенно проявляются преимущества энергосберегающего растениеводства, происходят положительные изменения биологических, агрохимических, агрофизических и других свойств почвы, начинает повышаться продуктивность культур.

Установлено, что минимальная обработка и прямой посев в сочетании с рациональным применением систем удобрений и пестицидов, использованием правильных севооборотов могут применяться в различных агроклиматических зонах. Практически все виды почв различного механического состава пригодны для освоения минимальных и нулевых систем обработки. Даже на малогумусных и плохо дренированных глинистых почвах при внедрении сберегающих технологий в течение 3-4 лет после отказа от плуга происходит постепенное улучшение физических и биологических свойств почвы.

Экономическая эффективность и устойчивость растениеводства неразрывно связана с техническим и технологическим уровнем производства, а также с уровнем производственного и финансового менеджмента.

Высокопроизводительное агропроизводство выполняет роль стратегического фактора для достижения конкурентоспособности предприятия в рыночных условиях. Именно современные технологии с применением высокопроизводительной техники определяют уровень продуктивности в растениеводстве, «отдачу»

**Таблица 1. Перечень технологических операций, выполняемых в технологиях с отвальной, минимальной и нулевой обработками почвы**

Перечень основных операций		
по традиционной технологии	по технологии, основанной на минимальной обработке почвы	по технологии, основанной на нулевой обработке почвы
1. Лушение стерни 2. Внесение минеральных удобрений 3. Вспашка 4. Боронование 5. Культивация 6. Посев 7. Обработка гербицидами 8. Обработка фунгицидами 9. Обработка инсектицидами 10. Уборка	1. Внесение минеральных удобрений 2. Культивация 3. Посев 4. Обработка гербицидами 5. Обработка фунгицидами 6. Обработка инсектицидами 7. Уборка	1. Посев с внесением минеральных удобрений 2. Обработка гербицидами 3. Обработка фунгицидами 4. Обработка инсектицидами 5. Уборка

от технических, материальных, энергетических, кадровых, финансовых и других ресурсов, обеспечивают требуемое качество продукции, гарантируют более высокий рост доходов, профессиональный рост обслуживающего персонала, охрану окружающей среды и в конечном итоге позволяют получить прибыль.

Преимущества энергосберегающих технологий подтверждаются расчетом экономической эффективности, путем сравнения показателей производства озимых (рожь и тритикале) и яровых (ячмень и пшеница) по традиционной, минимальной и нулевой технологиям [1].

Экономическая эффективность энергосберегающих технологий рассчитывается на основе технологических карт, отражающих агрономическую и техническую сущность применяемых технологий. Технологическая карта представляет собой модель сравниваемых технологий и содержит: определенный набор технологических операций; перечень сельскохозяйственных агрегатов и другой техники, заданный рекомендуемыми классами тракторов, пропускной способностью комбайнов, грузоподъемностью транспортных средств, шириной захвата сельскохозяйственных машин, технической производительностью погрузочных средств; производительность агрегатов по видам операций; режим работы техники и обслуживающего персонала; нормы расхода дизельного топлива и всех расходных материалов (семян, удобрений, средств защиты растений).

Обеспечить энергосбережение можно путем снижения затрат на обработку почвы как наиболее трудоемкого процесса. Результат может быть достигнут путем объединения технологических операций и сокращения их количества при эксплуатации почвообрабатывающих машин нового поколения. Выпуск высокопроизводительной универсальной техники, позволяющей вести внедрение энергосберегающих технологий, организован на предприятиях Республики Беларусь.

Для реализации системы безотвальной минимальной обработки почвы и посева в республике создана и освоена в производстве необходимая техника. В РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» освоено производство специального агрегата для минимальной обработки почвы АКМ-4 к тракторам класса 2, 3 и ведется освоение аналогичного агрегата к тракторам класса 5 АКМ-6. Агрегат может выполнять следующие технологические операции:

- лущение жнивья на глубину 5-8 см;
- основную безотвальную обработку почвы на глубину 10–16 см с одновременным мульчированием верхнего слоя;
- предпосевную обработку почвы на глубину 5-8 см;
- полупаровую осеннюю обработку зяби;
- осеннюю обработку полей после уборки свеклы, кукурузы, картофеля;

– ранневесеннюю обработку зяби (закрытие влаги и заделку минеральных и органических удобрений).

На окультуренных полях с наличием небольшого количества соломы и других пожнивных остатков в безотвальных минимальных системах обработки почвы можно использовать также чизельно-дисковые культиваторы КЧД-6 и КПП-4, выпускаемые КПУП «Лунинецкий ремонтно-механический завод» и ОАО «Дзержинский завод «Агромаш».

Для выполнения прямого посева разработана и освоена в производстве ОАО «Брестский электромеханический завод» сеялка зерно-туко-травяная СПП-3,6 к тракторам класса 2. Она включает вырезные диски, двухдисковые сошники и прикатывающие катки. Бункер имеет три емкости для семян зерновых, трав и удобрений. Благодаря такому набору рабочих органов, посев обеспечивается за один проход агрегата по полю. Сеялка используется на посевах поукосных, пожнивных промежуточных, озимых зерновых и на подсевах трав в дернину.

Традиционная технология возделывания сельскохозяйственных культур с многочисленными операциями по подготовке почвы к посеву и борьбы с сорной растительностью требует множества специализированных орудий и тракторов для их агрегатирования. Сокращение технологических операций и использование высокопроизводительной техники приводит к значительному сокращению проходов техники по полю. Так, для выполнения всех работ технологического цикла, начиная от предпосевной подготовки почвы до уборки урожая, в сравнении с традиционной технологией, требуется сделать количество проходов техники по полю по нулевой технологии в 2 раза меньше или на 9-12 проходов, что ведет к уменьшению давления на почву, предотвращению ее деформации и уплотнения подпочвенных горизонтов.

Кроме того, техника, применяемая в рамках минимальной и нулевой технологии возделывания сельскохозяйственных культур, отвечает требованиям энергоресурсосбережения, сокращает потребность в тракторах, горючих и смазочных материалах, позволяет на 7-10 дней раньше обычных агротехнических сроков проводить посевные работы, а сельскохозяйственным предприятиям в 2 раза снизить нагрузку на использование техники.

Одновременно с сокращением нагрузки на технику снижается трудоемкость выполнения сельскохозяйственных работ (табл. 2).

При этом снижение затрат труда при возделывании озимой ржи по минимальной технологии относительно традиционной технологии составляет – 6,6%, по нулевой технологии обработки почвы относительно традиционной – 7,8%; при возделывании озимого тритикале соответственно – 7,3 и 8,5%; ячменя – соответственно 9,1 и 9,5%; яровой пшеницы – соответственно 9,4 и 9,8%. Таким образом, решается проблема дефицита механизаторских кадров, а приведенные

**Таблица 2. Сравнение трудоемкости выполнения сельскохозяйственных работ в зависимости от применяемой технологии**

Показатели	Технология		
	традиционная	минимальная	нулевая
<b>Озимая рожь</b>			
Прямые затраты труда, ч: на 1 га	11,50	10,73	10,59
на 1 т основной продукции	2,88	2,68	2,65
<b>Озимое тритикале</b>			
Прямые затраты труда, ч: на 1 га	12,44	11,65	11,51
на 1 т основной продукции	2,76	2,59	2,56
<b>Ячмень</b>			
Прямые затраты труда, ч: на 1 га	11,50	10,50	10,46
на 1 т основной продукции	2,88	2,62	2,61
<b>Яровая пшеница</b>			
Прямые затраты труда, ч: на 1 га	12,44	11,43	11,39
на 1 т основной продукции	2,76	2,54	2,53

данные подтверждают значительные преимущества энергосберегающих технологий и техники как наиболее высокопроизводительных и менее трудоемких.

