

УДК 631.333.53

UDC 631.333.53

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНОГО КОЛЬЦА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДИСКА С ПОДАЧЕЙ МАТЕРИАЛА ВДОЛЬ ЛОПАТОК**JUSTIFICATION OF DESIGN PARAMETERS OF THE ACTIVE RING OF A CENTRIFUGAL DISC WITH THE FILING OF MATERIAL ALONG BLADES**

Припоров Евгений Владимирович
к.т.н., доцент.
SPIN-код автора: 9965-6360

Priporov Evgeny Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
SPIN-code: 9965-6360

Павлов Сергей Николаевич
студент
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина г. Краснодар, Россия

Pavlov Sergey Nikolaevich
student
FGBOU VPO Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Разработана конструкция однодискового центробежного аппарата с подачей сыпучего материала вдоль лопаток. Рассеивающий диск состоит из лопаток на верхней полки, которых установлен плоский диск с воздухозаборными окнами (дефлектор). Назначение дефлектора – устранить отражение частиц в момент контакта с лопаткой и создать попутный воздушный поток для увеличения дальности полета частиц. Анализ конструктивной схемы рассеивающего диска показал, что на объем поступающего воздуха внутрь рассеивающего диска влияет ширина окна и угол наклона корпуса дефлектора. Определена зависимость ширины окна от угла наклона корпуса дефлектора и высота. На основе анализа конструкции установлены пределы изменения ширины окна и угла наклона корпуса дефлектора. Угол наклона корпуса дефлектора изменяется в интервале $9^{\circ} \dots 32^{\circ}$. Увеличение угла наклона корпуса дефлектора приводит к пропорциональному уменьшению ширины окна. Установлены интервалы варьирования факторов. Выбран симметричный композиционный план второго порядка и составлена матрица планирования эксперимента. В качестве функции отклика принят коэффициент относительной кучности. Реализация эксперимента позволила определить значение коэффициентов регрессии. Адекватность уравнения регрессии полученному уравнению проводилась по критерию Фишера. Установлено, что полученное уравнение адекватно описывает технологический процесс. Для анализа полученного уравнения привели к каноническому виду путем переноса начала координат в новую точку и поворотом на некоторый угол $-14,95^{\circ}$. Анализ канонического уравнения позволил определить оптимальные значения исследуемых факторов. Ширина окна дефлектора составляет $22 \dots 25$ мм, угол наклона корпуса дефлектора $8 \dots 12^{\circ}$

There has been developed the design of the single disc centrifugal apparatus with the feed of the granular material along the blades. The scattering disc consists of blades, on the top shelf there is a flat disc with air intake windows (deflector). The purpose of the deflector is to eliminate the reflection of particles at the moment of contact with the blade and create a passing air flow to increase the range of flight of the particles. The analysis of the constructive scheme of the scattering disk showed that the amount of air coming inside the scattering disk is affected by the width of the window and the tilt angle of the deflector body. There was determined the dependence of the window width from the angle of the deflector body and height. Based on the analysis of the design there have been determined the limits of setting the window width and the tilt angle of the deflector body. The angle of the deflector body changes in the rate of 9° to 32° . Increasing the tilt angle of the deflector body leads to a proportional reduction of the window width. There have been set the intervals of variation of factors. There have been chosen the symmetrical composite plan of the second order and have been made a matrix of the experimental design. As a function of the response factor there have been taken a relative accuracy coefficient. The implementation of the experiment allowed us to determine the value of the regression coefficients. The adequacy of the regression equation to the equation obtained was performed by the Fisher test. It was determined that the equation adequately describes the technological process. For the analysis of this equation it was turned to the canonical form by moving the origin to a new point and turning at a certain angle of $14,95^{\circ}$. The analysis of the canonical equations allowed the authors to determine the optimal values of the studied factors. The window width of the deflector is $22 - 25$ mm, the angle of the body of the deflector is $8 - 12^{\circ}$

Ключевые слова: РАССЕЙВАЮЩИЙ ДИСК, ДЕФЛЕКТОР, ШИРИНА ОКНА, УГОЛ НАКЛОНА КОРПУСА, КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПЛАН, КАНОНИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ, ЭЛЛИПСОИД, ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Keywords: SPREADING DISCS, DEFLECTOR, WINDOW WIDTH, TILT ENCLOSURE, COMPOSITE DESIGN, CANONICAL EQUATION, ELLIPSOID, OPTIMAL VALUE

