

3. Федорченко И.С., Максимов Е.И. Экспериментальное устройство для метания грунта // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. тр. Всерос. конф. – Красноярск, 2009. – Т. 2. – С. 234–239.
4. Пат. РФ № 2400274, МПК<sup>3</sup> A62C27/00. Фронтальный лесопожарный грунтомет / Максимов Е.И., Федорченко И.С., заявка № 2009114066 подана 13.04.2009 г.
5. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер [и др.]. – М.: Наука, 1976.
6. Невзоров В.Н., Лабзин В.А., Голубев И.В. Надежность машин и оборудования: метод. указания для выполнения лабораторных работ. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2003. – 44 с.
7. Чукичев А.Н. Технологические и теоретические основы фрезерно-метательных машин для тушения лесных пожаров грунтом: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 1995. – 40 с.



УДК 620052.2:631.331.1:633.1

*M.A. Адуов, С.А. Нукусхева*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН В ПОДСОШНИКОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

*В статье обосновываются параметры распределителя для внутрипочвенного разбросного посева зерновых культур. Исследован технологический процесс и определены факторы, влияющие на равномерность распределения семян. Теоретически и экспериментально обоснованы конструктивные параметры распределителя семян. Проведены испытания в производственных условиях и дана технико-экономическая оценка.*

**Ключевые слова:** сеялка, внутрипочвенный посев, разбросной посев, высевающий аппарат, распределитель семян.

*M.A. Aduov, S.A. Nukusheva*

### **PROCESS RESEARCH OF UNIFORM DISTRIBUTION OF SEEDS IN PLOUGH SUPPORTING BLOCK SPACE**

*Parameters of distribution block for in-soil dissipation sowing of grain are substantiated. Technological process is investigated and factors influencing the uniform distribution of seeds are determined. Constructive parameters of seeds distribution block are theoretically and experimentally substantiated. Testing in production conditions is conducted and technical and economical assessment is given.*

**Key words:** sowing machine, in-soil sowing, dissipation sowing, planting apparatus, seeds distribution block.

---

**Введение.** Разработка посевных машин в Республике Казахстан осуществляется по ряду направлений, из которых можно выделить три основных: улучшение качественных показателей посева, повышение производительности машин и создание машин многофункционального назначения.

Улучшение качественных показателей посева возможно за счет рационального выбора типажа рабочих органов, оптимального режима движения машин, технических характеристик подвески рабочих органов к раме сеялки и применения новых технологий посева (сужение междурядий при посеве) по стерне и парам, бороздковый посев с повсходовым боронованием, совмещение различных способов посева в одной машине.

Реализация указанных направлений при модернизации серийных и создании новых машин позволит повысить продуктивность высеваемых культур на 15–20%, производительность машин на 30–35% и снизить расход горючего на 25–30%.

Анализ конструкций сошников показал, внедрение в районах недостаточного увлажнения почвозащитной системы земледелия на основе комбинированных агрегатов позволило разработать внутрипочвенный разбросной посев зерновых культур. Однако предлагаемые машины как более раннее, так и в настоящие имеют ряд серьезных конструктивных и технологических недостатков: сложность конструкции, увеличенные размеры подсошникового пространства, увеличенная высота свода сошника, значительные размеры борозды, оставляемой стойкой сошника, неравномерность высева и т.д.

Нами предложенное устройство распределителя позволит равномерно распределить семена и удобрения по всей площади, обработанной стрельчатой лапой сошника, что рационально обеспечит питание, развитие растений и повышение урожайности зерновых культур.

**Цель.** Увеличение урожайности возделываемых культур является основной целью при решении большинства задач, связанных с усовершенствованием технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин [1].

По данным исследований, урожайность зерновых культур при разбросном способе посева повышается в среднем на 10...30% по сравнению с узкорядным и рядовым способами [2,3]. Получение высоких и устойчивых урожаев зерновых культур зависит от многих факторов, среди которых немаловажную роль играет качество работ посевных машин, в частности, высевающих аппаратов, распределителя к сошникам и др., влияющих на равномерность распределения семян. В связи с вышеизложенным, целью исследований является снижение неравномерности распределения семян по площади посева путем обоснования параметров распределителя для внутрипочвенного разбросного посева, зерновых культур.