При традиционной технологии удобрения (хлористый калий и суперфосфат) вносятся один раз после уборки предшественника под вспашку, твердые азотные – под предпосевную культивацию и в течение периода вегетации проводятся подкормки жидкими азотными удобрениями.

При минимальной обработке основное внесение удобрений (хлористый калий и суперфосфат) – после уборки предшественника, подкормку производят жидкими азотными удобрениями (КАС).

При нулевой технологии внесение удобрений (аммофос) производится одновременно с посевом, подкормка – жидкими азотными удобрениями (КАС) или карбамидом.

При возделывании озимых ржи и тритикале обязательным является протравливание семян способом инкрустации с применением фунгицида Максим – 2 л/т; при возделывании ячменя – Раксил – 1,5 л/т, яровой пшеницы – Байтан – 2,0 л/т.

Предусматривается обязательная химическая защита культурных растений против сорняков, болезней и вредителей. Озимая рожь: гербицид диален-супер – 0,7 л/га, фунгицид тилт – 0,5 л/га, инсектицид фастак – 0,1 л/га; озимое тритикале: гербицид диален-супер – 0,7 л/га, фунгицид рекс Дуо – 0,6 л/га, инсектицид фастак – 0,1 л/га; ячмень: гербицид дезормон – 1,0 л/га, фунгицид импакт – 0,5 л/га, инсектицид фастак – 0,1 л/га; яровая пшеница: гербицид дезормон – 1,0 л/га, фунгицид рекс Дуо – 0,6 л/га, инсектицид шарпей – 0,15 л/га.

На фоне применения высокоэффективных пестицидов и использования соответствующих доз удобрений урожайность зерна озимой ржи и ячменя нахо-

дится на уровне 4 т/га, озимого тритикале и яровой пшеницы – 4,5 т/га.

При нулевой обработке почвы для уничтожения сорняков применяется гербицид глисол – 2 л/га, который увеличивает стоимость средств защиты растений по сравнению с применяемыми при традиционной обработке. Однако принятая в расчет норма расхода гербицида глисол характерна для периода освоения энергосберегающих технологий возделывания зерновых культур, когда следует уделять особое внимание очищению полей от многолетних сорняков. При использовании рекомендуемых севооборотов для борьбы с сорняками в течение следующих 3-4 лет необходимое количество гербицида глисол сокращается, а через 5 лет потенциальная засоренность полей сводится к минимуму и их фитосанитарное состояние позволяет вообще отказаться от его использования. Таким образом, снижение количества и применение более дешевых средств защиты растений при энергосберегающих технологиях не будет являться столь значительным удорожающим фактором.

При сравнении отдельных статей затрат по исследуемым технологиям можно сказать, что при возделывании озимой ржи топлива требуется при традиционной технологии – 94,97 кг/га, при минимальной технологии – 77,15 кг/га, при нулевой технологии – 66,65 кг/га. Таким образом, наблюдается снижение энергозатрат по сравнению с традиционной технологией на 18,8% при минимальной и на 29,8% при нулевой обработке почвы.

При возделывании озимого тритикале по трем исследуемым технологиям потребность в топливе соответственно составляет 99,80, 81,94 и 71,42 кг/га, снижение энергозатрат по сравнению с традиционной технологией – 17,9 и 28,4% соответственно.



При возделывании ячменя по трем исследуемым технологиям потребность в топливе соответственно составляет 96,87, 75,46 и 65,83 кг/га, снижение энергозатрат по сравнению с традиционной технологией 22,1 и 32,0% соответственно.

При возделывании яровой пшеницы по трем исследуемым технологиям потребность в топливе соответственно составляет 102,29, 80,29 и 70,63 кг/га, снижение энергозатрат по сравнению с традиционной технологией 21,5 и 31,0% соответственно.

При сравнении затрат по технологической цепочке возделывания рассматриваемых сельскохозяйственных культур видно, что экономия достигается за счет сокращения операций по основной и поверхностной обработке почвы. Сводные показатели по всему технологическому циклу: обработка почвы, уход за растениями (с учетом стоимости применяемых расходных материалов), уборка урожая также доказывают эффективность энергосберегающих технологий (табл. 3).

Таким образом, приведенные расчеты свидетельствуют о превышении уровня эффективности применения минимальной технологии перед традиционной и нулевой по сравнению с традиционной и минимальной технологиями.

Поскольку посевная площадь озимых ржи и тритикале в Беларуси в последние годы находится на уровне 0,9-1,0 млн. га, а удельный вес по данным Госкомзема, благоприятных для земледелия пахотных земель составляет 64,2%, то можно предположить, что прямой посев этих культур при соответствующем материально-техническом обеспечении будет возможен на площади около 580-640 тыс. га [2, 3].

Прямой посев в необработанную почву с помощью почвообрабатывающе-посевных агрегатов яровых зерновых культур, размещаемых в севообороте после пропашных культур (картофель, свекла) с учетом площади их возделывания и степени пригодности пашни, можно осуществлять на 120 тыс. га. Очень вероятно, что прямой посев в необработанную почву возможен также при повторном возделывании кукурузы на постоянных участках (110 тыс. га), где обычно применяются высокоэффективные гербициды [2, 3].

Суммарный объем посевных площадей для посева в необработанную почву может составить в республике 800-860 тыс. га, т.е. 18-19% пашни. Кроме того, энергосберегающие технологии пригодны и для возделывания кукурузы после уборки озимой ржи на зеленый корм, а также большинства других промежуточных культур, суммарная площадь возделывания которых составит в республике 350 тыс. га. Однако указанные предположения требуют уточнения путем постановки соответствующих полевых опытов.

