

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

Башмаков Игорь Андреевич

**РАЗРАБОТКА НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА С  
ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА ДЛЯ АГРЕГАТИРОВАНИЯ С  
ТРАКТОРАМИ МОЩНОСТЬЮ 200-250 КВТ**

Специальность 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского  
хозяйства»

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук,  
профессор В.М. Бойков

Саратов 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	11
1.1. Агротехнические требования, предъявляемые к основной обработке почвы .....	11
1.1.2. Агротехнические показатели работы лемешно-отвальных плугов общего назначения.....	11
1.2. Тракторы мощностью 200–250 кВт и их технические характеристики.....	13
1.3. Классические лемешно-отвальные плуги общего назначения агрегируемые с тракторами мощностью 200-250 кВт...	17
1.4. Лемешно-отвальные плуги с новыми рабочими органами...	28
1.4.1 Результаты исследований и испытаний навесного плуга ПБС-7/9.....	31
1.4.2. Результаты исследований и испытаний прицепного плуга ПБС-12П.....	35
1.5. Секционные плуги с классическими корпусами .....	37
1.6. Направление повышения эффективности пахотного агрегата.....	41
Выводы.....	43
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕС- КОГО ПРОЦЕССА И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА ДЛЯ АГРЕГАТИРОВАНИЯ С ТРАКТОРАМИ МОЩНОСТЬЮ 200-250 КВТ.....	44

2.1. Определение ширины захвата плуга для агрегатирования с тракторами мощностью 200-250 кВт.....	44
2.2. Анализ кинематических параметров и показателей многокорпусных пахотных агрегатов.....	58
2.3. Схема секционного технологического процесса основной обработки почвы.....	54
2.4. Обоснование ширины захвата корпуса секционного плуга...	55
2.5. Схемы расстановки корпусов на раме плуга.....	58
2.6. Обоснование длины плуга.....	59
2.7. Принципиальная схема навесного секционного плуга.....	61
2.8. Конструктивно-технологическая схема навесного секционного плуга.....	62
2.9. Конструктивно-технологическая схема навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата.....	65
2.10. Определение эксплуатационно-технических показателей пахотного агрегата.....	66
Выводы.....	71
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	72
3.1. Программа проведения экспериментальных исследований...	72
3.2. Объект исследования .....	72
3.3. Оборудование и технические средства, используемые в экспериментальных исследованиях .....	73
3.4. Определение качественных показателей технологического процесса основной обработки почвы выполняемых навесным секционным плугом с изменяемой шириной захвата .....	78
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА.....	83

4.1. Условия проведения исследований .....	83
4.2. Результаты и анализ агротехнических показателей технологического процесса основной обработки почвы.....	85
4.3. Результаты и анализ эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПБС-16-38.....	88
Выводы.....	90
5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА ПБС-16-38 С ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА.....	91
5.1 Результаты экономической оценки применения плуга ПБС- 16-38.....	94
Выводы.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	99
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	112

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** В технологии производства сельскохозяйственных культур значительное место занимает основная обработка почвы. Она закладывающая «фундамент» будущего урожая. Наиболее энергоемкой операцией в растениеводстве является подготовка почвы к посеву, на которую затрачивается до 40% всей потребляемой энергии.

В Российской Федерации для выполнения операций с почвой повсеместно пахотные агрегаты, состоящие из тракторов мощностью 200-250 кВт и многокорпусных плугов, соединенных по навесной, полунавесной или прицепной схеме. При последовательном ступенчатом расположении корпусов плуги имеют большую длину и массу, влияющие на эксплуатационно-технологические показатели пахотных агрегатов: возрастают размеры поворотных полос и время холостых поворотов; усложняется копирование рельефа поля и происходит неравномерная обработка почвы по глубине. Возникают проблемы при выглублении и заглублении, устойчивости и надежности. Большая длина навесных плугов значительно увеличивает нагрузку на задний мост трактора и снижает безопасность пахотного агрегата.

