

## **РАЗРАБОТКА РЫХЛИТЕЛЯ-ВЫРАВНИВАТЕЛЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА**

А.С. Рзалиев, к.т.н., профессор, С.Б. Бекбосынов, к.т.н., профессор,  
Ш.Б. Бекмухаметов

*Казахский национальный аграрный университет  
г. Алматы, Республика Казахстан*

### **Введение**

Площадь орошаемых земель на юге Казахстана составляет 1200 тыс. га. Технология подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур в южном регионе Казахстана включает основную и предпосевную обработку почвы. Основная обработка почвы в орошаемой зоне выполняется отвальными плугами. Это наиболее энергоемкая операция. Из-за отсутствия в хозяйствах юга Казахстана энергонасыщенных тракторов вспашка производится с использованием тракторов МТЗ-80(82). При этом глубина вспашки на тяжелых по механическому составу почвах не превышает 18-20 см. Ежегодная, примерно на одинаковую глубину, вспашка приводит к образованию плужной подошвы, что в итоге препятствует накоплению влаги и снижает урожайность возделываемых культур. Отвальная вспашка под озимые культуры выполняется в период с 15 августа по 15 сентября и приводит к иссушению верхнего слоя почвы [1-3]. Анализ агротехнологических показателей предпосевной обработки почвы в хозяйствах орошаемой зоны Алматинской области, проведенный в предыдущие годы (таблица 1), показал, что обработка почвы однооперационными машинами (плугами, дисковыми боронами, культиваторами) не обеспечивает должного выравнивания почвы и ее крошения.

Основным условием получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур в условиях засушливого резко-континентального климата юга Казахстана является качественная предпосевная обработка почвы, обеспечивающая сохранение влаги и стабильную глубину заделки семян. Для сохранения максимального количества влаги в почве и обеспечения хорошего качества посева необходимо разуплотнить плужную подошву с помощью глубокой чизельной обработки на глубину до 35 см [4], создать мелкокомковатый выровненный слой почвы, сократить разрыв во времени между технологическими операциями предпосевной обработки почвы.

Таблица 1 – Показатели гребнистости и крошения почвы однооперационными орудиями при предпосевной обработке орудиями в хозяйствах орошаемой зоны земледелия Алматинской области

Хозяйство	Показатели гребнистости поверхности поля				Содержание фракции почвы размером до 25мм			
	по агро- требованиям, не более	$\bar{X}$ ,	$\pm\sigma$ ,	$\gamma$ ,	по агро- требованиям, не более	$\bar{X}$ ,	$\pm\sigma$ ,	$\gamma$ ,
		см	см	%		см	см	%
КХ «Мухамедиева» Тургеневского района, Алматинской области	±5 см	10,2	3,57	35	85%	65	17,55	27
КХ «Ак-Бота» Алакульского района Алматинской области	±5 см	11,3	3,16	28	85%	50	15,0	30
		12,0	3,6	30	85%	60	19,20	32
		11,7	2,64	22,6	85%	55	19,25	35
		9,0	3,15	35	85%	65	18,20	28
		10,5	2,42	23	85%	45	11,25	25
В среднем по хозяйствам Алматинской области	±5 см	10,8	3,09	28,6	85%	6,7	16,74	29,5

Основным условием получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур в условиях засушливого резкоконтинентального климата юга Казахстана является качественная предпосевная обработка почвы, обеспечивающая сохранение влаги и стабильную глубину заделки семян. Для сохранения максимального количества влаги в почве и обеспечения хорошего качества посева необходимо разуплотнить плужную подошву с помощью глубокой чизельной обработки на глубину до 35 см [4], создать мелкокомковатый выровненный слой почвы, сократить разрыв во времени между технологическими операциями предпосевной обработки почвы.