Актуальность и значимость энергосбережения для отечественного земледелия настоятельно требуют широкомасштабного внедрения энергосберегающей и природоохранной системы обработки почвы. Сдерживающими факторами при этом являются низкая техническая оснащенность и сложное экономическое состояние большинства сельскохозяйственных предприятий республики. Для решения этой проблемы, наряду с техническим переоснащением предприятий, требуются соответствующие научные исследования, основной задачей которых должно стать определение в конкретных почвенно-климатических условиях минимально допустимого в севообороте объема отвальной вспашки и максимально возможного объема применения посева в необработанную почву с помощью почвообрабатывающе-посевных агрега-

**Таблица 3. Эффективность производства сельскохозяйственных культур  
(в ценах 2008 г.)**

Показатели	Технология		
	традиционная	минимальная	нулевая
<b>Озимая рожь</b>			
Себестоимость продукции, у.е./т	100,31	98,91	77,99
Прибыль, у.е./га	10,76	16,38	100,04
Уровень рентабельности производства продукции, %	2,69	4,14	32,07
<b>Озимое тритикале</b>			
Себестоимость продукции, у.е./т	101,73	95,29	71,96
Прибыль, у.е./га	46,23	75,17	180,18
Уровень рентабельности производства продукции, %	10,10	17,53	55,64
<b>Ячмень</b>			
Себестоимость продукции, у.е./т	112,90	103,33	78,53
Прибыль, у.е./га	32,40	70,69	169,89
Уровень рентабельности производства продукции, %	7,18	17,10	54,08
<b>Яровая пшеница</b>			
Себестоимость продукции, у.е./т	111,15	102,07	75,23
Прибыль, у.е./га	152,32	193,19	313,97
Уровень рентабельности производства продукции, %	30,45	42,06	92,74

тов, имея в виду то, что оставшаяся площадь будет обрабатываться с помощью консервирующей (мульчирующей) безотвальной и мелкой обработки. Определенное место в этих исследованиях должна найти и нулевая обработка почвы. Не менее значимой задачей таких исследований должно стать уточнение для каждой почвенной разности и применяемой системы обработки почвы уровня использования азотных удобрений и гербицидов, который позволит не допустить снижения продуктивности пашни. Такая информация даст возможность избежать ошибок и негативных последствий минимализации обработки почвы, обеспечив при этом существенную экономию производственных затрат. Снижая затраты на производство сельскохозяйственных культур и стабилизируя урожайность, применение энергосберегающих технологий является альтернативой для выживания сельскохозяйственных товаропроизводителей в рыночных условиях и способствует сохранению устойчивого финансового положения.

#### **Выводы**

Применение системы энергосберегающего растениеводства позволяет осуществлять анализ и грамотный менеджмент деятельности предприятия, что дает возможность экономить материальные, трудовые, финансовые ресурсы и повышает рентабель-

ность. В целом внедрение системы энергосберегающего растениеводства дает очевидные преимущества: повышает эффективность работы всего предприятия, его конкурентоспособность, делает аграрное производство более эффективным.

Системный и планомерный переход от традиционных технологий к энергосберегающим поможет избежать неудач и обеспечит эффективное инновационное развитие сельскохозяйственного предприятия.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Энергосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Республике Беларусь: учеб. пособие. / И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2008. – 160 с.
2. Булавин, Л.А. Минимализация обработки почвы: возможности и перспективы / Л.А. Булавин, С.С. Небышинец // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 26–31.
3. Булавин, Л.А. Минимализация обработки почвы: возможности и перспективы / Л.А. Булавин, С.С. Небышинец // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 6. – С. 34–38.

УДК 519.862.6:631.55

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 4.11.2009

## **ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ НОВЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ МИНСКОГО РЕГИОНА**

**С.А. Шелест, аспирант (БГАТУ)**

#### **Аннотация**

*Приводятся данные работы АПК. Демонстрируется значение снижения прямых затрат производства продукции. С помощью методики, разработанной на кафедре моделирования и прогнозирования экономики АПК БГАТУ профессором Ленковым И.И., сопоставляется эффективность функционирования корпоративных формирований и традиционных форм хозяйствования. Показывается целесообразность и перспективность организации новых формирований в Минском регионе.*

*The work result of the agrarian and industrial complex is cited. The meaning of decreasing the direct production costs is shown. The efficiency of the functioning of corporate formations and traditional forms of management is compared by means of a technique developed by professor I.I. Lenkov. The expediency and perspectivity of the establishment of new formations in Minsk region are shown.*

#### **Введение**

Новый этап развития экономики связан с преобразованием системы взаимоотношений коллективов, отдельных их членов, государства и общества. Переход к рыночной системе хозяйствования предполагает фор-

мирование новых типов хозяйственных образований и реформирование ныне существующих [1, с. 3].

По данным Всемирной организации здравоохранения, здоровье жителей планеты определяется: 50% – образом жизни, 20% – состоянием экологии, 20% – генным фактором и 10% – уровнем здравоохранения,

т. е. образом жизни (питание человека) и экологией, которые неразрывно связаны с сельским хозяйством и существенно влияют на здоровье человека [2, с.5].

Кроме того, благоприятно сказывается на состоянии сельскохозяйственной отрасли изменение климата, так как рост среднегодовой температуры воздуха на 1 градус приводит к увеличению вегетационного периода и суммы температур примерно на 200 градусов, что равносильно сдвигу по территории агроклиматических областей в широтном направлении примерно на 150-200 км.

Белгидрометцентр Беларуси считает, что к 2010-2020 годам температура воздуха в июле может вырасти на 0,5-0,7 градуса, а средняя температура января может повыситься на 1,3-1,5 градуса по сравнению с современным уровнем. Все это будет сопровождаться увеличением продолжительности безморозного периода и вегетационного периода на 5-8 суток за 10-летие и благоприятно скажется на сельском хозяйстве [3].

По индексу человеческого потенциала Беларусь занимает 64-е место, обойдя все страны СНГ. К 2010 г. продолжительность жизни планируется увеличить до 70 лет, что без улучшения количества и качества питания невозможно.

Необходимо отметить, что за 2006-2008 гг., по информации Всемирного банка, цены на продукты питания возросли на 80%, такого роста не наблюдалось нигде в других сферах экономики. Причём, цены на продукты питания будут расти и в ближайшие 10-15 лет. Все страны мира рассматривают обеспечение продовольственной безопасности как приоритетное направление наравне с военной безопасностью.

Всё это подтверждает важность сохранения и развития АПК страны, который помимо 10% ВВП обеспечивает сырьём более 30% промышленности Беларуси. В связи с этим принята Концепция национальной продовольственной безопасности на период до 2010 г. и Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы.

Согласно 7-уровневой классификации продовольственной безопасности ООН, Республика Беларусь находится на уровне выше среднего, причём импорт сельхозпродукции составляет 18-19% при норме 25% [2, с. 5-6].

Помимо этого, занимая 0,15% мировой территории земли и имея 0,17% населения, Беларусь производит 6,24% льноволокна, 2,8% – картофеля, 0,9% – молока, 0,8 % – сахарной свеклы, 0,3 % – мяса в убойном весе и 0,25% – зерна [4].

Министерство сельского хозяйства и продовольствия и Национальная Академия наук Беларуси разрабатывают концепцию программы развития агропромышленного комплекса республики на 2011-2015 гг., которая предполагает увеличение производства зерна до 12 млн. т, молока – до 8 млн. т в год.

В программу планируется заложить нормативы показателей продуктивности на среднеевропейском уров-

не. В частности, урожайность зерновых должна составить 50 ц/га, годовой надой молока от коровы – 7 тыс. кг.

Среднемесячная зарплата работников сельскохозяйственной отрасли страны к 2015 году должна составить 550-600 долларов США.

Уровень рентабельности АПК должен быть доведен до 30-40%, что будет гарантировать самофинансирование отрасли [5].

Достижению данных параметров развития должны способствовать организация корпоративных формирований, которые позволят внедрить принципы делового партнерства между субъектами хозяйствования АПК, направленные на повышение эффективности работы всех звеньев интегрированной цепи, существенно сократить межведомственные затраты, снизить уровень налогообложения на этапах продвижения продукции в единой производственной цепи, сократить удельную затратность и повысить рентабельность отрасли.