DOI: 10.21515/1990-4665-123-113

На кафедре эксплуатации МТП Кубанского ГАУ проводились работы по улучшению технологических параметров центробежного аппарата с подачей материала вдоль лопаток. Предложено устройство, включающее горизонтальный центробежный диск с радиальными лопатками каждая из которых имеет торцовый отгиб [1,2,3]. На верхней кромки лопаток смонтировано кольцо с воздухозаборными окнами [4,5]. Активное кольцо имеет две основные задачи – устранить отражение частиц от плоскости и второе – создать попутный воздушный поток в направлении движения частиц.

Наличие активного кольца на верхней технологической полке лопатки создает замкнутое пространство внутри диска. Во время вращения диска лопатки выполняют функции центробежного вентилятора, создавая разрежение по оси диска и избыточное давление на выходе. Образовавшееся разрежение в междисковом пространстве нарушает непрерывность подачи материала лопаткой и повышению неравномерности распределения материала рассеивающим диском.

Образующиеся воздушные потоки, во время вращения диска, оказывают влияние на качество рассева. Для нейтрализации этих воздушных потоков требуется обеспечить подачу воздуха внутрь рассеивающего диска. На активном диске над каждой последующей лопаткой в тыльной ее части по всей длине располагаются воздухозаборные карманы навстречу потоку. Эти карманы (дефлекторы) обеспечивают подачу воздуха в рабочую зону каждой предыдущей лопатки. Такая схема подачи воздуха позволяет снизить величину разрежения по оси кольца. Величина подачи воздуха через дефлектор зависит от геометрических размеров воздухозаборного окна

(ширина и длина окна) и угла наклона корпуса к плоскости активного кольца.

На рисунке 1 представлена схема плоского рассеивающего диска с установленным дефлектором для подачи воздуха.

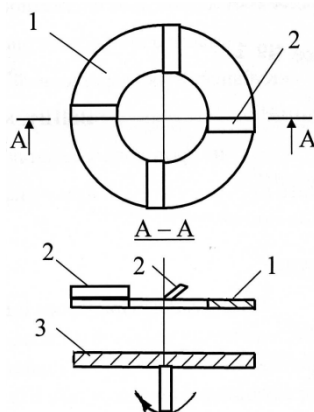


Рисунок 1 – Схема диска с дефлектором активного кольца:

1 – активное кольцо; 2 – воздухозаборный карман;

3 – рассеивающий диск (лопатки условно не показаны)

Пусть объемная подача воздуха лопаткой определяется по известной формуле

$$Q_l = F_l \cdot V, \quad (1)$$

где Q_l – объемная подача, м³/с;

F_l – площадь рабочей части лопатки, м²;

V – линейная скорость, м/с.

Объем поступающего через дефлектор воздуха зависит от массовой расходной концентрации воздуха, линейной скорости и ряда других факторов. Величина подачи определяется по выражению

$$Q_q = F_q \cdot V \cdot \mu. \quad (2)$$

где Q_q – объемная подача воздуха через дефлектор, м³/с;

F_q – площадь окна дефлектора, м²;

μ – массовая расходная концентрация, $\mu = 3 \dots 6$.

Основное назначение дефлектора – устранить «вентиляторный эффект» по оси диска. Исключить образование разрежения по оси диска обеспечивается при условии равенства м поступающего и исходящего воздуха из

междискового пространства. Учитывая выражение 2 равенство поступающего и исходящего воздуха составляет

$$h \cdot l \cdot v V = h_q \cdot l_q \cdot V \cdot \mu, \quad (3)$$

где h , h_q – высота лопатки и высота корпуса дефлектора соответственно, м;

l , l_q – длина лопатки и длина дефлектора соответственно, м ;

Учитывая, что равенство длины лопаток и длины дефлектора

$$l = l_q.$$

Тогда из рисунка 1 следует, что

$$h_q = \epsilon_q \cdot \operatorname{tg} \alpha_q, \quad (4)$$

где ϵ_q – ширина окна дефлектора;

α_q – угол наклона корпуса дефлектора.

Проведя несложное преобразование, определяем ширину окна дефлектора. Принимаем высоту лопатки пропорциональной ширине окна

$$\epsilon_q = \frac{h}{\mu \operatorname{tg} \alpha_q} \quad (5)$$

Из выражения (5) установим зависимость ширины окна от высоты лопатки и угла наклона корпуса дефлектора.