Высококачественное выравнивание поверхности поля существенно повышает эффективность использования орошаемых площадей, производительность труда тракторных агрегатов и улучшает условия труда на последующих работах, а также уменьшает эрозию почвы. Все это в конечном итоге повышает урожайность сельскохозяйственных культур и обеспечивает большой экономический эффект.

Основной целью текущей планировки земель в сельском хозяйстве является устранение неровностей поверхности поля, которые за-

трудняют проведение поливных и механизированных агротехнических мероприятий. Ровная поверхность поля обеспечивает эффективное использование оросительных вод, снижение затрат труда на поливах. По данным ряда исследователей производительность труда поливальщика на поливе по бороздам на не спланированных орошаемых участках составляет 0,43-0,5 га за смену, а на хорошо спланированных - 1,82 га. На спланированном участке поливальщик может управлять большим поливным током – 70-80 л/с, а на не спланированном участке трудно управлять поливным током даже в пределах 20 л/с [5].

Текущая планировка по агротребованиям должна проводиться после рыхления почвы на глубину не менее 15 см. Однако разрыв во времени между проходами рыхлителя и планировщика приводит к значительной потере влаги, что отрицательно сказывается на всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур [6].

В связи с этим возникает необходимость в создании комбинированного орудия, выполняющего разуплотнение плужной подошвы почвы путем ее чизелевания на глубину до 30-35 см, предпосевное выравнивание поверхности поля и прикатывание почвы.

Зарубежные выравниватели почвы не вписываются в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в этом регионе, поскольку на иссушенных и сильно уплотненных в результате поливов заплывающих почвах не обеспечивают необходимую выровненность полей. В республику по импорту они практически не завозятся из-за несоответствия почвенным условиям и высокой стоимости, что и предопределяет необходимость разработки рыхлителя-выравнивателя почвы для орошаемой зоны земледелия в южном регионе Казахстана.

Нами предложена новая конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для рыхления, выравнивания и прикатывания почв различного механического состава в условиях южного Казахстана.

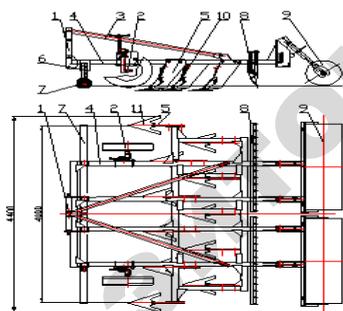
### **Основная часть**

Применяемая технология текущей планировки, осуществляемая однооперационными машинами, имеет ряд недостатков. Типичные сельскохозяйственные операции предпосевного и предпланировочного рыхления (боронование, культивация и дискование), по времени отделены от планировки, что приводило к дополнительному увеличению числа проходов, затрат материально-технических средств [6-11]. В связи с этим зарубежными фирмами сельхозмашиностроения разработан ряд комбинированных машин.

Приведенные в литературе результаты испытаний указанных выше агрегатов показали, что у них низкое качество выравнивания и крошения на тяжелых и заплывающих почвах, а также при обработке иссушенных почв, которые довольно часто встречаются в условиях резко-континентального климата Казахстана. В связи с этим возникает необходимость универсального рыхлителя-выравнивателя, позволяющего осуществлять: предпосевную подготовку почвы (рыхление почвы, выравнивание ее, уплотнение почвы в слое залегания семян); в случае необходимости глубокого рыхления с разрушением плужной подошвы.

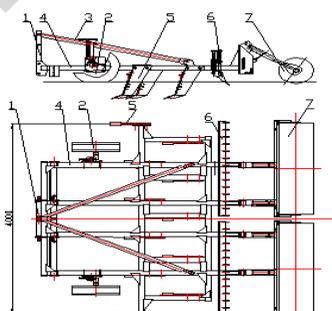
На основании анализа существующих конструкций комбинированных орудий для предпосевого рыхления и выравнивания почвы, результатов хозяйственной проверки работоспособности макетного образца в 2015 году доработана его конструктивно-технологическая схема (рисунок 1, 2).