Снизить длину многокорпусных плугов возможно путем размещения корпусов не на одной секции, а на нескольких параллельных секциях и применением корпусов плугов серии ПБС с низким удельным сопротивлением, разработанных в Саратовском ГАУ. Для загрузки тракторов на установленной агротехническими требованиями скорости движения, конструкция секционного плуга должна изменяться по ширине захвата.

Таким образом, разработка навесного многокорпусного секционного плуга с изменяемой шириной захвата, обеспечивающего рациональную загрузку трактора в диапазоне агротехнически допустимых скоростей движения, представляет собой актуальную научно-техническую задачу, имеющую важное хозяйственное значение.

Работа выполнена в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации. № 717 от 14 июля 2012 г. «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы», а также с Концепцией развития агропромышленного комплекса Саратовской области до 2020 года (п.3.4.3 «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК»).

**Степень разработанности темы.** Существенным резервом повышения производительности пахотных агрегатов является увеличение ширины захвата плуга. Однако при ее больших значениях непропорционально увеличивается длина плуга.

Исследования В.В.Синеокова, И.М.Панова, А.П.Спирина, А.И. Любимова, А.Б.Лурье, Я.П.Лобачевского, В.А.Сакуна, П.Н.Бурченко, В.В.Бледных, В.В.Шарова, С.А.Золотарева, В.М.Бойкова, С.В.Старцева и др. показывают, что дальнейшее увеличение ширины захвата плугов для агрегатирования с тракторами большой мощности, при классической ступенчатой схеме расположения корпусов, должно базироваться на новых технологических принципах.

На основании условий работы пахотного агрегата определена ширина захвата плуга, позволяющая рационально загружать тракторы мощностью 200-250 кВт. и проведено сравнение производительности машин с разной кинематической длиной. Получен технологический процесс основной обработки почвы, который производится модернизированными корпусами плугов ПБС, созданными в Саратовском ГАУ и расположенными в несколько самостоятельных секций. Обоснованы принципиальные и конструктивно-технологические схемы навесных секционных плугов с изменяемой шириной захвата и выравнивателями поверхности пашни.

**Цель работы** – улучшение эксплуатационно-технологических показателей работы пахотных агрегатов путем разработки навесного

секционного плуга с изменяемой шириной захвата для агрегатирования с тракторами мощностью 200-250 кВт.

**Объект исследования.** Объектом исследования является технологический процесс основной отвальной обработки почвы, выполняемый навесным секционным плугом с изменяемой шириной захвата, оснащенным приспособлениями для выравнивания поверхности пашни.

**Предмет исследования.** Закономерности изменения производительности пахотных агрегатов и качества обработки почвы при взаимодействии навесного секционного плуга с обрабатываемым слоем почвы.

**Задачи исследования:**

1. Провести анализ эксплуатационно-технологических показателей пахотных агрегатов, состоящих из тракторов мощностью 200-250 кВт и лемешно-отвальных плугов общего назначения.

2. Разработать технологический процесс основной обработки почвы и обосновать конструктивно-технологическую схему навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата.

3. Теоретически определить эксплуатационно-технологические показатели работы пахотного агрегата, состоящего из тракторов мощностью 200-250 кВт и секционного плуга.

4. Провести экспериментальные исследования технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого навесным секционным плугом с изменяемой шириной захвата.

5. В хозяйственных условиях определить экономическую эффективность применения пахотного агрегата, состоящего из тракторов мощностью 200-250 кВт и предлагаемого секционного плуга.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в следующем:

– разработке технологического процесса основной отвальной обработки почвы, выполняемого плугом с модернизированными корпусами плугов серии

ПБС, расположенными ступенчато на нескольких параллельных секциях и приспособлениями для выравнивания поверхности пашни;

– обосновании принципиальных и конструктивно-технологических схем навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата, получении эмпирических и аналитических выражений для определения основных параметров плуга и эксплуатационно-технологических показателей пахотного агрегата.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработан технологический процесс основной обработки почвы и конструктивно-технологическая схема секционного плуга с изменяемой шириной захвата и приспособлениями для выравнивания поверхности пашни. Получены эмпирические и аналитические выражения для определения параметров плуга и эксплуатационно-технологических показателей пахотного агрегата.