Важность организации и функционирования корпоративных формирований наиболее возрастает в реформируемый период. Но для наивысшей эффективности необходимо выполнение условия принадлежности предприятий-участников данных формирований к одной форме собственности. Наиболее чувствительны к инновациям и инвестициям различные виды хозяйственных обществ, а функционирующие ныне СПК являются лишь промежуточным звеном перехода к новым формам хозяйствования, в наибольшей степени отвечающим запросам рынка, которыми являются акционерные общества (АО) и унитарные предприятия (УП).

В условиях нестабильности экономики роль и значение снижения затрат производства продукции на предприятии резко возрастают. С позиции экономических и социальных требований значение снижения затрат производства продукции состоит в следующем:

- в увеличении прибыли, как главного фактора расширенного воспроизводства;
- в появлении возможности для материального стимулирования работников и решения социальных проблем коллектива;
- в улучшении финансового состояния и снижения степени риска банкротства;
- в возможности снижения продажной цены на свою продукцию, что позволяет в значительной мере повысить конкурентоспособность продукции и увеличить объем продаж [6, с. 45].

Объектом исследования в данной публикации являются сельскохозяйственные организации новых форм хозяйствования Минского региона. Предмет исследования – производство зерна в сельскохозяйственных организациях новых форм хозяйствования Минской области. Цель исследования – анализ эффективности производства зерна в сельскохозяйственных организациях новых форм хозяйствования Минского региона.

Задачи исследования:

- анализ состояния с.-х. производства Беларуси на фоне общемировых тенденций;
- определение значения организации корпоративных формирований;
- изучение важности снижения производственных затрат;
- выбор результативного показателя и наиболее существенных факторов, влияющих на него;
- построение корреляционных моделей (КМ) формирования прямых затрат производства зерна;
- определение влияния уровня эффективности ресурсного потенциала на формирование прямых производственных затрат производства зерна;
- выявление степени и характера воздействия основных факторов на результативный показатель в отдельности для традиционных и новых форм хозяйствования.

**Основная часть**

Внедрение эффективного механизма хозяйствования требует постоянного контроля за всеми составляющими затрат производства, детального анализа по статьям и элементам.

Для выяснения тенденций развития растениеводческих отраслей, устойчивых закономерностей развития и обоснования целесообразных направлений совершенствования размещения растениеводства важно количественно оценить роль важнейших факторов в формировании результативных показателей. Определяющим среди важнейших показателей являются прямые затраты производства с.-х. продукции, прямо включаемые в себестоимость, аккумулирующие состояние технологии и организации производства. Было учтено влияние стоимости удобрений и средств

защиты растений, стоимости ГСМ на технологические цели, прямых затрат труда на продукцию, оплаты труда и урожайности зерновых.

При изучении формирования прямых затрат производства зерна была использована методика профессора Ленкова И.И., при этом учитывались следующие важнейшие факторы:

$X_1$  – стоимость удобрений и средств защиты растений, тыс. у. д. е./га;

$X_2$  – стоимость ГСМ на технологические цели, тыс. у. д. е./га;

$X_3$  – прямые затраты труда на продукцию – всего тыс. чел. – час./га;

$X_4$  – оплата труда, тыс. у. д. е./га;

$X_5$  – урожайность зерновых, ц/га.

Кроме этого, ставилась цель изучить особенности проявления качественного признака – принадлежности к новым формам хозяйствования –  $X_6$ . Этот признак учтен с помощью единичного вектора для новых форм хозяйствования.

Корреляционные модели формирования прямых затрат производства зерна для хозяйств Минской области рассчитывались за 2006, 2007 и 2008 гг.

Из табл. 1 следует, что наиболее устойчивое влияние на изменение прямых производственных затрат характерно для показателей – стоимость удобрений и средств защиты растений, прямые затраты труда и урожайность. Наибольшее влияние на результативный показатель оказывает фактор – урожайность зерновых (-1,08 в 2006 г., -0,96 в 2007 г., -0,81 в 2008 г.), а наименьшее – стоимость ГСМ на технологические цели (-0,22 в 2006 г.) Характерно, что принадлежность предприятий к новым формам хозяйствования оказывает убывающий отрицательный эффект на состояние результативного показателя в

**Таблица 1. Параметры и характеристики КМ формирования прямых затрат производства зерна**

Годы	Прямые затраты производства зерна, тыс. у.д.е./га	Стоимость удобрений и средств защиты растений, тыс. у.д.е./га	Стоимость ГСМ на технологические цели, тыс. у.д.е./га	Прямые затраты труда на продукцию всего тыс. чел.-час./га	Оплата труда, тыс. у.д.е./га	Урожайность зерновых, ц/га	Принадлежность к новым формам хозяйствования, %	Коэффициент множественной корреляции	Критерий Фишера	Коэффициент детерминации
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$R$	$F$	$D$
2006	160,63	599,93	506,73		811,76	-4,67	-18,42	0,76	21,46	58,22
2007	126,03	251,54	675,74	770,88		-2,22	-3,24	0,71	11,58	50,84
2008	154,99	147,54	80,31	711,12	231,57	-1,95	1,45	0,71	9,30	50,83
Значения $\beta$ – коэффициентов:										
2006		0,49	0,22		0,33	-1,08	-0,27			
2007		0,47	0,53	0,31		-0,96	-0,07			
2008		0,31	0,08	0,29	0,17	-0,81	0,03			

**Таблица 2. Влияние уровня эффективности ресурсного потенциала на формирование прямых затрат производства зерна (2006-2008 гг.)**

Показатели	2006 г.			2007 г.			2008 г.		
	<1	>1	в сред- нем по сов-ти	<1	>1	в сред- нем по сов-ти	<1	>1	в сред- нем по сов-ти
Прямые затраты производ- ства зерна, тыс. у.д.е./га	0,34	0,26	<b>0,30</b>	0,40	0,33	<b>0,37</b>	0,48	0,39	<b>0,43</b>
Стоимость удобрений и средств защиты растений, тыс. у.д.е./га	0,07	0,07	<b>0,07</b>	0,09	0,10	<b>0,095</b>	0,13	0,13	<b>0,13</b>
Стоимость ГСМ на техноло- гические цели, тыс. у.д.е./га	0,03	0,03	<b>0,03</b>	0,04	0,04	<b>0,04</b>	0,06	0,05	<b>0,055</b>
Прямые затраты труда на продукцию-всего тыс. чел.- час. /га	0,022	0,022	<b>0,022</b>	0,021	0,019	<b>0,020</b>	0,020	0,020	<b>0,020</b>
Оплата труда, тыс. у.д.е./га	0,03	0,03	<b>0,03</b>	0,03	0,03	<b>0,03</b>	0,04	0,04	<b>0,04</b>
Урожайность зерновых, ц/га	23,07	23,47	<b>23,29</b>	28,17	28,33	<b>28,26</b>	30,52	29,15	<b>29,78</b>
Принадлежность к новым формам хозяйствования, %	39	29	<b>34</b>	43	29	<b>35</b>	43	33	<b>38</b>

2006-2007 гг. с -0,27 до -0,07, а в 2008 г. -0,03.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что предприятия, принадлежащие к лучшей группе, отличаются более высокой организацией производства, так как несмотря на меньшую урожайность, более экономно используются удобрения и средства защиты, ГСМ, меньше затрачивается труда на 2,4%, 4,8% и 5% соответственно, что в итоге уменьшает прямые затраты на 23,3%.