Орудие комплектовалось рабочими органами для предпосековой поверхностной обработки и выравнивания поверхности поля и рабочими органами для глубокого рыхления почвы (рисунок 1, 2, таблица 2).



1 – навесное устройство; 2 – колесо опорно-регулируемое; 3 – подкос; 4 – рама; 5 – рабочий орган для рыхления почвы; 6 – механизм регулировки положения переднего выравнивающего устройства; 7 – переднее выравнивающее устройство; 8 – подпружиненная зубовая борона; 9 – каток для выравнивания и прикатывания почвы; 10 – переходник; 11 – стрелчатая лапа.

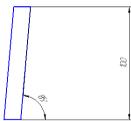
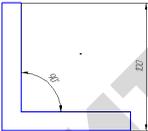
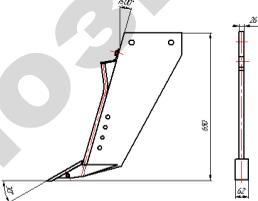
Рисунок 1. – Конструктивно-технологическая схема рыхлителя-выравнивателя почвы РВП-4 для рыхления и выравнивания почвы



1 – навесное устройство; 2 – колесо опорно-регулируемое; 3 – подкос; 4 – рама; 5 – рабочий орган для рыхления почвы; 6 – подпружиненная зубовая борона; 7 – каток для выравнивания и прикатывания почвы.

Рисунок 2. – Конструктивно-технологическая схема орудия рыхлителя-выравнивателя почвы РВП-4 для чизельной обработки почвы

Таблица 2 – Параметры рабочих органов рыхлителя-выравнивателя

Наименование	Параметры
<p>Передняя выравнивающая доска</p> 	<p>Рабочая высота выравнивающей доски <math>h_p=100</math> мм Угол установки выравнивающей доски <math>\beta=90; 85; 80; 75; 70</math></p>
<p>Стрельчатые лапы</p> 	<p>КПЭ-3,8; КТС-10-1 Ширина захвата - 410 мм Угол крошения 8 - 12 ° Стойка - упругая, подпружиненная Расстановка на раме - в 2 ряда. Междуследие - 400 мм</p>
<p>Прикатывающий каток</p>  	<p>Прутковый. Диаметр катка - 496 мм. Шаг расстановки прутков - 140 мм. Полка уголка - 40 мм Диаметр прутка - 18 мм</p> <p>Кольчатый каток. Диаметр катка 500 мм. Шаг расстановки колец - 50,10,150,200мм.</p>
<p>Заднее выравнивающее устройство</p> 	<p>Уголок 100×100 мм Угол установки к поверхности поля - 90° Зубовая подпружиненная борона.</p>
<p>Чизельный глубокорыхлитель</p> 	<p>Ширина долота - 62 мм Угол крошения - 30° Высота стойки - 650 мм Угол наклона стойки - 85°</p>

По результатам испытаний макетного образца рыхлителя-выравнивателя в 2015 г было установлено, что передняя выравнивающая доска удовлетворительно выполняет технологический процесс при глубине обработки 5-7 см. При больших значениях глубины происходит сгруживание почвы. Ее

назначение – предварительное выравнивание за счет среза верхних частей гребней и частичного засыпания борозд для уменьшения колебаний опорных колес в вертикальной плоскости. При доработке макетного образца орудия параметры передней выравнивающей доски остались прежними.

Основной выравнивающий эффект при работе машины достигается за счет использования стрельчатых лап. При работе перед лапой образуется почвенный валик, размеры которого будут постоянными на идеально выравненном поле. В реальных условиях при встрече лапы с гребнями размеры валика увеличиваются, и почва за счет внутреннего трения транспортируется на какое-то расстояние и затем часть ее перемещается в бороздку. Далее этот процесс повторяется, таким образом, происходит выравнивание почвы стрельчатыми лапами.