Пусть отношение

$$\frac{h}{\epsilon_q} = \alpha$$

Значение коэффициента пропорциональности $\alpha = 0,5 \dots 1,0$.

$$\operatorname{tg} \alpha = . \quad (6)$$

Из выражения 6 следует, что угол наклона корпуса дефлектора к горизонтали составляет $\alpha_q = 9 \dots 32^0$. При этом увеличение ширины окна приводит к пропорциональному уменьшению угла наклона корпуса дефлектора.

На основе изучения воздушных потоков нами обоснована необходимость постановки дефлекторов на активном кольце. Дефлектор обеспечивает подачу воздуха в пространство перед лопатками. Конструктивные

размеры дефлектора, как установлено теоретически, зависят от высоты лопатки и, в конечном итоге, определяют объем поступающего воздуха. Однако из-за неполного знания механизма движения воздушных потоков внутри диска описать аналитически процесс подачи воздуха через дефлектор оказалось невозможным. Причина – действие различных факторов. Среди них – частота вращения диска, температура и влажность воздуха, размеры частиц сыпучего материала и многие другие. Решение данной задачи, как известно, возможно методом экстремальных экспериментов. На этапе поисковых исследований определялись уровни варьирования факторов с учетом аналитических зависимостей, полученных ранее. За параметр оптимизации принят коэффициент относительной кучности y_k [2].

$$y_k = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}},$$

где L_{\max} , L_{\min} – максимальная и минимальная дальность полета частиц, м.

Уменьшение этого показателя свидетельствует о повышении равномерности распределения сыпучего материала.

Основные факторы, влияющие на кучность распределения сыпучего материала – угол наклона корпуса дефлектора и ширина окна. Выбраны уровни варьирования и интервал варьирования и представлен в таблице 1.

Таблица 1– Уровни варьирования факторов относительной кучности

Факторы	Угол наклона корпуса дефлектора к горизонтали, x_1 , град	Ширина окна дефлектора, x_2 , мм
Основной уровень x_{io}	22,0	30,0
Верхний уровень $x_{i=+1}^e$	32,0	40,0
Нижний уровень $x_{i=-1}^e$	12,0	20,0
Интервал варьирования Δx_i	10,0	10,0

Принят симметричный композиционный план типа V_k состоящий из

ядра плана полно факторного эксперимента 2^2 , звездных точек. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2– Матрица планирования трех уровней V_k плана второго порядка

№ п/п	Фактор		Параметр оптимизации Y	Примечание
	X ₁	X ₂		
1	+1	+1	0,87	ПФЭ 2^2 ядро плана
2	+1	-1	0,67	
3	-1	+1	0,69	
4	-1	-1	0,60	
5	+1	0	0,85	Звездные точки
6	-1	0	0,73	
7	0	+1	0,87	Звездные точки
8	0	-1	0,71	
9	0	0	0,88	Нулевые точки
10	0	0	0,88	
	X ₁	X ₂		
11	0	0	0,87	
12	0	0	0,83	

Перевод натуральных значений факторов в кодированное проводили по известной формуле [6]

$$x_i = \frac{x_i^e - x_{io}}{\Delta x_i}, \tag{7}$$

где x_i – кодированное значение фактора;

x_i^e – натуральное значение фактора;

x_{io} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

x_i – интервал варьирования факторов.

Коэффициенты регрессии определяем по формулам [7]

$$b_o = C_1 \sum_{n=1}^N Y_u - C_2 \sum_{n=1}^K \sum_{n=1}^N X_{iu} Y_u \tag{8}$$

$$b_i = C_3 \sum_{n=1}^N X_{iu} Y_u \tag{9}$$

$$b_{ij} = C_4 \sum_{n=1}^N (X_i X_j)_u Y_u \tag{10}$$

$$b_{ii} = C_5 \sum_{n=1}^N X_{iu}^2 Y_u + C_6 \sum_{n=1}^K \sum_{n=1}^N X_{iu}^2 Y_u - C_{21} \sum_{n=1}^N Y_u \tag{11}$$

где C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 – вспомогательные константы;

K – число факторов;

N – число опытов.