Необходимо отметить увеличение присутствия новых форм хозяйствования с 2006 г. по 2008 г. с 34% до 38%, причём в 2008 г. по сравнению с 2007 г. их присутствие в лучшей группе возросло на 3 п.п.

Любопытные тенденции влияния принадлежности предприятия к новым формам хозяйствования на прямые затраты производства продукции зернового подкомплекса вызывают необходимость выявления степени и характера воздействия основных факторов на этот показатель в отдельности для традиционных форм функционирования предприятий – сельскохозяйственных производственных кооперативов (СПК) и для новых – акционерных обществ (АО) и унитарных предприятий (УП). Изучалось влияние тех же факторов за 2008 г.

Исследования выполнялись по одноэтапной схеме регрессионного анализа. Для первой группы хозяйств получены следующие результаты:

$$Y_x = 118,42X_1 + 1133,67X_3 + 100,79X_4 - 2,26X_5 + 169,56.$$

$$R = 0,74; D = 55,33%; F = 10,22,$$

где  $Y_x$  – прямые затраты производства зерна, тыс. у. д. е./га;  $R$  – коэффициент множественной корреляции;  $D$  – коэффициент детерминации;  $F$  – коэффициент Фишера.

Для новых форм функционирования получена модель следующего вида:

$$Y_x = 250,93X_1 + 260,49X_2 + 356,7X_4 - 2,47X_5 + 160,67.$$

$$R = 0,74; D = 54,67%; F = 7,84.$$

Коэффициенты множественной корреляции  $R = 0,74$  свидетельствуют о наличии существенной связи между выбранными факторами и результирующим показателем. Критерий Фишера равен 10,22 и 7,84. Коэффициенты детерминации показывают, что вариация прямых затрат производства зерна на 55,33%:54,67% обусловлена изменением включённых в модель факторов. Полученные характеристики показывают, что модели могут быть использованы для целей анализа.

Значения коэффициентов множественной корреляции, критерия Фишера свидетельствуют об устойчивости корреляционной модели.

Увеличение урожайности в обоих видах сельскохозяйственных организаций уменьшает прямые затраты производства зерна.

Увеличение стоимости удобрений и средств защиты растений на одну тыс. у. д. е. с 1 га увеличит прямые затраты производства зерна в АО, УП на 251 тыс. у. д. е., а в СПК – на 118 тыс. у. д. е.

Для сопоставимости факторных показателей были рассчитаны  $\beta$  – коэффициенты (табл. 3).

Из табл. 3 следует, что самое большое влияние на формирование прямых затрат производства оказывают два фактора. В АО и УП – это стоимость удобрений и средств защиты и урожайность, а в СПК – та же урожайность и прямые затраты труда.

**Таблица 3.  $\beta$ -коэффициенты КМ формирования прямых затрат производства зерна**

Параметры и характеристики КМ	АО, УП	СПК
Стоимость удобрений и средств защиты растений, тыс. у. д. е./га	0,43	0,24
Стоимость ГСМ на технологические цели, тыс. у. д. е./га	0,19	
Прямые затраты труда на продукцию – всего, тыс. чел.-час./га		0,53
Оплата труда, тыс. у. д. е./га	0,20	0,11
Урожайность зерновых, ц/га	-1,06	-0,65

**Таблица 4. Влияние уровня эффективности ресурсного потенциала на формирование прямых затрат производства зерна (2008 г.)**

Показатели	Виды предприятий			в среднем по сов-ти
		<1	>1	
Прямые затраты производства зерна, тыс. у.д.е./га	АО	0,50	0,44	<b>0,47</b>
	СПК	0,46	0,39	<b>0,42</b>
Стоимость удобрений и средств защиты растений, тыс. у.д.е./га	АО	0,14	0,14	<b>0,14</b>
	СПК	0,13	0,13	<b>0,13</b>
Стоимость ГСМ на технологические цели, тыс. у.д.е./га	АО	0,06	0,06	<b>0,06</b>
	СПК	0,06	0,06	<b>0,06</b>
Прямые затраты труда на продукцию – всего, тыс. чел.-час./га	АО	0,02	0,02	<b>0,02</b>
	СПК	0,02	0,02	<b>0,02</b>
Оплата труда, тыс. у.д.е./га	АО	0,052	0,048	<b>0,05</b>
	СПК	0,04	0,05	<b>0,04</b>
Урожайность зерновых, ц/га	АО	31,5	32,4	<b>32,0</b>
	СПК	29,0	27,8	<b>28,4</b>

Для более углубленного анализа было сопоставлено расчётное значение по данным корреляционных моделей и фактические прямые затраты производства зерна и вся совокупность выборки расчленена на две группы эффективности использования ресурсов (табл. 4).

Сравнение АО, УП с СПК позволяет сделать следующие выводы: первые формы хозяйствования характеризуются лучшим соблюдением агротехнологий, что требует большего внесения удобрений и применения средств защиты (на 8,1%), а также более высоким уровнем материального стимулирования работников (на 5,7%), что позволяет получить большую отдачу от земли (на 12,95%) при одинаковых прямых затратах.

#### Заключение

Приведенные данные свидетельствуют, что организации новых форм хозяйствования отличаются более существенными преимуществами по развитию зерновой подотрасли в сравнении с традиционными формами и могут явиться наиболее конкурентоспособными в условиях ужесточающейся конкуренции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леньков, И.И. Экономико-математическое моделирование экономических систем и процессов в сельском хозяйстве/ И.И. Леньков. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 304 с.

2. Гусаков, В. Состояние и направление укрепления продовольственной безопасности Беларуси / В. Гусаков // Вес. Нац. акад. наук Беларуси: сер. агр. наук. – 2009. – № 2. – С. 5 – 10.

3. Изменение климата в Беларуси приведет к новым условиям землепользования. [Электронный ресурс]. – 20.12.2008. – Режим доступа: <http://www.infobaza.by>. – Дата доступа: 16.09.2009.

4. Продовольственная безопасность и социально-экономическое развитие регионов страны [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://grodno.belta.by/ru/dfge/ispolnitel>. – Дата доступа: 15.09.2009.

5. Беларусь в 2015 году планирует увеличить производство зерна до 12 млн т [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.agrobel.by>. – Дата доступа: 14.09.2009.

6. Серебренников, Г. Снижение себестоимости продукции./ Г. Серебренников, С. Иванов // РИСК. – 2001. – № 8. – С. 45.

7. Модельные программы реструктуризации и реформирования экономики: материалы IV Международ. научн. конф., г. Минск, 21-23 июня 2007 г. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусский государственный аграрный технический университет, Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований; под ред. И.И. Ленькова. – Минск, 2007. – 328 с.