Второй ряд установленных на раме лап работает в условиях свободного резания. Зона распространения деформации вокруг лаповых рабочих органов достаточно хорошо изучена Труфановым В.В. и Капустиным А.Н. [12]. Ими установлено, что движение отдельных элементов пласта после его разрушения лапами происходит по двум направлениям: по стойке вверх и по рабочим поверхностям самой лапы (рисунок 3).

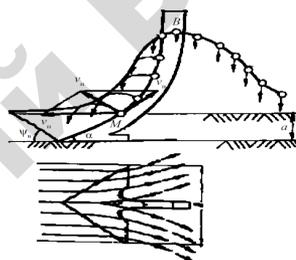


Рисунок 3. – Траектория движения пласта почвы относительно лапы культиватора

При движении машин лапа ребром клина отрезает слой почвы, а рабочими гранями раздвигает почву, сминая и перемещая ее частицы, при этом открывается борозда, которая при проходе лапы должна засыпаться почвой. Но в некоторых случаях этого не происходит. На это могут влиять такие факторы, как механический состав почвы, ее влажность, засоренность почвы сорняками, форма поверхности лапы и скорость движения машины. Это усугубляется еще тем, что в некоторых случаях слой почвы не скользит по профилю хвостовика лапы, а прилипает к ней и движется вместе лапой. В результате чего на поверхности лапы от носка к верхней части хвостовика образуется клин из почвы, который определяет рабочие параметры лапы и влияет на качество обработки поверх-

ности поля. Ширина клина соответствует ширине хвостика лапы, а угол его наклона зависит от механического состава почвы, высоты хвостика и способа крепления лапы к стойке.

Чем больше налипает почвы на лапу, тем глубже получается борозда и тем сложнее получить выровненную поверхность. В работе орудия отрезанный ребром лапы пласт почвы надвигается на лапу, перетекает через ее крылья и укладывается на дно борозды, а по профилю стойки почва скользит по почвенному клину, поднимается вверх до стойки и приобретает ее скорость. Встречные частицы верхнего слоя почвы сталкиваются с ней, приобретают некоторую скорость и отбрасываются в сторону от стойки. При этом на теле стойки образуется небольшой треугольник из почвы, выступающий над поверхностью почвенного конуса, основание его равно ширине стойки, а угол при вершине равен  $23-24^{\circ}$ . Толщина слоя почвы, образующего треугольник, увеличивается от середины хвостовика лапы к стойке и достигает у верхнего края хвостовика до 20-30 мм.

Налипание почвы на лапу наблюдается даже при влажности  $W=10\%$ . С образованием почвенного клина на лапе, почва скользит по почве, налипшей на лапу, и коэффициент трения увеличивается.

В результате за стрельчатыми лапами второго ряда образуется борозда, которая не полностью заделывается задним выравнивающим устройством. Борозда, образуемая за стрельчатыми лапами первого ряда, закрывается почвой, отбрасываемой лапами второго ряда. При испытаниях макетного образца был использован рабочий орган тяжелого культиватора КТС-10,7 (КПЭ-3,8). На стойку устанавливались лапы с углом установки  $8-12^{\circ}$  и  $25-27^{\circ}$ . Существенных различий по выравнивающей способности между лапами с различными углами крошения не наблюдалось. Величина борозды после прохода лап второго ряда была примерно одинаковой.

В связи с этим, вместо использованного при испытаниях в 2015г. заднего выравнивающего устройства в виде угольника  $100 \times 100$ , приводящего к сгуживанию почвы в отчетном году за стрельчатыми лапами устанавливалась пружинная и зубовая подпружиненная борона. Использование пруткового катка, деформаторы (прутки) которого изготавливались из уголка или круга  $d = 22$  мм, не дали ощутимых результатов. В отчетном году они были заменены на кольчатый каток диаметром 550 мм. При испытаниях сравнивались качественные показатели работы катка с шагом колец 50, 100, 150 и 200 мм.