После реализации плана определялись коэффициента регрессии. Вспомогательные константы C_i , входящие в формулы для рассматриваемого плана представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Вспомогательные константы для плана V_k [7]

b_{ii}	Вспомогательные константы								
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
2	1,250	0,750	0,1667	0,250	0,250	1,118	0,408	0,500	0,660

Планы V_k неортогональны и для оценки коэффициентов регрессии b_0 и b_{ii} ковариации $covb_0b_{ii}$ и ковариации $covb_{ii}b_{jj}$ не равны нулю. Поэтому после расчетов доверительных интервалов и проверки их статистической значимости проводилось исключение незначимых коэффициентов.

Дисперсии, среднеквадратичные ошибки и ковариации определяли по формулам [7]

$$\left. \begin{aligned} S_{bo}^2 &= C_1 S_y^2; S_b = C_7 S_y; S_{bi}^2 = C_3 S_y^2; S_{bi}^2 = C_5 S_y^2 \\ S_{boij}^2 &= C_4 S_y^2; S_{bij} = C_2 S_y; COV_{bobii} = -C_2^2 S_y \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Проведя расчеты, получили нижеследующие значения величины коэффициентов регрессии

$$b_0=0,874; b_1= 0,0614; b_2=0,075.$$

$$b_{12}=0,0275; b_{11}=-0,0804; b_{22}=-0,0877.$$

Дисперсия ошибки опыта [5]

$$S_y^2 = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^M (Y_{iu} - \bar{Y})^2}{N(m-1)}, \quad (13)$$

где m – число повторностей опыта.

Дисперсия ошибки опыта составила $S_y^2 = 0,00043$.

Адекватность модели второго порядка проводили с помощью F - критерия Фишера [6].

$$F = \frac{S_{uF}^2}{S_y^2}, \quad (14)$$

где S_{uF}^2 – дисперсия неадекватности математической модели.

$$S_{uF}^2 = \frac{m(\sum_{i=1}^M \bar{Y} - Y_u)^2}{N - (k + 1)}. \quad (15)$$

Число степеней свободы числителя f_1 и знаменателя f_2 определяется по формулам [6]

$$\begin{aligned} f_1 &= N - (k + 1), \\ f_2 &= N(m - 1). \end{aligned} \quad (16)$$

Табличное значение $F_{0,05} = 3,0$ при $f_1 = 3$ $f_2 = 6$ [2].

Уравнение регрессии имеет вид

$$Y = 0,8744 + 0,0614x_1 + 0,075x_2 + 0,0275x_1x_2 - 0,084x_1^2 + 0,8776x_2^2. \quad (17)$$

Для анализа и систематизации полученного уравнения необходимо привести к типовой канонической форме. Для преобразования к каноническому виду проведен перенос начала координат в новую точку и поворот старых осей на некоторый угол α в факторном пространстве, в результате чего исчезают линейные части и изменяется значение свободного члена.

Для определения координат нового центра необходимо взять частные производные по независимым переменным и приравнять их к нулю.

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = 0,0614 + 0,0275x_2 - 0,1608x_1 = 0$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = 0,075 + 0,0275x_1 - 0,1755x_2 = 0$$

Координаты нового центра $x_{1s} = 0,0698$, $x_{2s} = 0,0983$.

Значения отклика в новом центре координат $Y_{1s} = 0,900$. Проверка правильности вычислений осуществляется сравнением сумм коэффициента уравнения регрессии при квадратичных членах [6].

Угол поворота осей определяется по формуле [6]

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{B_{11}}{B_{11} - B_{12}}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -0,267$$

$$\alpha = -14,95^\circ$$

Так как величина угла отрицательна, то оси необходимо повернуть по часовой стрелке на угол $\alpha = -14,95^\circ$

Уравнение регрессии в каноническом виде

$$Y_K = 0,92 - 0,0698x_1^2 - 0,0983x_2^2$$

Поскольку коэффициенты имеют одинаковые знаки, поверхность отклика – эллипсоид, а ее центр – экстремум, причем, максимум, так как канонические коэффициенты отрицательны.