**Задачи.** Для достижения поставленной цели нами был исследован технологический процесс и определены факторы, влияющие на равномерность распределения семян зерновых культур в подсошниковом пространстве при внутрипочвенном разбросном способе посева, и обоснованы конструктивные параметры распределителя семян. Теоретически и экспериментально обоснованные параметры распределителя были испытаны в производственных условиях и дана технико-экономическая оценка эффективности его применения.

**Условия исследований.** Многие исследователи отмечают, что если растения размещены вдоль ряда редко, то даже самое пышное развитие каждого из них не может обеспечить полного покрытия площади почвы и использования всего потока лучистой энергии, питательных веществ и влаги. Снижение урожая с единицы площади в этом случае будет связано с тем, что часть энергии, которая могла бы быть использована для фотосинтеза, пропадет бесполезно [4]. С другой стороны, при сильном загущении посевов начинают все сильнее проявляться явления взаимного затенения, обостряется конкуренция отдельных растений за влагу и питательные вещества, нередко усиливаются заболевания растений, что также снижает продуктивность растений и, в конечном счете, урожайность. По проведенной по единой методике закладки опытов в различных почвенно-климатических зонах установлено, что увеличение неравномерности распределения семян по площади свыше 6% приводит к снижению урожайности зерновых культур. Следовательно, замыкающий технологический процесс орган – сошник – имеет допустимую неравномерность высева в пределах 6% [4, 5]. Если проследить технологический процесс от сошника до питающей емкости, то на показатель качества работы оказывают влияния тип сошника и семяпроводов, дозирующие аппараты и питающая емкость, которые определяют равномерность распределения семян по площади. Отсюда следует, что каждое звено технологического процесса имеет допустимую неравномерность высева. Таким образом, контролировать и управлять технологическим процессом высева семян можно при распределении семян по площади у замыкающего звена.

**Методы исследований.** Исследования проведены с применением основных положений классической и земледельческой механики, согласно методам статистического планирования экспериментов в лабораторных и лабораторно-полевых условиях. Определение агротехнических показателей проводилось согласно ОСТ РК 10-46-002-2004. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей; ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний; Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве (2005 г.); «Методики расчета и определения равномерности распределения семян зерновых культур по площади» (Любушко Н.И.) и «Методики полевого опыта» (Доспехов Б.А.).

Обработка и оценка достоверности результатов экспериментальных исследований проведена с использованием методов математической статистики. При расчетах использованы программные средства MS Excel и Statistica, MathCad система Mathlab.

Сошник стерневой сеялки в виде стрельчатой культиваторной лапы хорошо заглубляется в твердую почву, рыхлит верхний слой и уничтожает сорняки, для внутрипочвенного разбросного посева семян необходимо использовать устройства для распределения семян в подсошниковом пространстве. В известных устройствах для рассеивания семян по площади питания используется энергия их свободного падения, они имеют незначительную ширину рассеивания, а также недостаточную равномерность распределения семян в пределах ширины захвата сошника. В связи с этим за основу взят стрельчато-лаповый сошник, состоящий из стойки криволинейной формы, на которой спереди, по направлению движения, укреплена стрельчатая лапа, а сзади размещен направитель (семяпровод), неподвижно закрепленный на стойке. Для распределения семян по ширине рабочего органа предлагается использовать распределитель криволинейной поверхности.

Для вывода уравнения движения зерна по образующей криволинейной поверхности распределителя семян пренебрегаем упругостью зерна и считаем, что вектор скорости падающего зерна совпадает с направлением скорости движения его по образующей в точке встречи зерна с поверхностью распределителя, так как угол между векторами небольшой.

Рассмотрим движение материальной частицы (зерна) в прямоугольной системе координат  $XOY$  (рис. 1), расположенной в плоскости радиального сечения распределителя. На зерно массой  $m$ , движущегося по поверхности распределителя, действуют сила тяжести  $G$ , нормальная реакция  $N$ , сила трения  $F_{mp}$  и центробежная сила инерции  $F_u$ , уравнение кривой, описывающей поверхность распределителя, с учетом размеров поддапового пространства запишется в следующем виде:

$$Y = \frac{hx}{R} \left( 2 - \frac{x}{R} \right), \quad (1)$$

где  $h$  – высота распределителя, м;  
 $R$  – радиус окружности основания распределителя, м.