Рациональная загрузка трактора К-701, при агрегатировании навесного секционного плуга, позволяет обеспечить производительность за 1 час основного времени пахотного агрегата на скорости 2.1 м/с: при ширине захвата 6,08 м - 4,82 га; при ширине захвата 5,32 м - 3,92 га; при ширине захвата 4,56 м - 3,44 га.

**Методология и методы исследований.** Методология основана на системном подходе, который позволяет раскрыть сущность объекта исследований. Выявить связь между трактором, плугом и обрабатываемым пахотным слоем. В общую методику исследований включены: анализ тракторов мощностью 200-250 кВт отечественного и зарубежного производства и широкозахватных многокорпусных плугов, выполненных в навесном, полунавесном и прицепном вариантах; определение ширины захвата плуга с модернизированными корпусами плугов ПБС, позволяющего рационально загружать тракторы в диапазоне мощности 200-250 кВт; определение производительности пахотного агрегата в зависимости от его кинематических параметров. Разработка технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого корпусами, расположенными в несколько самостоятельных



рядов. разработка принципиальной и конструктивно-технологической схемы. секционного плуга с изменяемой шириной захвата. укомплектованного модернизированными корпусами и приспособлениями для выравнивания поверхности пашни, а также получение эмпирических и аналитических выражений для определения эксплуатационно-технологических показателей пахотного агрегата.

Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений классической механики и теории эксплуатации машинно-тракторных агрегатов. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с действующими ГОСТ. ОСТ и СТО АИСТ. Результаты обработаны с использованием статистических методов и программ персонального компьютера.

**Положения, выносимые на защиту:**

- технологический процесс основной обработки почвы, выполняемый плугом с модернизированными корпусами плугов ПБС, расположенными ступенчато на параллельных секциях;
- принципиальные и конструктивно-технологические схемы навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата и приспособлениями для выравнивания поверхности пашни;
- эмпирические и аналитические выражения для определения основных параметров предлагаемого плуга и эксплуатационно-технологических показателей пахотного агрегата.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Теоретические исследования подтверждены экспериментальными опытами с доверительной вероятностью 0,95. Результаты исследований доложены и одобрены на научно-практических конференциях кафедры «Техническое обеспечение АПК» Саратовского ГАУ им. Н.И.Вавилова (Саратов, 2017-2020 гг.); на Международной научно-практической конференции «Единство и идентичность науки: Проблемы и пути решения» (Пенза, 2019г.); на Международной научно-

практической конференции «Закономерности и тенденции инновационного развития общества» (Волгоград, 2019г).

По результатам исследования опубликовано 9 печатных работ, в т. ч. 5 - в рецензируемых научных изданиях, получен 1 патент на изобретение. Общий объем публикаций - 3,2 печ. л., из которых 1,1 печ. л. принадлежит лично соискателю.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Она изложена на 111 страницах компьютерного текста, содержит 23 таблицы, 72 рисунка и 13 приложений. Список использованной литературы включает в себя 119 наименований, в том числе 6 – на иностранном языке.

## **1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **1.1. Агротехнические требования, предъявляемые к основной обработке почвы**

В данных Росреестра к 1 января 2017 года в России насчитывалось 222 млн га сельхозугодий, в том числе 116,2 млн га пашни, при этом около 40% находятся в заброшенном состоянии [1, 2]. Каждый год в РФ пашется около 70 млн га почвы для посева сельскохозяйственных культур и пара [3, 4].