Техническая характеристика и основные требования к рыхлительно-выравнивателю приведены в таблице 3. Согласно этим требованиям, а также результатам производственной проверки работоспособности макетного образца проведенной в 2015 году, было доработано техническое задание и рабочие чертежи на изготовление улучшенного варианта макетного образца рыхлителя-выравнивателя РВП-4. Был изготовлен улучшенный макетный образец рыхлителя выравнивателя в двух компоновочных схемах (рисунки 4, 5). Конструкция макетного образца предусматривает возможность замены пруткового катка (рисунок 4а, и 5а) на кольчатый (рисунок 4б, и 5б) с целью исследования сравнительной эффективности различных типов катков, а также угла наклона выравнивающей доски.

Таблица 3 – Техническая характеристика и основные требования к рыхлительно-выравнивателю РВП-4

Наименование показателя	Значение
1	2
Ширина захвата, м:	
- с чизельными рабочими органами;	4,0
- со стрелчатými лапами	4,4
Глубина рыхления почвы, см:	
- стрелчатými лапами	до 16
- чизельными рабочими органами	до 35
Агрегируется с тракторами, класса	2,0; 3,0
Рабочая скорость, км/ч	до 10
Транспортная скорость, км/ч	до 15
Расчетная производительность, га/ч	до 4,4
Рама сварная	труба прямоугольного сечения 100x100x6мм
Стрелчатые лапы:	
- количество, шт.	11
- ширина захвата стрелчатой лапы, мм	410
- устанавливаются на брусках рамы в два ряда с расстоянием между рядами, мм	600
- междуследием, мм	400
Чизельные рабочие органы:	
- количество, шт.	11
- устанавливаются на раме орудия в два ряда с расстоянием между рядами, мм	600
- с междуследием, мм	400

1	2
<p>На продольных брусках рамы за рабочими органами устанавливаются секции прикатывающих катков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тип катков</li> <li>- количество секций, шт.</li> <li>- ширина захвата каждой секции, мм</li> <li>- тип соединения катков с рамой</li> <li>- механизм соединения секций катков с рамой</li> </ul> <p>- расстояние между последним рядом рыхлительных органов и прикатывающими катками не менее, мм</p>	<p>прутковый, кольчатый 2 1925</p> <p>радиально-шарнирный должен устанавливать их на поверхности поля при любой глубине рыхления почвы стрельчатыми лапами или чизельными рабочими органами</p> <p>400</p>
Количество выравнивающих досок при компоновочной схеме для мелкого рыхления, выравнивания и прикатывания почвы, шт.	1
Количество секции в выравнивающей доске	2
Пределы регулировки выравнивающей доски по высоте относительно поверхности поля, см:	24,0
Высота выравнивающей доски, см	10,0
Пределы регулировки зубовой бороны по высоте относительно поверхности поля, см:	24,0
Расстояние между зубьями, см	15,0
Угол наклона рабочей поверхности выравнивающей доски к вертикальной плоскости, град.	0; 5; 10; 15
Опорно-регулирующие колеса:	
- пневматические	Модель Вл-35 (Ø760мм)
- количество, шт.	2
должны обеспечивать:	
- установку необходимой глубины рыхления почвы, см:	
стрельчатыми лапами	12...16
чизельными рабочими органами	20...35



а)



б)

Рисунок 4. – Рыхлитель-выравниватель в компоновочной схеме для рыхления почвы на глубину до 16 см, выравнивания и прикатывания почвы: а – с прутковым катком; б – с кольчатым катком



а)



б)

Рисунок 5. – Рыхлитель-выравниватель в компоновочной схеме для чизелевания на глубину до 35 см, выравнивания и прикатывания почвы: а – с прутковым катком; б – с кольчатым катком

Лабораторно-полевые испытания макетного образца рыхлителя-выравнивателя почвы проводились с 20 апреля по 20 мая 2016г на операциях по предпосевному выравниванию и рыхлению почвы в Алматинской области, Енбекшиказахском районе, к/х «Мухамедиев» и с 15 сентября по 1 октября на операции по глубокому чизелеванию почвы на полях стационара Каз НИИЗиР. Почва опытных участков как в к/х «Мухамедиев», так и в КазНИИЗиР светло каштановая, средне-суглинистая.