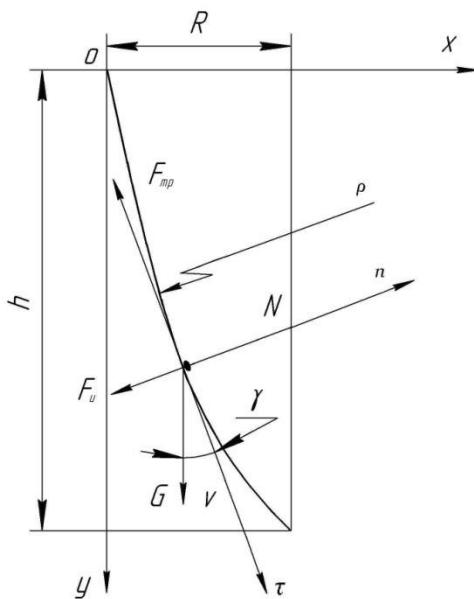


Рис. 1. Схема сил, действующих на семена при движении их по поверхности распределителя

Тогда уравнение скорости перемещения зерна по распределителю с учетом уравнений запишется как

$$V = \frac{g \left[ R^2 - 2fh(R-x) \right]}{\sqrt{R^4 + 4h^2(R-x)^2}} t + V_0, \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент трения семян о поверхность распределителя.

Из уравнения (2) определяем время движения семян по распределителю

$$t = \frac{V - V_0}{g \left[ R^2 - 2fh(R-x) \right] \sqrt{R^4 + 4h^2(R-x)^2}}. \quad (3)$$

Получены зависимости скорости перемещения семян по поверхности распределителя при различных значениях высоты  $h$  и радиуса основания распределителя  $R$ . На рисунке 2 представлены зависимости скорости перемещения семян по поверхности распределителя при радиусе основания  $R=0,03\text{м}$ .

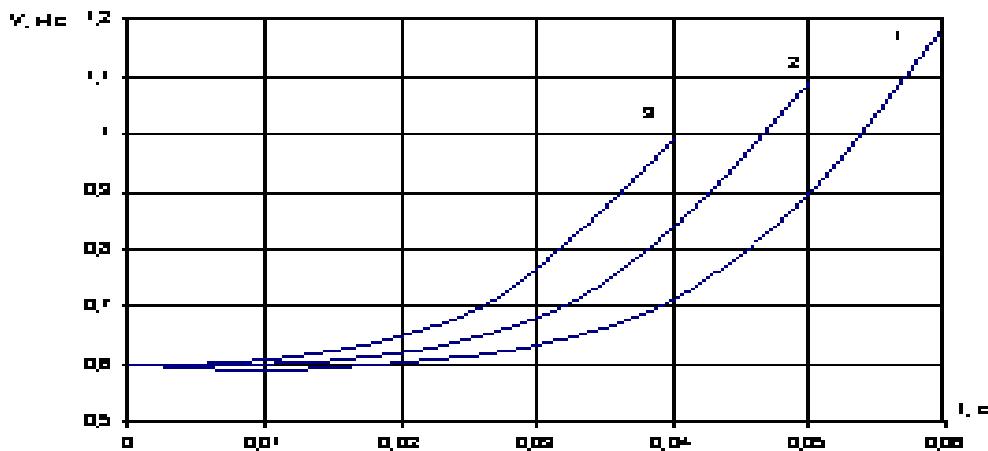


Рис. 2. Скорость перемещения семян по поверхности распределителя при радиусе основания  $R=0,03\text{м}$  и при различных значениях высоты распределителя

Анализ рисунка 2 показывает, что скорость семян по мере перемещения по распределителю возрастает, с уменьшением высоты распределителя происходит резкий рост скорости семян – кривые 1, 2 и 3. Наибольшую скорость схода семена достигают при перемещении по распределителю с параметрами  $h=0,07\text{м}$  и  $R=0,03 - 1,19 \text{ м/с}$ , а скорости схода с распределителем ( $h=0,06$  и  $R=0,03$ ) составляет  $1,09 \text{ м/с}$  и с распределителем ( $h=0,05$  и  $R=0,03$ ) –  $0,994 \text{ м/с}$  соответственно. Из рисунка 2 видно, что скорость схода семян прямолинейно зависит от радиуса основания распределителя, растет с увеличением радиуса основания.

Дальность полета семян при его сходе с поверхности распределителя определяет ширину полосы распределения семян в подсошниковом пространстве и дальность полета семян и определяется из выражения

$$L=R+V_c \cos \alpha_c \sqrt{\frac{2h_1}{g}}, \quad (4)$$

где  $V_c$  – начальная скорость полета семян при сходе его с распределителя;  
 $h_1$  – высота основания распределителя над дном борозды.

