

Наряду с этим представляет определенный интерес, как влияет постановка движителей треугольной формы на тяговые сцепные свойства в зависимости от скорости движения. Проводимые исследования показали, что в зависимости от скорости движения (со 2-й до 6-й передачи) тяговое усилие трактора с треугольным движителем изменяется от 12,1 до 15,7 кН, в то время как для трактора в колесном варианте соответственно составляет от 10,8 до 13,0 кН. Таким образом, постановка треугольного движителя позволила повысить тяговое усилие больше чем на 10%.

Аналогичные исследования были проведены для МТА, состоящего из трактора класса 1,4 и БДТ-3, которое использовалось в качестве загрузочного устройства. Так, с изменением скорости движения тяговое усилие изменилось у трактора с полугусеничным ходом с 12,4 до 16,6 кН, а у трактора в серийном варианте соответственно с 11,0 до 14,9 кН. Постановка треугольного гусеничного хода в зависимости от скорости движения позволила повысить тяговые усилия более чем на 24% по сравнению с серийным, что является наиболее эффективным для использования данных типов движителей в условиях Амурской области.

Литература

1. Александров Г.А., Королёв Н.В. Влияние ходовых органов тракторов на структуру почвы // Техника в сельском хозяйстве. – 1974. – № 11. – С. 83–84.
2. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства / В.А. Васильев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1969. – 192 с.
3. Кацьюгин В.В., Щрда А.Н., Котлобай А.Я. Влияние параметров колёсных движителей на тягово-сцепные свойства тракторов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – №4. – С.28–30.



УДК 631.331.85

А.В. Яковец, А.Ю. Несмиян

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОГО СБРАСЫВАТЕЛЯ «ЛИШНИХ» СЕМЯН ПНЕВМОВАКУУМНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

На основании экспериментальных исследований по выявлению рационального угла установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения авторами прослеживается зависимость между углом установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя к мгновенной траектории движения семян и их физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: пропашные культуры, высевательный аппарат, сбрасыватель «лишних» семян, рабочая поверхность выступа, эксперимент.

A.V. Yakovets, A.Yu. Nesmiyan

WORKING SURFACE RATIONAL PARAMETERS OF THE «EXTRA» SEED FLAT KICKER OF THE PNEUMATIC AND VACUUM SOWING DEVICE

Dependence between the working surface installation angle of the kicker boss on the seed movement instantaneous trajectory and their physical and mechanical properties is observed by the authors on the basis of the experimental research on revealing the rational angle of the working surface installation of the «extra» seed kicker boss to the instantaneous trajectory of their movement.

Key words: tilled crops, sowing device, «extra» seed kicker, boss working surface, experiment.

Введение. Посев пропашных культур – наиболее важный этап в комплексе механизированных работ по их возделыванию. Пропашные культуры весьма чувствительны к площади питания, поэтому при густом посеве рядом стоящие растения мешают нормальному росту друг друга, а при редком – на незасеянной площади разрастаются сорняки. Посев пропашных культур осуществляется высевательными аппаратами сеялок точного высева (пропашных сеялок), которые должны выполнять равномерное однозерновое дозирование и подачу семян в борозду через равные интервалы [1].

Объект и цель исследования. Из анализа дозирующих систем сеялок точного высева [1] видим, что на отечественном рынке сельхозтехники в последнее время для посева пропашных культур наиболее широ-

ко представлены сеялки с пневмовакuumной системой дозирования семян, в которых равномерность подачи семян в значительной степени зависит от параметров и режимов настройки сбрасывателя (отражателя) «лишних» семян.

Объект исследования – процесс воздействия рабочей поверхности выступов сбрасывателя на семя, захваченное дозирующим элементом.

Цель исследования – выявление влияния расположения угла установки рабочей поверхности выступов сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения на качество работы пневмовакuumного высевача.

Задачи исследования:

1. Проанализировать процесс воздействия рабочей поверхности выступов сбрасывателя пневмовакuumного аппарата на семя, захваченное дозирующим элементом высевача.

2. Определить критический угол установки рабочей поверхности выступов сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения.

3. Экспериментально определить влияние угла установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения на качество работы пневмовакuumного высевача.