*Задачи испытаний:* определение функциональных, энергетических и эксплуатационно-технологических показателей работы макетного образца при различных компоновочных схемах и глубинах обработки почвы; выбор типа и параметров прикатывающего катка, обеспечивающего лучшие показатели крошения и выравнивания почвы; выбор оптимального угла наклона выравнивающей доски, обеспечивающего лучшие качественные показатели обработки почвы; выбор оптимального типа и параметров чизельного рыхлителя обеспечивающего лучшее качество рыхления почвы.

Испытания макетного образца РВП, изготовленного по компоновочной схеме включающей выравнивающую доску, рыхлительные (стрельчатые) лапы, зубовую пружинную борону, каток проводились по фону зяблевой вспашки на глубину до 23 см и весеннего закрытия влаги зубовыми боронами на глубину до 4 см (рисунок 6). Условия проведения испытаний представлены в таблице 4.



а)



б)

Рисунок 6. – Макетный образец рыхлителя-выравнивателя почвы в работе: а – с прутковым катком; б – с кольчатым катком

Согласно полученным данным условия испытаний соответствовали исходным требованиям и техническому заданию, разработанному на РВП-4. При проведении испытаний орудия определялись функциональные показатели его работы при различном заглублении рыхлительных лап. Качественные показатели работы макетного образца рыхлителя-выравнивателя с прутковым и кольчатым катком приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Функциональные показатели работы макетного образца на предпосевной обработке почвы

Показатели	По ТЗ	По результатам испытаний					
		глубина обработки почвы, см			глубина обработки почвы, см		
		8	12	16	8	12	16
Агрегат (энергомашина + орудие)	Тр. кл. 2+ РВП-4	Беларус 2022.3 + РВП-4 с прутковым катком			Беларус 2022.3 + РВП-4 с кольчатым катком с шагом между кольцами 100 мм		
Фактическая глубина обработки почвы, см	8-16						
$\bar{X}$ , см	-	7,5	12,4	15,7	8,2	11,7	15,4
$\pm\sigma$ , см	-	1,4	2,1	2,8	1,22	2,4	3,03
$\gamma$ , %	-	18,7	16,9	17,8	14,9	20,2	19,7
Плотность почвы, г/см <sup>3</sup> по слоям, см	до 1,3						
0-10		0,90	0,80	0,83	0,85	0,79	0,78
10-20		1,20	1,17	1,12			
Твердость почвы	до 2						
0-10		1,0	0,95	0,90	0,97	0,96	1,0
10-20		1,5	1,42	1,30	1,52	1,40	1,34
Крошение почвы, % по фракциям, мм	содержание комков размером менее 20мм не должно быть ниже 60%						
>50		14,3	8,6	5,0	9,2	5,8	1,4
50-20		40,5	41,0	37,7	40,3	39,2	35,8
20-10		22,9	24,9	25,4	22,7	26,4	31,6
<10		22,3	25,5	31,9	27,8	28,6	31,2
Гребнистость поверхности поля, $\pm$ см	не более $\pm 4$ см						
- среднее арифметическое значение, $\bar{X}$ (см)		4,0	4,7	5,2	2,5	3,7	4,5
- среднеквадратическое отклонение, $\pm\sigma$ (см)		0,81	0,76	0,75	0,46	0,72	0,86
- коэффициент вариации, $\gamma$ (%)		20,3	16,2	14,4	18,4	19,5	19,1

Анализ результатов испытаний показывает, что глубина обработки почвы была стабильной и практически соответствовала установочной. Так среднее квадратическое отклонение ( $\pm\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $\gamma$ ) составили: 1,4 см и 18,7% при глубине обработки 8 см; 2,1 см и 16,9% при глубине обработки 12 см; 2,8 см и 17,8% при глубине обработки 16 см. Таким образом, исследование зависимости качественных показателей рыхления почвы от типа и параметров чизельных рабочих органов и катка позволило установить их оптимальные варианты – чизельный рабочий орган с наклонной стойкой и кольчатый каток.