## ОБНОВЛЕНИЕ ПАРКА ОБКАТОЧНО-ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

П.П. Казакевич, докт. техн. наук, профессор, член-корр. НАН Беларуси, В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

### Аннотация

*Рассмотрены проблема замены физически изношенных и морально устаревших обкаточно-тормозных устройств на ремонтных предприятиях, перспективы разработки, создания и производства таких современных отечественных устройств и оснащения ими предприятий технического сервиса АПК.*

*The problem of replacement physically worn out and obsolescent brake-in mechanisms at repair shops, the prospects of working out, creation and manufacturing such up-to-date domestic devices and equipment for the agrarian and industrial complex are observed.*

### Введение

Заключительными операциями ремонта двигателей и механизмов трансмиссии является обкатка, в процессе которой происходит приработка трущихся поверхностей деталей, а также испытание двигателей с целью определения их основных технико-экономических показателей – мощности и расхода топлива. Используемые в настоящее время для этих целей обкаточно-тормозные стенды не только исчерпали свой ресурс, но и устарели морально, так как ремонтные предприятия республики были оснащены ими более 20 лет назад. Повышение единичной мощности тракторов и самоходных комбайнов привело к уменьшению численности их парка и потребности в ремонте агрегатов. Однако возникла потребность в ремонте и испытаниях двигателей мощностью свыше 500 кВт, которыми оснащены современные комбайны, работающие на полях Республики Беларусь. Ремонтное производство к этому не готово, и, прежде всего, из-за отсутствия обкаточно-тормозных устройств большой мощности.

Областью применения тормозных устройств, кроме ремонтного производства, являются предпри-

ятия технического сервиса, занимающиеся обеспечением технической готовности машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций и их ремонтные мастерские. Наличие таких устройств позволяет оперативно и объективно измерить мощность двигателя, как обобщенный показатель технического состояния, и расход топлива, предупредив тем самым его перерасход.

### Основная часть

В 80-е годы прошлого века в СССР была создана трехзвенная ремонтно-обслуживающая база АПК, включающая мастерские сельскохозяйственных организаций, райсельхозтехники и специализированные ремонтные заводы [1].

В Беларуси имелось 118 мастерских районного уровня, 27 ремонтных заводов, в том числе 10 мотороремонтных и 62 станции технического обслуживания тракторов.

В настоящее время предприятия этой системы, сохранившиеся частично, службы агросервиса (табл. 1) загружены всего на 10-30%, а их кадровый состав сократился в 2,6-3 раза [1].

**Таблица 1. Специализация предприятий агросервиса Беларуси по ремонту двигателей и механизмов трансмиссии**

Наименование райагросервисов	Специализация по ремонту	
	двигателей	узлов и агрегатов трансмиссии
ОАО "Ивацевичи агротехсервис"		КПП К-700/701; «Амкодор»
ОАО "Каменецкий райагросервис"	Двигатели Д-37; Д-21; Д-144	
ОАО "Лунинецкий райагросервис"	Двигатели Д-240/245	КПП
ОАО "Столин райагросервис"	Двигатель Д-240/245	
ОАО "Кобринагромаш"		КПП; мосты; раздаточные коробки
ОАО «Березовский мотороремонтный завод»	Двигатели ЯМЗ 238/240; СМД62; СМД-31 СМД-14/18; Д-65Н; Д-240/245; Д-260; «Детройт-Дизель»	

**Продолжение таблицы 1**

ОАО «Верхнедвинский райагросервис»	Двигатели СМД-62; СМД-72; Д-260; Д-65; Д-240/245	КПП Беларус 1221; МТЗ-80
ОАО «Витебский райагросервис»		КПП Т-150К; передний мост Беларус 1221
ОАО «Глубокский агросервис»		Передний мост Беларус 1221
ОАО «Лепельагросервис»		Передний мост Беларус 1221; КПП; Задний мост; передний мост МТЗ-80
ОАО Поставский райагросервис»		Передний и задний мост; КПП МТЗ-80
ОАО «Толочинский райагросервис»		Передний и задний мост; КПП МТЗ-80
ОАО «Витебский МРЗ»	Двигатели ЯМЗ; СМД-31; СМД-17К/22К; СМД-14/18; Д-240/245; Д-260; «Детройд»	КПП К-701, к Беларус
ОАО «Буда-Кошелево агросервис»	Двигатели Д-240/243, Д-65	КПП Беларус 1221/1523
ОАО «Гомельский райагросервис»		КПП К700/701; «Амкодор»
ОАО «Житковичский агротехсервис»	Двигатели Д-240; Д-65	
ОАО «Жлобинский агротехсервис»	Двигатели Д-260; Д-240, 243, 65	КПП к Беларус 80/82
ОАО «Лельчицкий агросервис»	Двигатели Д-240/243, Д-65	
ОАО «Лоевский агротехсервис»	Двигатели ЯМЗ 238/240; СМД-31; Д-260; СМД 17/22	КПП К700/701; «Амкодор»
ЧПУП «Мозырь агросервис»	Двигатели СМД-31; Д-260; Д-240/243; Д-65	КПП Т-150К; МТЗ 80/82; Беларус 1221/1523
ОАО «Гомельский МРЗ»	Двигатели Д-240/245/260; ЯМЗ-236/238/240; А-01; А-41; ЗМЗ-51/53; «ДЕТРОЙТ» ДТА- 530Е; «КАТЕРПИЛЛЕР» С-9 и 3054; ДК-7 и ДД-6	КП Беларус 80/82, 1221, 2022, 2522, 3022, К-701; мосты и ВОМ Беларус-2522, 3022
ОАО «Лида-агротехсервис»	Двигатели Д-240/245/260; ЯМЗ-236/238/240; А-01; А-41; ЗМЗ-51/53; «ДЕТРОЙТ» ДТА- 530Е	
ДП «Мостовская сельхозтехника»	Двигатели ЯМЗ-238/240; Д-240; Д-65	КПП К-700/701
ОУП «Мостовский РЗ»		КПП к МТЗ; передний и задний мост
ДП «Слонимский РЗ»	Двигатели ЯМЗ-236/238/240; СМД-14/18; Д-240/245; Д-65; Д-260; СМД-62; СМД-72; SW-630 к комб. «Бизон»; КАМАЗ; А-41/01; Д-21; Д-37	
ДП «Щучинский РЗ»	Двигатель Детройт	КПП К-700/701; Т-150К
ОАО «Березинский райагросервис»	Двигатели Д-240	
ОАО «Борисовская агропромтехника»	Двигатели Д-240	КПП к Беларус
ОАО «Вилейский райагросервис»	Двигатели Д-240	КПП Т-150К; к Беларус
ОАО «Дзержинский райагросервис»	Двигатели ЯМЗ 238/240; Д-260	
ОАО «Клецкий райагросервис»	Двигатели Д-240	
ОАО «Копыльский райагросервис»	Двигатели Д-240; Д-260; СМД-62/72; СМД-31	
ОАО «Любанский райагросервис»	Двигатели ЯМЗ-23 8/240; Д-240; Д-260; СМД-62/72	КПП к Беларус
Филиал «Минский райагросервис» ОАО «Минскоблагросервис»	Двигатели Д-240; Д-260	КПП К-701; Беларус
ОАО «Мядельагросервис»	Двигатели СМД-31	КПП к Беларус
ОАО «Слуцкий райагросервис»	Двигатели Д-240; Д-260	КПП Т-150К
ОАО «Смолевичский райагросервис»	Двигатели Д-240; Д-260; СМД-62/72	
ОАО "Солигорский райагросервис"		КПП к Беларус