Методы и результаты исследований. Исследования равномерности подачи семян пропашных культур пирамидальной и усечено-пирамидальной форм [2] проводились на высеваче наиболее распространенной на юге России сеялки МС-8 (ранее известной как СПБ-8К) производства ОАО «Миллеровосельмаш» (рис. 1).

Хвостовик 2 сбрасывателя 1 «лишних» семян рассматриваемого аппарата имеет плоскую ступенчатую рабочую поверхность, состоящую из пяти выступов [3].

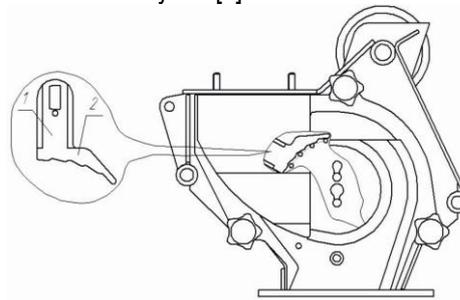


Рис. 1. Пневмовакuumный высевачий аппарат сеялки МС-8

Следует отметить, что чем жестче взаимодействие сбрасывателя «лишних» семян с семенами, тем эффективнее его работа. Однако при этом могут создаваться условия, когда сбрасыватель будет удалять от дозирующих элементов (ячей) все семена. На рисунке 2 (I) представлена схема сил, оказывающих влияние на семя Б при взаимодействии с рабочей поверхностью (частью) выступа 1 сбрасывателя 2. На рисунке 2 (II) – элементарное смещение семени 1, захваченного дозирующим элементом высевача, рабочей поверхностью выступа сбрасывателя «лишних» семян.

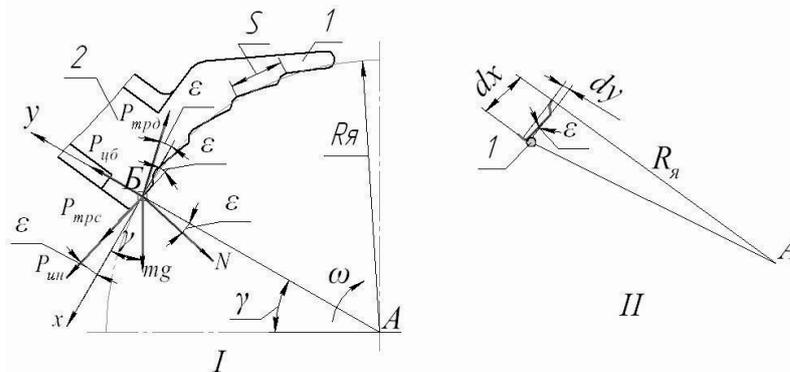


Рис. 2. Схема сил, оказывающих влияние на семя при взаимодействии с рабочей частью выступа сбрасывателя (I) и смещение выступом семени (II)

Анализ схемы сил, представленной на рисунке 2, показывает, что условие эффективной работы сбрасывателя «лишних» семян можно выразить следующим неравенством:

$$P_{\text{трд}} \geq R, \quad (1)$$

где $P_{\text{трд}}$ – сила трения семян о высеваящий диск, Н;

R – равнодействующая сил сопротивления, Н.

Сила трения семян о высеваящий диск определяется по формуле

$$P_{\text{трд}} = P_{\text{пр}} \cdot f_{\delta}, \quad (2)$$

где $P_{\text{пр}}$ – сила присасывания семян о высеваящий диск, Н;

f_{δ} – коэффициент трения движения диска о семя.

Сила присасывания семян [2]

$$P_{\text{пр}} = k \cdot H \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{я}}^2}{4}, \quad (3)$$

где k – коэффициент просасывания воздуха, $k=1,00$ [3];

H – разрежение в вакуумной камере, Па;

$d_{\text{я}}$ – диаметр дозирующих ячеек высеваящего диска, м.

Равнодействующая сил сопротивления определяется следующим образом:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad (4)$$

где R_x и R_y – проекции равнодействующей сил сопротивления R на оси X и Y соответственно, Н.