Из формулы (4) видно, что увеличить дальность полета в условиях подсошникового пространства плоскорежущего сошника стерневой сеялки с помощью распределителя можно за счет увеличения начальной скорости  $V_c$  полета семян и высоты  $h_1$  подъема распределителя над дном борозды. Однако пределы изменения этих величин ограничены конструктивными и технологическими параметрами сошника. Начальная скорость полета семян в момент схода их с распределителем составляет  $0,8-1,6 \text{ м/с}$  и определяется высотой расположения высевающего аппарата и формой распределителя. Теоретические исследования показали, высота установки распределителя влияет на дальность полета семян, и распределение семян по всей ширине захвата стрельчатой лапы обеспечивается при высоте расположения распределителя над почвой, начиная с  $h_1=0,02\text{м}$ , что подтвердила экспериментальная проверка.

Анализ выражения (4) и рисунка 3 показывает, что дальность полета семян зависит от высоты установки распределителя над поверхностью почвы  $h_1$ . С увеличением высоты установки увеличивается дальность полета семян  $L$ , так при  $h_1=0,005 \text{ м}$   $L=0,068 \text{ м}$ ; при  $h_1=0,015 \text{ м}$   $L=0,096 \text{ м}$  и при  $h_1=0,025 \text{ м}$   $L=0,115 \text{ м}$ .

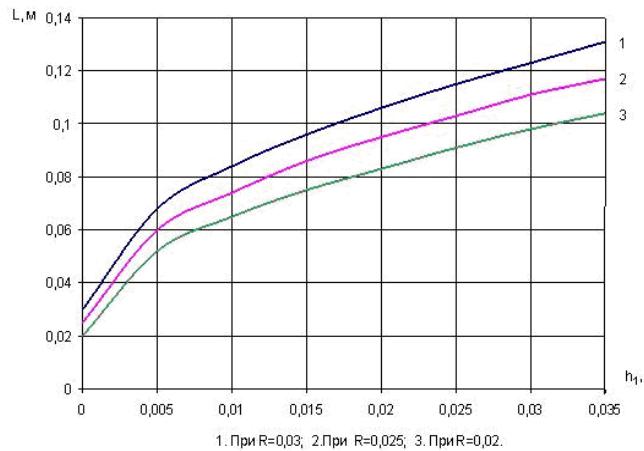


Рис. 3. Зависимости дальности полета семян ( $L$ ) от высоты расположения ( $h_1$ ) распределителя от дна бороздки при различных радиусах основания ( $R$ ) и высоты  $h=0,07\text{м}$  распределителя ( $V_{CR=0,03}=1,19\text{ м/с}; V_{CR=0,025}=1,095\text{ м/с}; V_{CR=0,02}=0,992\text{ м/с}$ )

Зависимости дальности полета семян от скорости их схода с распределителя носят прямолинейный характер, увеличение скорости схода семян приводит к увеличению дальности полета семян (рис. 4).

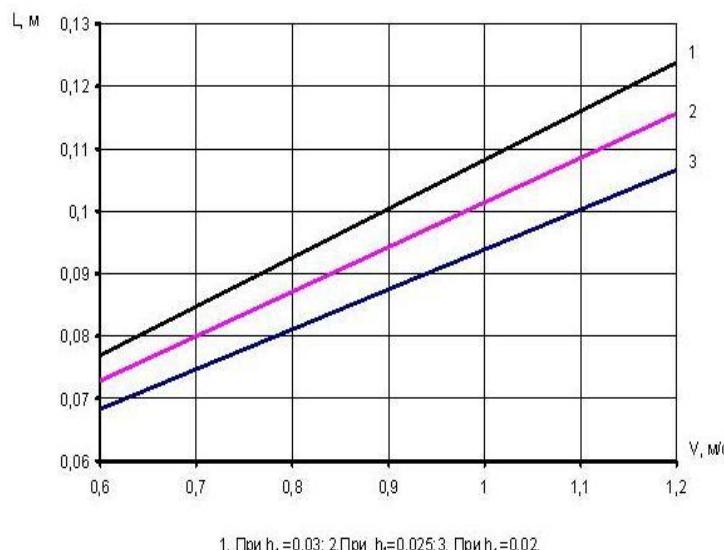


Рис. 4. Зависимости дальности полета семян ( $L$ ) от скорости схода семян ( $V$ ) при различной высоте распределителя ( $h_1$ ) ( $R=0,03$ )