Продолжение таблицы 1

ОАО "Столбцовский райагросервис"		КПП К-701; Т-150К
ОАО "Быховрайагропромтехснаб"		КПП, передний, задний мост Беларус 2022/2522/2822; КПП Беларус 1221
ОАО "Глусский райагропромтехснаб"	Двигатели тракторные А-01, А-41; Д-240; пусковые двигатели ПД-10; ПД-350	
ОАО "Кировский райагропромтехснаб"	Двигатели ЯМЗ-238/240	КПП К-700/701; Т-150К; Дон-1500; Беларус
ОАО "Могилевская райагропромтехника"	Двигатели ЯМЗ-238/240	
ОАО "Червенский райагросервис"		КПП Т-150К
ОАО "Дзержинский МРЗ"	Двигатели ЯМЗ-238/240; СМД-31; СМД-17К/22К; Д-240; Д-260	

Несмотря на это, 32 предприятия занимаются ремонтом двигателей, 30 – ремонтом агрегатов трансмиссии. Нетрудно представить качество технического сервиса без обновления их ремонтно-технологического оборудования, которое в нашей республике не производится. В то же время без технического сервиса не могут функционировать, как имеющиеся в сельском хозяйстве средства механизации, так и поставляемая современная техника [1].

При реализации Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 гг. сельскому хозяйству будет поставлено 7416 энергонасыщенных тракторов, 8650 зерноуборочных комбайнов пропускной способностью 10 кг/с и более, 1700 кормоуборочных комбайнов и другие самоходные машины.

Директор ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» (ОАО «Гомельский МРЗ») Н.И. Ермаков предупреждает [2], что ремонтный бум новой техники еще грянет. Первый симптом его уже прозвучал, когда в 2009 году на ОАО «Гомельский МРЗ» поступило и восстановлено двигателей «Детройт» в 1,5 раза больше, чем год назад. Нельзя не согласиться с выводом о том, что 3,5 тысячи таких двигателей, установленных на используемых в Беларуси самоходных комбайнах, через два-три года потребуют ремонта, и наши ремонтные предприятия должны быть к этому готовы. Резонно поставлен вопрос: «Кто и на чем будет их восстанавливать?»

Следует помнить, что на полях республики уже работают тракторы и комбайны с мощностью двигателей, превышающей 300 кВт.

Стоимость капитального ремонта машин обходится в 2-3 раза дешевле покупки новых, а отношение стоимости капремонта двигателя к цене нового уменьшилось с 40-60 до 22-30 % [3], что делает капитальный ремонт привлекательным.

В ОАО «Гомельский МРЗ» освоен штучный ремонт двигателей «Детройт». Для этого специалисты прошли соответствующую подготовку в США в учебном центре фирмы «Детройт», а совместное предприятие «Вестерн технолоджиз» [4] готово обеспечить свои дилерские центры, в числе которых и

ОАО «Гомельский МРЗ», базовым гарантийным комплектом запасных частей.

Однако для качественного ремонта двигателя недостаточно иметь специалистов и запасные части. Необходимо соответствующее технологическое оборудование и, прежде всего, обкаточно-тормозной стенд соответствующей мощности. Эту необходимость подтверждает подготовка РО «Белагросервис» специальной программы «Модернизация и техническое перевооружение мотороремонтных заводов и специализированных предприятий агросервиса» [4].

Одним из направлений технического сервиса АПК является лицензирование ремонтно-обслуживающих предприятий и сертификация выполняемых ими работ и услуг [1].

Обкатка двигателя после ремонта – это не только заключительная операция ремонта, но и испытания по определению его технико-экономических показателей на предмет соответствия их установленным нормативам. Без этих операций невозможно ни лицензирование, ни сертификация ремонтного производства.

Раньше мотороремонтные заводы Беларуси оснащались электрическими обкаточно-тормозными стендами, большинство из которых предназначалось для обкатки и испытаний двигателей мощностью до 120 кВт.

В настоящее время эти стенды являются физически изношенными и морально устаревшими, и не имеют прежней востребованности по следующим причинам. Во-первых, большинство из них имеют срок службы более 25 лет. Во-вторых, количество ремонтов двигателей Д-240 значительно снизилось, так как существенно уменьшился парк тракторов МТЗ-80/82. В-третьих, они не пригодны для обкатки мощных двигателей. В-четвертых, электрические обкаточно-тормозные стенды имеют ряд недостатков: большие габариты, требующие значительной площади для размещения, большую массу, множество дополнительного оборудования, а для больших мощностей – потребность в отдельной электрической подстанции. В силу этих причин целесообразна замена электрических стендов современными компактными стендами, более дешевыми и мощными. Однако эти

стенды имеют импортное происхождение и в массовом порядке не доступны для технического переоснащения предприятий агросервиса.

Мировой рынок предлагает различные конструкции обкаточно-тормозных стендов, разной мощности и стоимости.

Так, гидравлический стенд «Hogiba» (Япония) позволяет проводить испытания двигателей мощностью до 2000 кВт. Техническим недостатком этого стенда является потребность в отдельном водопроводе и невозможность холодной обкатки двигателя. Примерная его стоимость – 180 тыс. евро.

Ремонт агрегатов трансмиссии в республике занимаются 30 предприятий агросервиса, которые согласно техническим условиям, после ремонта должны проходить обкатку под нагрузкой. Большинство этих предприятий используют для таких целей механические тормоза с неконтролируемой нагрузкой, что тоже может являться причиной отказа в выдаче предприятию лицензии и сертификата на производимую продукцию и услуги.

Если исходить из потребности наших ремонтных предприятий в обкаточно-тормозных стендах и учесть при этом необходимый мощностной ряд, то, на наш взгляд, из известных конструктивных схем наиболее приемлемой может быть схема с использованием гидрообъемного насоса с дросселированием потока рабочей жидкости.

Белорусский государственный аграрный технический университет и ОАО «Гомельский МРЗ» имеют научный задел для обоснования параметров таких стендов, что соответствует программе «Импортозамещение» и позволяет на доступной элементной базе, используемой в гидростатической трансмиссии, либо с использованием ролико-лопастных гидронасосов разработать и создать отечественные обкаточно-тормозные стенды мощностью до 2000 кВт. Такие стенды характеризуются малыми габаритами, небольшой массой, не требуют дополнительной электрической подстанции, имеют возможность рекуперации тормозной энергии и при этом будут иметь невысокую стоимость – в 4-6 раз дешевле импортных. Область применения указанных стендов не ограничивается ремонтным производством. Определение технико-экономических показателей двигателей в условиях эксплуатации (мощности и расхода топлива) является одной из эффективных мер предупреждения потерь топлива. Эти показатели, предусмотренные ГОСТ, в эксплуатационных условиях должны определяться торможением двигателя, установленного на тракторе, через вал отбора мощности или движитель.

В Челябинском институте механизации сельского хозяйства в свое время проводились исследования по обнаружению трактористом, с помощью его органов чувств, момента снижения мощности двигателя. Оказалось, что у тракториста с номинальной мощностью двигателя более 80 кВт тракторист замечает падение мощности, если оно превышает 25% от номинального значения.