Основную обработку почвы можно классифицировать по глубине обработки: до 12 см – поверхностная, до 18 см – мелкая, до 22 см – нормальная, до 25 см – средняя, до 30 см и глубже – глубокая [5, 6, 7].

Возможно применение луцения взамен осенней вспашки на чистых от сорняков землях при пожнивных посевах или посевах озимых после пара выполняемой на глубину до 20 см [8, 9, 10].

#### **1.1.2. Агротехнические показатели работы лемешно-отвальных плугов общего назначения**

Требованием для выполнения вспашки плугами и плугами-луцильниками является необходимость чтобы они соблюдали агротребования (АТТ) которые представлены в таблице (1.1, 1.2) [11, 12, 13].

Анализируя таблицу (1.1) и (1.2) можно заметить, что агротехнические показатели при работе плугов и луцильников будут выполняться, если почва будет соответствовать влажности не более 28 % и твердости не выше 4 МПа. Естественно, что при повышенных показателях влажности и твердости почвы плуг будет находиться в экстримальных условиях работы, а качество вспашки возможно не будет соответствовать агротребованиям.

**Таблица 1.1 – Агротехнические требования, предъявляемые к плугам общего назначения**

Значение показателя	Величина показателя
Глубина обработки почвы, м	до 0,3
Скорость движения, км/ч	до 12
Влажность, %	до 28
Твердость, МПа	до 4
Крошение, %	не менее 75
Глубина заделки растительных остатков, см	Более 15
Высота гребней, см	не более 5
Подрезание сорняков, %	полное
Забивание, залипание рабочих органов	не допускается
Высота растительных остатков, см	не более 25

**Таблица 1.2 – Агротехнические требования, предъявляемые к плугам-луцильникам**

Значение показателя	Величина показателя
Глубина обработки при однократном лушении: -в засушливых районах, см -в увлажненных районах, см	До 20
Допускаемые отклонения средней глубины от заданной, см	Не более 2
Отклонение от среднего значения глубины, см	Не более 3
Отклонение рабочей ширины от конструктивной, см	Не более 10%
Подрезание стерни и уничтожение сорняков	полное
Борозды и свальные гребни	отсутствие
Влажность, %	До 28
Твердость, МПа	До 4

Следует отметить, что в России сельскохозяйственные угодья в основном принадлежат агрохолдингам [14]. Например, к крупным агропромышленным титанам России относятся: АО «Фирма “Агрокомплекс”» им. Н. И. Ткачева (620000 Га), ГК «Русагро» (380000 Га), «АгросилаГрупп» (330000 Га), Холдинг «Солнечные продукты» (150000 Га), Агро-Белогорье (110000 Га), Агрохолдинг «БЭЗРК-Белгранкорм» Ясные зори (65000 Га) [15]. Также известно, что в крупных хозяйствах для основной обработки почвы в основном применяют тракторы мощностью 200-250 кВт, которые агрегируются с плугами по навесной, полунавесной или прицепной сцепке с различной шириной захвата,

при этом на плуги могут устанавливаться корпуса различных конструкций [16, 17, 18,19].

## 1.2. Тракторы мощностью 200-250 кВт и их технические характеристики

Для обработки пашни в Российской Федерации используется энергонасыщенные тракторы отечественного и зарубежного производства [20, 21, 22].

Согласно результатам исследований ООО «Kleffmann group», самыми распространенными тракторами на территории РФ, которые имеются практически в каждом с/х предприятии являются тракторы модельного ряда Белорусской фирмы МТЗ. По результатам продаж всей сельскохозяйственной техники с 2012 года, тракторы «Беларус» составили 56 % от всех продаж. Следом за МТЗ по популярности находится отечественный трактор ПТЗ «Кировец», который по результатам продаж составляет 17 %. И закрывает тройку лидеров американская фирма John Deere с долей продаж 12 %. В совокупности тройка лидеров основных брендов тракторов мощностью 200-250 кВт занимают 85% всех обследованных тракторов (рисунок 1.1) [23].