При наименьшем расстоянии от центра распределителя до полки лапы  $\epsilon/2=0,115$  распределение семян по всей ширине захвата стрельчатой лапы обеспечивается при высоте расположения распределителя, начиная с  $h_1=0,02\text{ м}$ , при  $R=0,03\text{ м}$  и  $h_1=0,03\text{ м}$  при  $R=0,025\text{ м}$ . Указанная ширина захвата сошника обеспечивается при скорости схода семян  $1,09\text{ м/с}$  и  $h_1=0,03\text{ м}$  или при скорости схода семян  $1,2\text{ м/с}$  и  $h_1=0,025\text{ м}$ . То есть, уравнение образующей кривой поверхности распределителя, которая обеспечивает равномерное распределение семян по всей ширине захвата сошника, описывается следующим уравнением:

$$y = 4x - 66,7x^2. \quad (5)$$

Превышение скорости схода семян от вышеуказанных величин приводит к их ударению об полку лапы, что снижает равномерность распределения семян по ширине захвата сошника. Исследования показали, что требуемая ширина распределения семян по ширине захвата сошника обеспечивается при скорости схода

да семян с распределителем в пределах от 0,9 ( $L=0,115$  м) до 1,2 м/с ( $R=0,03$  м) при  $h_1=0,025$  м, при начальной скорости подачи семенного материала на поверхность распределителя  $V_O = 0,6$  м/с.

**Результаты исследований.** С целью проверки правильности результатов теоретических и экспериментальных исследований нами были проведены лабораторно-полевые опыты на территории ТОО «Шахтерское», Нуринского района, Карагандинской области по определению качественных показателей работы экспериментальной сеялки с обоснованными параметрами в сравнении с серийной сеялкой «Омичка».

Основным показателем, оценивающим эффективность применения на посеве сеялки, оборудованной экспериментальными сошниками, в сравнении с существующей, является урожайность культуры с единицы площади.

Анализ рисунка 5 показывает, что распределение растений по площади резко отличается на участках, засеянных сеялкой с экспериментальными сошниками и серийной сеялкой, с явным преимуществом в пользу экспериментальной.

Распределение семян разработанной сеялкой составляет:

- пустые квадраты – в среднем 7%,
- с одним зерном – 32,2%,
- с двумя зернами – 27,2%.

Распределение семян серийной сеялкой:

- квадраты без зерен составляют 14,2%,
- с одним зерном – 19%,
- с двумя – 21,5%.

Среднерасчетное число семян в 5-сантиметровых квадратах при норме высея 100 кг/га составляет 0,7 штук. По этому показателю экспериментальная сеялка превосходит серийную на 8,8%, кроме того, пустых квадратов у экспериментальной меньше на 7,2%.

По квадратам с тремя зернами у сравниваемых сеялок разница составляет 27,2 и 21,5% соответственно.

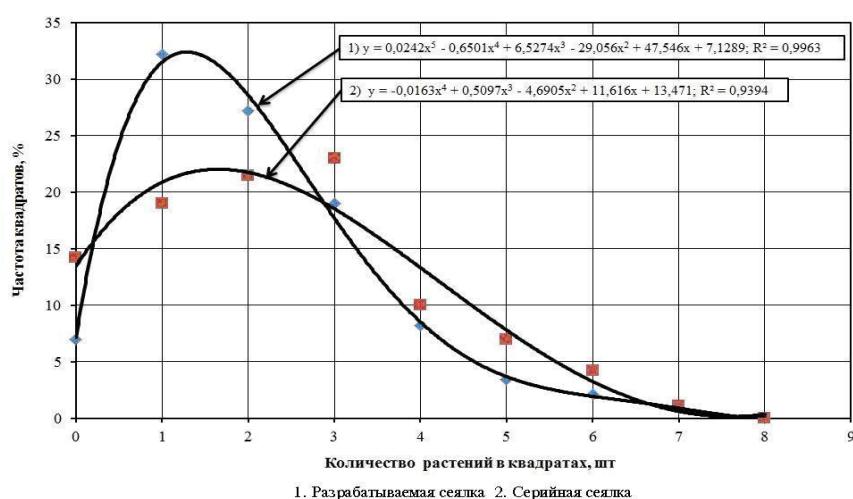


Рис. 5. Распределение растений по площади

Анализ лабораторно-полевых опытов показал, что экспериментальная сеялка превосходит по количеству квадратов с одним зерном серийную на 12,3% и пустых квадратов у экспериментальной меньше на 6%, урожайность на опытных участках составила 8,3 ц/га, а на контрольной делянке 7 ц/га.