Эффективная мощность двигателя, являясь обобщенным показателем его технического состояния и определяющая расход топлива и производительность агрегата в условиях эксплуатации, должна определяться с помощью объективных средств, каковым является тормозное устройство. Выпускаемые ранее электрические тормозные устройства в условиях эксплуатации не нашли широкого применения в силу их вышеприведенных недостатков. Использование предложенной схемы позволяет создать целую гамму тормозных устройств и оснащать ими не только мотороремонтные предприятия, но и предприятия по ремонту механизмов трансмиссии, райагросервисы, в том числе передвижными, устанавливаемыми на диагностических установках, в силу их небольших габаритов и массы, и ремонтные мастерские предприятий.

### **Заключение**

1. Отечественные мотороремонтные заводы оснащены физически и морально устаревшими обкаточно-тормозными стендами, несоответствующими технике хозяйств и требующими замены.
2. Отсутствие на ремонтных предприятиях современных обкаточно-тормозных стендов может послужить причиной отказа в выдаче им лицензии производства и сертификации продукции.
3. Наличие научного задела и незагруженность отдельных предприятий РО «Белагросервис» позволяет разработать, создать и выпускать малогабаритные, мощные и дешевые обкаточно-тормозные стенды с использованием объемных гидронасосов с дросселированием потока рабочей жидкости.
4. Массовое переоснащение ремонтных предприятий, подготовку их к ремонту двигателей мощностью более 300 кВт возможно и целесообразно провести на базе обкаточно-тормозных стендов отечественного производства.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Анисович, К.К. Основные направления обеспечения технического сервиса организаций АПК Республики Беларусь в условиях рыночной экономики / К.К. Анисович. – Внедрение новой техники, оборудования и организации их сервисного обслуживания // Доклады науч.-техн. конф. РО «Белагросервис». – Минск. – 2005. – С. 16-17.
2. Ермаков, Н.И. Ремонтный бум еще грядет / Н.И. Ермаков // Беларуская ніва. – 04.03.2009.
3. Лабушев, Н.А. В Новый год – с надежным партнером / Н.А. Лабушев // Белорусское сельское хозяйство, 2009. – №52. – С. 22 – 24.
4. Янушкевич, К.К. Система сервисного обслуживания и ремонта двигателей DT530E C265 серии 40 Е карпорации «Детройт дизель» / К.К. Янушкевич. – Внедрение новой техники, оборудования и организации их сервисного обслуживания // Доклады науч.-технич. конф. РО «Белагросервис». – Минск. – 2005. – С. 83-85.

# ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

Приказом Председателя ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика).

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, передаваемая в издательство, 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 2003 или более ранней. 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 строку;

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 должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевого бумаги размером не менее 9x12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата «tif» с разрешением 300 dpi.

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

- аннотацию;
- фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;
- 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 осветить содержание исследований, проведенных авторами.

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

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

- индекс УДК;
- 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, организации, предприятия, колхоза и т. д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

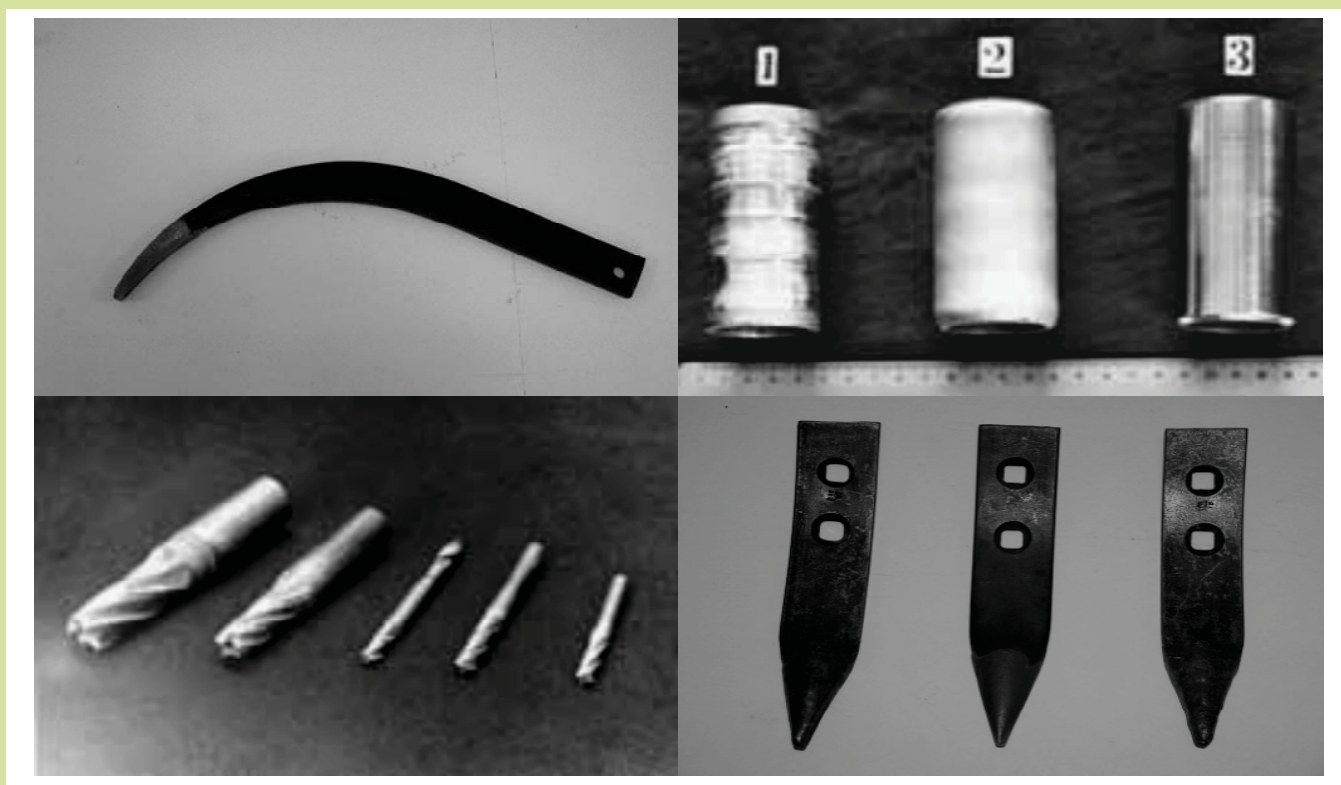
## **ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

**При предъявлении копии годовой (полугодовой) подписной квитанции на наш журнал статьи рассматриваются в режиме наибольшего благоприятствования.**

*Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:  
220023 Минск, пр. Независимости, 99, корп. 1, к. 333.  
УО БГАТУ.*

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НАПЫЛЕНИЕМ И  
НАПЛАВКОЙ**



**ДОСТОИНСТВА МЕТОДА:**

*Термические методы напыления и наплавки покрытий из порошковых, проволочных и шнуровых материалов позволяют эффективно восстанавливать и упрочнять детали сельскохозяйственных машин, увеличив ресурс их работы при стоимости в 2 раза ниже новой детали. Технологии и устройства защищены патентами РБ.*