Из рисунка 2 следует:

$$R_x = P_{\text{трс}} \cdot \cos \varepsilon + P_{\text{ин}} \cdot \cos \varepsilon + m \cdot g \cdot \cos \gamma + N \cdot \sin \varepsilon; \quad (5)$$

$$R_y = P_{\text{цб}} + P_{\text{трс}} \cdot \sin \varepsilon + P_{\text{ин}} \cdot \sin \varepsilon - N \cdot \cos \varepsilon - m \cdot g \cdot \sin(\varepsilon + \gamma); \quad (6)$$

$$N = P_{\text{цб}} \cdot \cos \varepsilon + P_{\text{трд}} \cdot \sin 2\varepsilon - m \cdot g \cdot \sin(\varepsilon + \gamma), \quad (7)$$

где $P_{\text{трс}}$ – сила трения сбрасывателя о семя, Н;

$P_{\text{ин}}$ – сила инерции семени, Н;

ε – угол установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории движения семян, рад;

m – масса семени, кг;

mg – сила тяжести семени, Н;

γ – угол между траекторией движения семян и вертикалью, рад;

N – нормальная реакция сбрасывателя на семя, Н;

$P_{\text{цб}}$ – центробежная сила, Н.

Сила трения сбрасывателя о семя

$$P_{\text{трс}} = N \cdot f_c, \quad (8)$$

где f_c – коэффициент трения сбрасывателя о семя.

Центробежная сила определяется по формуле

$$P_{цб} = m \cdot \omega^2 \cdot R_y, \quad (9)$$

где ω – частота вращения высевающего диска, рад/с;

R_y – радиус расположения центров дозирующих ячеек диска, м.

При определении силы инерции принимаем следующие допущения:

➤ выступ хвостовика сбрасывателя «лишних» семян работает от начала;

➤ пренебрегаем кривизной траектории движения дозирующих элементов, считая, что на элементарном участке они движутся по прямой;

➤ не учитываем скругление выступов.

Сила инерции находится из выражения

$$P_{ин} = m \cdot \frac{d^2 S}{dt^2}, \quad (10)$$

где dS – элементарное смещение семени рабочей поверхностью выступа сбрасывателя «лишних» семян, м;

dt – элементарное приращение времени, с.

Под отношением элементарного смещения семени выступом сбрасывателя к соответствующему приращению движения семени при его смещении понимается ускорение смещения семени вдоль выступа

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = \sqrt{\left(\frac{d^2 x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right)^2}, \quad (11)$$

где dx – элементарное смещение семени выступом сбрасывателя «лишних» семян по оси X, м;

dy – элементарное смещение семени выступом сбрасывателя «лишних» семян по оси Y, м.

С помощью рисунка 2 (II) определим элементарные смещения семени выступом сбрасывателя «лишних» семян по осям:

$$dx = -R_y \cdot \sin(\omega t) dt, \quad (12)$$

$$dy = -R_y \cdot \sin(\omega t) \cdot \operatorname{tg} \alpha dt, \quad (13)$$

где t – время преодоления семенем одного выступа, с.

Время преодоления семенем одного выступа сбрасывателя «лишних» семян определяется из выражения

$$t = \frac{S}{\omega \cdot R_y}, \quad (14)$$

где S – длина выступа хвостовика сбрасывателя, м.

Продифференцировав выражения (12) и (13), получаем

$$\frac{dx}{dt} = R_y \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \quad \text{и} \quad \frac{dy}{dt} = R_y \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (15)$$

Тогда выражение (11), с учетом выражения (15), будет иметь вид

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = R_{\dot{y}} \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi \cdot t \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \varepsilon}. \quad (16)$$

Определим критический угол $\varepsilon_{кр}$ установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения, при котором они будут полностью отсекаются сбрасывателем от дозирующих элементов на примере наиболее распространенных пропашных культур – подсолнечника и кукурузы при частоте вращения высевающего диска $\omega=0,12$ рад/с (соответствующей скорости высева семян 10 км/ч). В соответствии с заводскими рекомендациями [4] принимаем: вакуумное разрежение $H=4000$ Па, диаметр дозирующих элементов $d_{\text{р}}=0,003$ м (для подсолнечника) и $d_{\text{р}}=0,005$ м (для кукурузы), длина выступа сбрасывателя $S=0,01548$ м. Воспользовавшись данными исследований физико-механических свойств семян пропашных культур [5] и выражениями (2)–(10), (16), произведем расчет сил, оказывающих влияние на семя при взаимодействии со сбрасывателем, при помощи программы MathCad 14.0. По результатам расчетов построим графики сил (рис. 3), входящих в неравенство (1).