### **Заключение**

На основании результатов проработки научно-технической и патентной литературы, результатов проверки работоспособности макетного образца доработана конструктивно-технологическая схема рыхлителя-выравнивателя и на опытно-экспериментальном заводе ТОО «КазНИИМЭСХ» изготовлен его улучшенный макетный образец в двух компоновочных схемах: для проведения операций по предпосевному выравниванию и рыхлению почвы; для глубокого чизелевания почвы до 35 см. Проведены лабораторно-полевые испытания макетного образца орудия, которые позволили определить оптимальные типы и параметры рабочих органов орудия. Качественные показатели обработки почвы были удовлетворительными и соответствовали требованиям технического задания. Установлено, что лучшее качество крошения и выравнивание почвы обеспечил кольчатый каток с шагом между кольцами 100 мм. Оптимальный угол наклона выравнивающей доски составляет 75-80°. При глубоком рыхлении почвы лучшие результаты по крошению были получены при работе РВП-4 с чизельным рабочим органом, имеющим наклонную стойку. Результаты хозяйственных испытаний подтвердили эффективность использования разработанного орудия.

### **Список использованной литературы**

1. Ерлеспесов М.И., Алмантаев Е.А. Орошаемое земледелие. «Кайнар» – Алматы. – 1968. – 231с.
2. Система ведения сельского хозяйства Алматинской области: Рекомендации. – Алматы: ТОО «Нурлы Алем». – 2005. – 296с.

3. Рзалиев А.С. и др. Комбинированное почвообрабатывающее орудие для предпосевной обработки почвы в орошаемой и богарной зонах земледелия юга Казахстана. / Материалы международной научно-практической конференции. Книга 1, Алматы. – 2004.

4. Беляев В.И., Татарников В.О., Зуборев А.А. Совершенствование основной обработки почвы и обоснование параметров глубокорыхлителя. Ж. «Вестник» Алтайского государственного аграрного университета, Выпуск – № 2 (том 14).

5. Ахмеджанов, М. А Комплексное исследование и разработка технологии и средств механизации при эксплуатационной планировке орошаемых земель в зоне хлопкосеяния СССР. Автореферат диссертации, Ташкент, 1983.

6. Догановский М.Г., Фролов В.П. Эффективность предпосевного выравнивания почвы // Техника в сельском хозяйстве. 1969. – № 2.

7. Дмитриев А.М., Мацепуро О.М. Статистическое исследование технологического процесса выравнивания поверхности почв // Сб. научн. работ / ЦНИИМЭСХ Минск, 1976. – т. XII. – С. 29–46.

8. Добышев А.С., Карташевич А.Н. Машины и агрегаты с пассивными рабочими органами // Промышленность и сельское хозяйство. Сборник статей <https://forindustry.com> 26.05.2015.

9. Добышев А.С. Комбинированные машины и агрегаты для подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур / А.С. Дробышев // Промышленность и сельское хозяйство. Сборник статей <https://orindastr.com> 26.05.2016.

10. Несмиян А.Ю., Должиков В.В. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенденции их производства. / Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 4. – 2013.

11. Беков М.В., Таранин В.И. Технологические особенности комбинированных почвообрабатывающих агрегатов для мелкой обработки почвы. / Техника и оборудование для села. – № 6. – 2004.

12. Капустин А.Н. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв, посевных машин и машин для внесения удобрений, Томск. – 2013. – 137 с.