## Выводы

На основании проведенных исследований следует отметить:

- что для обеспечения требуемой траектории полета и равномерного распределения семян по ширине захвата сошника необходимо, чтобы поверхность распределителя была описана параболической зависимостью;
- получена теоретическая зависимость скорости перемещения семян по поверхности распределителя от его конструктивных параметров, обосновано, что при наименьшем расстоянии от центра распределителя до полки лапы  $\theta/2=0,115$  м и скорости схода семян 0,9–1,2 м/с рациональные параметры распределителя составляют: высота  $h=65\text{--}70$  мм; радиус окружности основания  $R=25\text{--}27,5$  мм и высота установки распределителя от дна бороздки не более 23–25 мм.

- по результатам лабораторно-полевых опытов экспериментальная сеялка превзошла по количеству квадратов с одним зерном серийную на 12,3% и пустых квадратов у экспериментальной меньше на 6%, следовательно, урожайность на опытных участках составила 8,3 ц/га, а на контрольной делянке 7 ц/га.

### Литература

1. Адуов М.А. Научно-технологические основы создания технических средств высева семян зерновых культур и внесения минеральных удобрений (на примере северной зоны Казахстана): дис. ... д-ра техн. наук. – Алматы, 2008.
2. Грищенко В.Ф., Шведков В.И., Ломовицкий В.С. О результатах производственной проверки безрядковой (зерновой) сеялки // Механизация сельского хозяйства: сб. науч. тр. Рязанского СХИ.– Рязань, 1974. – Т.30. – С.5–12.
3. Ковриков И.Т. Основные принципы разработки распределительных устройств подпочвенно-разбросных сошников зерновых сеялок // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – №5. – С.13–14.
4. Малев М.К. Обоснование параметров рабочих органов сеялок-культиваторов для посева на почвах, подверженных ветровой эрозии // Механизация возделывания зерновых культур на почвах, подверженных ветровой эрозии. – Алма-Ата, 1971. – С.95–117.
5. Каскарбаев Ж.А. Современные проблемы почвозащитного земледелия и перспективы зернового производства в засушливой степи Северного Казахстана // Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах. – Астана-Шортанды, 2006. – С. 67–77.



УДК 621.785.532

С.В. Агафонов

### АЗОТИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ (НА ПРИМЕРЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ, ГИДРОМОТОРОВ)

На основании проведенного математического моделирования и практических исследований определены оптимальные параметры процесса азотирования размерновосстановленных распределителей аксиально-поршневых насосов (гидромоторов), изготовленных из стали 38Х2МЮА.

**Ключевые слова:** детали, химико-термическая обработка, азотирование, математическое моделирование, гибридный регрессионный комплекс.

S.V. Agafonov

### NITRIDING IN THE ELECTROSTATIC FIELD IN RESTORATION OF WORN-OUT DETAILS IN AGRICULTURAL MACHINERY (ON THE EXAMPLE OF DISTRIBUTORS OF AXIAL AND PISTON PUMPS, HYDRO MOTORS)

On the basis of the conducted mathematical modeling and practical research, optimal parameters of nitriding process of differently renewed valves in axial piston pumps (hydro motors) made of steel 38Х2МЮА are determined.

**Key words:** details, chemical and thermal processing, nitriding, mathematical modeling, hybrid set of regression.

---

В настоящее время имеются различные эффективные способы повышения долговечности деталей машин. Одним из наиболее эффективных и широко применяемых методов повышения долговечности многих ответственных деталей является их термическая и химико-термическая обработка (ХТО). ХТО воздействует на поверхностные слои металла, в которых концентрируются максимальные напряжения, возникают трещины, развиваются процессы износа и коррозии.

Химико-термическая обработка сочетает термическое и химико-термическое воздействия с целью изменения химического состава, структуры и свойств поверхностного слоя металла или сплава. Для повышения долговечности наиболее ответственных деталей машин широко используются процессы цементации,