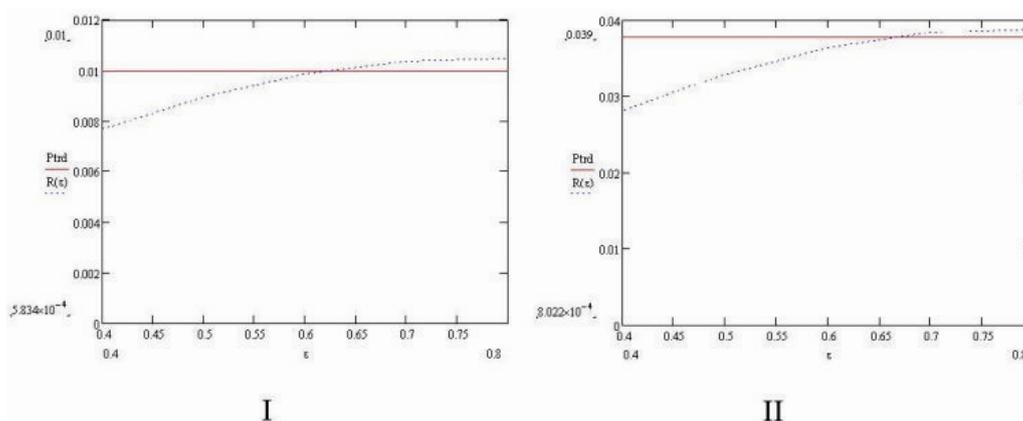


Рис. 3. Графики силы трения о диск и зависимости равнодействующей сил сопротивления от угла ε (для подсолнечника (I) и кукурузы (II))

Из выражения (1) и графиков рисунка 3 следует, что критический угол установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя к мгновенной траектории движения семян $\varepsilon_{кр}=0,62$ рад = $35,52^\circ$ (для подсолнечника) и $\varepsilon_{кр}=0,67$ рад = $38,39^\circ$ (для кукурузы). С учетом того, что форма исследуемых семян значительно отличается от шарообразной, эффективная работа сбрасывателя «лишних» семян пневмовакuumного высевающего аппарата будет обеспечена при условии $\varepsilon \ll \varepsilon_{кр}$.

Для выявления влияния угла установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения ε на качество работы пневмовакuumного высевающего аппарата пропашной сеялки МС-8 на кафедре «Механизация растениеводства» Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии (г. Зерноград, Ростовская область) был проведен ряд экспериментов.

В опытах сравнивалась равномерность однозерновой подачи семян пневмовакuumными высевающими аппаратами, в которых устанавливались сбрасыватели с различным количеством выступов рабочей поверхности хвостовика, варьирующих за счет изменения их линейных и угловых размеров, при этом длина рабочей части хвостовика сбрасывателя оставалась неизменной. В первом случае (рис. 4, I) количество выступов равнялось одному, во втором – трем (рис. 4, II), в третьем – пяти (рис. 4, III), в четвертом – семи (рис. 4, IV), в пятом – девяти (рис. 4, V), в шестом – одиннадцати (рис. 4, VI). При росте количества выступов увеличивался средний угол установки рабочей поверхности выступов сбрасывателя к мгновенной траектории движения семян ε . При этом эксцентриситет рабочей поверхности опытных образцов и высота зубьев оставались постоянными и соответствовали параметрам серийного сбрасывателя (рис. 4, III).