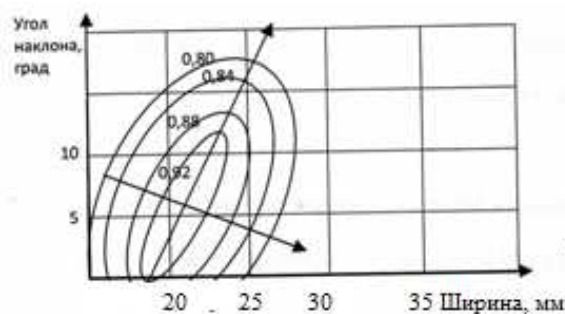


Рисунок 2 – Двумерные сечения поверхности отклика

На основании полученных данных построено двумерное сечение поверхности отклика рисунок 2, где представлена система контурных кривых показателя относительной кучности, представляющих эллипсы. Анализ кривых позволил установить оптимальные конструктивные параметры дефлектора. Область оптимума находится в пределах $x_1 = 22...25$ мм, угол наклона корпуса $x_2 = 8...12^\circ$. Дальнейшее увеличение конструктивных параметров сопровождается уменьшением показателя относительной кучности.

Для комплектования посевного агрегата следует использовать методику разработанную авторами [8,9]. Снижение расхода минеральных удобрений достигается использованием грубых кормов в качестве мульчи. Для измельчения грубых кормов разработана конструкция измельчителя [10].

Авторами разработана технология и подобраны технические средства для приготовления концентрированных кормов [11].

На урожайность сельскохозяйственных культур влияет качество посевного материала. Повысить качество семенного материала, как установлено авторами, обеспечивается за счет выбора рациональной технологии послеуборочной обработки семян, а параметры семяочистительных машин настраиваются с учетом скорости витания материала [12,13]. Авторами установлено, что включение в состав технологической линии фотосепараторов позволяет достигнуть степени очистки 99,9 %.

Список литературы

1. Устройство для поверхностного рассева минеральных удобрений и других сыпучих материалов Якимов Ю.И., Иванов В.П., Припоров Е.В., Заярский В.П., Волков Г.И., Селивановский О.Б. патент на изобретение RUS 2177216 14.03.2000.
2. Центробежный аппарат с подачей материала вдоль лопаток Припоров Е.В., Картохин С.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1499-1511.
3. Центробежный рабочий орган для рассева сыпучего материала Якимов Ю.И., Припоров Е.В., Иванов В.П., Заярский В.П., Волков Г.И., Селивановский О.Б. патент на изобретение RUS 2177217. заявл.14.03.2000.
4. Патент на изобретение RUS 2197807. Центробежный разбрасыватель сыпучих материалов. Якимов Ю.И., Припоров Е.В., Заярский В.П., Волков Г.И., Селивановский О.Б. заявл. 20.04.2001.
5. Прибор для исследования центробежных аппаратов разбрасывателей сыпучих материалов Якимов Ю.И., Припоров Е.В., Карабаницкий А.П., Ткаченко В.Т., Якушев А.А. патент на изобретение RUS 2201059. заявл. 20.04.2001.
6. Адлер Ю.П., Марков Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.– М.: Наука, 1971 - С. 283.
7. Новиков Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение, 1980, 304с.
8. Сошники зерновых сеялок ресурсосберегающих технологий Припоров Е.В. // В сборнике: Связь теории и практики научных исследований Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2016. С. 63-66.
9. Определение энергосберегающего режима работы тягового агрегата Припоров Е.В. // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 5 (15). С. 92-95.
10. Измельчитель грубых кормов Маслов Г.Г., Артемов В.Е., Припоров Е.В., Небавский В.А. патент на изобретение RUS 2222175. Заявл. 11.06.2002
11. Технологии и технические средства приготовления концентрированных кормов с использованием соевого белка. Фролов В.Ю., Сысоев Д.П., Припоров И.Е., Горб С.С.// International Scientific and Practical Conference World science. 2016. Т. 1. № 3 (7). С. 53-58.

12. Припоров И.Е., Лазебных Д.В. Рациональная технология послеуборочной обработки семян подсолнечника // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1475-1485.

13. Влияние толщины, ширины и индивидуальной массы семян подсолнечника на скорость их витания *Шафоростов В.Д., Припоров И.Е.* // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. № 1 (142-143). С. 76-80.

14. Обоснование применения оптического фотоэлектронного сепаратора в составе универсального семяочистительного комплекса. *Припоров И.Е.* // В сборнике: Конкурентная способность отечественных гибридов, сортов и технологии возделывания масличных культур Сборник материалов 8-й международной конференции молодых учёных и специалистов. 2015. С. 138-141.