Эксперименты проводились на некалиброванных семенах подсолнечника сорта Лакомка (пирамидальной формы) и кукурузы гибрида Зерноградский 282 МВ (усеченно-пирамидальной формы) как на наиболее распространенных пропашных культурах, районированных на юге России. Каждый опыт выполнялся при частоте вращения высевающего диска 45 об/мин (соответствующей скорости движения сеялки 2...2,5 м/с при высеве семян до 5 шт./м) в трех повторностях, число подач каждой повторности – 500 шт. При этом перед началом каждого эксперимента сбрасыватель «лишних» семян выставлялся в оптимальное положение.

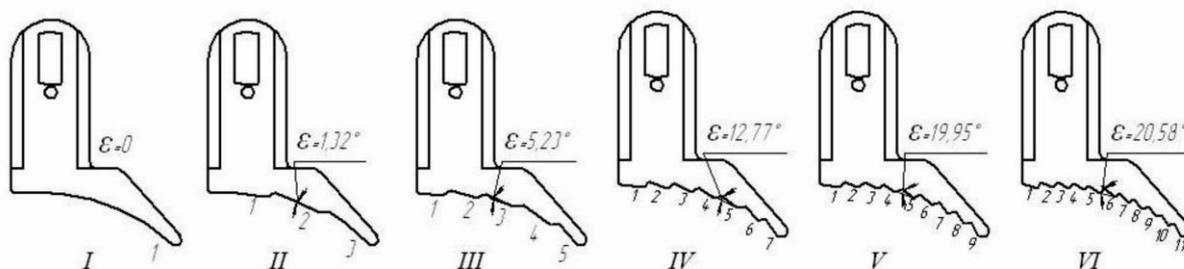


Рис. 4. Сбрасыватели «лишних» семян с различным количеством пилообразных выступов

Параметры работы высевальных аппаратов выбирались в соответствии с заводскими рекомендациями [4]: диаметр дозирующих элементов (ячей) высевального диска равен 3 мм (для подсолнечника) и 5 мм (для кукурузы), количество ячеек – 20 шт., разрежение в вакуумной камере равно 4,0 кПа.

По результатам лабораторных экспериментов определялись следующие показатели:

P_0, P_1, P_2 – вероятности подачи дозирующим элементом высевального диска по 0, 1 и 2 семени соответственно, %;

M – средняя подача семян ячеей, шт.;

σ – среднеквадратическое отклонение от средней подачи семян дозирующим элементом, шт.;

V – коэффициент вариации подачи семян ячеей, %;

m_v – относительная ошибка коэффициента вариации по повторностям, %.

В данном случае в качестве критерия оптимизации как наиболее обобщенный показатель рассматривался коэффициент вариации подачи семян ячеей V .

Результаты исследований пневмовакuumных высевальных аппаратов с изменяемым количеством выступов сбрасывателя при высеве семян подсолнечника и кукурузы представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты опытов при высеве подсолнечника

Кол-во выступов, шт.	Средний угол $\epsilon_{ср}, ^\circ$	Показатель						
		$P_0, \%$	$P_1, \%$	$P_2, \%$	$M, шт.$	$\sigma, шт.$	$V, \%$	$m_v, \%$
1	0,00	1,8	94,6	3,6	1,02	0,232	22,75	0,70
3	1,32	1,2	95,6	3,2	1,02	0,209	20,49	0,63
5	5,23	0,8	96,1	3,1	1,02	0,196	19,22	0,60
7	12,77	1,7	97,0	1,3	1,00	0,173	17,30	0,56
9	19,95	0,5	98,3	1,2	1,01	0,130	12,87	0,40
11	20,58	1,2	96,1	2,7	1,02	0,197	19,31	0,60

Из таблицы 1 видно, что сбрасыватель «лишних» семян с 9 выступами при высеве подсолнечника (обладающий средним углом расположения рабочей грани хвостовика к мгновенной траектории движения семян $\epsilon_{ср} = 19,95^\circ$) обеспечивает более равномерную подачу семян пневмовакuumным высевальным аппаратом, коэффициент вариации которого равен 12,87 %.