15. Классификация оптических фотосепараторов для сортирования семян подсолнечника. *Припоров И.Е., Шафоростов В.Д.* // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 1. С. 68-70.

16. Моделирование процесса сепарирования семян подсолнечника в вертикальном пневмоканале ветро-решетных зерноочистительных машин *Шафоростов В.Д., Припоров И.Е.* // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2011. № 1 (146-147). С. 113-118.

References

1. Ustrojstvo dlja poverhnostnogo rasseva mineral'nyh udobrenij i drugih sypuchih materialov Jakimov Ju.I., Ivanov V.P., Priporov E.V., Zajarskij V.P., Volkov G.I., Selivanovskij O.B. patent na izobrenie RUS 2177216 14.03.2000.

2. Centrobezhnyj apparat s podachej materiala vdol' lopatok Priporov E.V., Kartohin S.N. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 1499-1511.

3. Centrobezhnyj rabochij organ dlja rasseva sypuchego materiala Jakimov Ju.I., Priporov E.V., Ivanov V.P., Zajarskij V.P., Volkov G.I., Selivanovskij O.B. patent na izobrenie RUS 2177217. zajavl.14.03.2000.

4. Patent na izobrenie RUS 2197807. Centrobezhnyj razbrasyvatel' sypuchih materialov. Jakimov Ju.I., Priporov E.V., Zajarskij V.P., Volkov G.I., Selivanovskij O.B. zajavl. 20.04.2001.

5. Pribor dlja issledovanija centrobezhnyh apparatov razbrasyvatelej sypuchih materialov Jakimov Ju.I., Priporov E.V., Karabanickij A.P., Tkachenko V.T., Jakushev A.A. patent na izobrenie RUS 2201059. zajavl. 20.04.2001.

6. Adler Ju.P., Markov E.V., Granovskij Ju.V. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij.– M.: Nauka, 1971 - S. 283.

7. Novikov F.S., Arsov Ja.B. Optimizacija processov tehnologii metallov metodami planirovanija jeksperimentov. – M.: Mashinostroenie, 1980, 304s.

8. Soshniki zernovyh sejalok resursosberegajushhij tehnologij Priporov E.V. // V sbornike: Svjaz' teorii i praktiki nauchnyh issledovanij Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Otvetstvennyj redaktor: Sukiasjan Asatur Al'bertovich. 2016. S. 63-66.

9. Opredelenie jenergoberegajushhego rezhima raboty tjagovogo agregata Priporov E.V. // Innovacii v sel'skom hozjajstve. 2015. № 5 (15). S. 92-95.

10. Izmel'chitel' grubyh kormov Maslov G.G., Artemov V.E., Priporov E.V., Nebavskij V.A. patent na izobrenie RUS 2222175. Zajavl. 11.06.2002

11. Tehnologii i tehnicheckie sredstva prigotovlenija koncentrirovannyh kormov s ispol'zovaniem soevogo belka. Frolov V.Ju., Sysoev D.P., Priporov I.E., Gorb S.S.// International Scientific and Practical Conference World science. 2016. T. 1. № 3 (7). S. 53-58.

12. Priporov I.E., Lazebnyh D.V. Racional'naja tehnologija posleuborochnoj obrabotki semjan podsolnechnika // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 1475-1485.

13. Vlijanie tolshhiny, shiriny i individual'noj massy semjan podsolnechnika na skorost' ih vitaniya Shaforostov V.D., Priporov I.E. // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. 2010. № 1 (142-143). S. 76-80.

14. Obosnovanie primenenija opticheskogo fotojelektronnogo separatora v sostave universal'nogo semjaochistitel'nogo kompleksa. Priporov I.E. // V sbornike: Konkurentnaja sposobnost' otechestvennyh gibridov, sortov i tehnologij vozdeľvanija maslichnyh kul'tur Sbornik materialov 8-j mezhdunarodnoj konferencii molodyh uchjonyh i specialistov. 2015. S. 138-141.

15. Klassifikacija opticheskikh fotoseparatorov dlja sortirovanija semjan podsolnechnika. Priporov I.E., Shaforostov V.D. // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 10. № 1. S. 68-70.

16. Modelirovanie processa separirovanija semjan podsolnechnika v vertikal'nom pnevmokanale vetro-reshetnyh zernoochistitel'nyh mashin Shaforostov V.D., Priporov I.E.// Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. 2011. № 1 (146-147). S. 113-118.