Таблица 2

Результаты опытов при высеве кукурузы

Кол-во выступов, шт.	Средний угол $\epsilon_{ср}, ^\circ$	Показатель						
		$P_0, \%$	$P_1, \%$	$P_2, \%$	$M, шт.$	$\sigma, шт.$	$V, \%$	$m_v, \%$
1	0,00	0,5	96,3	3,2	1,03	0,190	18,45	0,57
3	1,32	0,9	96,7	2,4	1,02	0,181	17,75	0,55
5	5,23	0,8	96,9	2,3	1,02	0,175	17,16	0,53
7	12,77	0,3	97,1	2,6	1,02	0,169	16,57	0,52
9	19,95	1,2	97,1	1,7	1,01	0,170	16,83	0,52
11	20,58	1,0	96,5	2,5	1,02	0,186	18,24	0,57

Из таблицы 2 следует, что сбрасыватель «лишних» семян с 7 выступами при высеве кукурузы (обладающий средним углом расположения рабочей грани хвостовика к мгновенной траектории движения семян

$\epsilon_{\text{ср}} = 12,77^\circ$) способствует более равномерной подаче семян высевальным аппаратом, коэффициент вариации которого равен 16,57 %.

Проведя анализ фрикционных свойств рассматриваемых сортов по материалу, из которого выполнен сбрасыватель «лишних» семян высевального аппарата сеялки МС-8 (полиамид ПА6-210/310 ОСТ 6-06-С9-83) по известной методике [5], видим, что коэффициент трения движения семян для подсолнечника составляет 0,26, а для кукурузы – 0,22. Таким образом, угол трения движения семян подсолнечника и кукурузы по полиамиду равен 14,57 и 12,40° соответственно.

Выводы. По результатам исследований прослеживается зависимость между углом установки ϵ рабочей поверхности выступа сбрасывателя к мгновенной траектории движения семян и физико-механическими свойствами семян. Вследствие этого для равномерности однозерновой подачи семян пропашных культур угол установки ϵ рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян должен быть примерно равен углу трения движения семян о поверхность сбрасывателя «лишних» семян и значительно меньше критического угла $\epsilon_{\text{кр}}$ установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к мгновенной траектории их движения.

Литература

1. Яковец А.В. Анализ дозирующих систем сеялок точного высева // *Аграрная Россия*. – 2011. – № 3. – С. 60–63.
2. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
3. Зенин Л.С. Исследование пневматического высевального аппарата точного высева: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Алма-Ата, 1962. – 19 с.
4. Сеялка пропашная блочносоставляемая МС-8 (базовая модель) // *Руководство по эксплуатации (для оператора)*. – Миллерово, 2011. – 52 с.
5. Яковец А.В., Шумаков В.В. Физико-механические свойства семян пропашных культур // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2011. – №3 (22). – С. 68–72.



УДК 60-7+628.385

З.В. Гаазе, А.Л. Межевич, О.Н. Бузиян

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА В УСТАНОВКАХ С ДВОЙНЫМ РЕАКТОРОМ

В данной статье рассмотрены особенности получения биогаза в установках с двумя сообщающимися реакторами, в которых выдерживаются различные температурные режимы. Проанализированы результаты исследований, указаны все достоинства и недостатки данного метода переработки отходов, а также выполнено сравнение указанного метода получения биогаза в установке с двойным реактором с методом анаэробного брожения в установке с одним реактором с соблюдением температурных режимов, идентичных однореакторной установке.

Ключевые слова: биогаз, биореактор, брожение, микроорганизмы, температурный режим.

Z.V. Gaaze, A.L. Mezhevich, O.N. Buziyan

BIOGAS MANUFACTURE PECULIARITIES IN THE INSTALLATIONS WITH DUAL REACTOR

Peculiarities of biogas production in the installations with two connected reactors in which various temperature regimes are held are considered in the article. The research results are analyzed; all advantages and disadvantages of this technique for waste recycling are shown; comparison of this technique for biogas production in the installation with dual reactor with the technique for anaerobic fermentation in the installation with one reactor in compliance of the temperature regimes, which are similar to the installation with one reactor, is conducted.

Key words: biogas, bioreactor, fermentation, microorganisms, temperature regime.

Введение. В сельскохозяйственном производстве животноводческие предприятия постоянно сталкиваются с проблемой утилизации и переработки навоза с учетом соблюдения требований охраны природной среды от загрязнения. Устаревшие технологии хранения и утилизации навоза, отсутствие очистных соору-