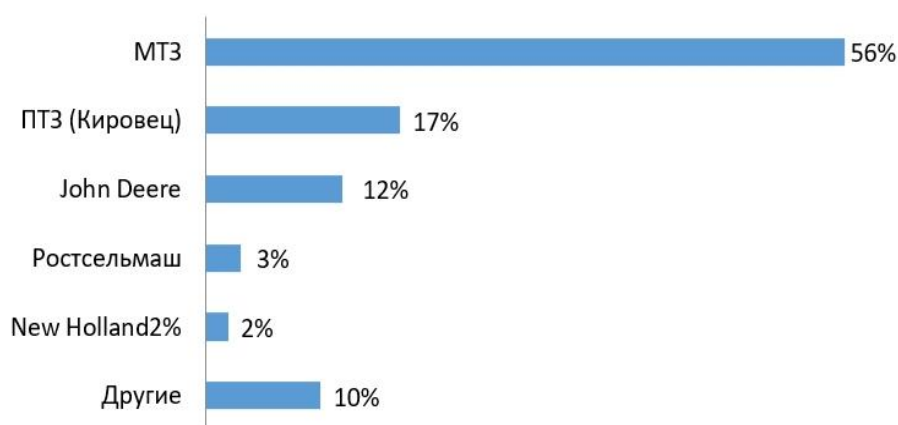


Рисунок 1.1 – Диаграмма распространенности тракторов в России, доля от количества единиц техники

Последними произведенными моделями компании ОАО «МТЗ» являются такие тракторы как Беларусь 3022 и Беларусь 3522. На рисунке (1.2, а, б) представлены эти модели [24].



Рисунок 1.2 – Тракторы: а – Беларусь 3022.2; б – Беларусь 3522

Основные показатели тракторов МТЗ приведены в таблице (1.3) [25].

**Таблица 1.3 – Технические характеристики Беларусь 3022.2 и Беларусь 3522**

Производитель	ОАО «МТЗ»	
	Беларус 3022.2	Беларус 3522
Марка	Беларус 3022.2	Беларус 3522
Модель (марка) двигателя	BF06M1013FC	TCD 2013L064VC3UT 261
Тип движителя	4К4А	4К4А
Мощность (номинальная), кВт (л.с.)	221 (300)	261 (355)
Габариты:		
-длина	6100	6100
-ширина	2630	2820
-высота	3160	3350
Масса, кг	11500	12380
Грузоподъемность навесного устройства, кг	10000	10000

В связи с большим распространением в РФ таких тракторов как К-701, на их базе активно ведется разработка новых моделей, и, начиная с 2002 года, началось производство новых тракторов серии К-744 [26, 27]. На рисунке (1.3, а, б) представлены фотографии широко применяемых в России тракторов «Кировец».



Рисунок 1.3 – Тракторы Кировец К-701 (а) и Кировец К-744Р1 (б)

В таблице (1.4) представлены технические характеристики тракторов К-701 и К-744Р1 [28, 29].

**Таблица 1.4 – Технические характеристики тракторов Кировец К-701 и Кировец К-744Р1**

Производитель	ЗАО «ПТЗ»	
	Кировец К-701	Кировец К-744Р1
Марка	Кировец К-701	Кировец К-744Р1
Модель (марка) двигателя	ЯМЗ-240 БМ	ТМЗ-8481.10
Тип двигателя	4К4Б	4К4Б
Мощность (номинальная), кВт (л.с.)	221 (300)	257 (350)
Габариты:		
-длина	6400	7350
-ширина	2850	2875
-высота	2900	3876
Масса, кг	13400	14020
Грузоподъемность навесного устройства, кг	5710	8500

Самыми крупными производителями сельскохозяйственной техники в Европе и США являются такие фирмы как: Claas, NewHolland, John Deere, Versatile. На рисунке (1.4, а, б, в, г) представлены фотографии тракторов этих фирм [30, 31, 32, 33].





а



б



в



г

Рисунок 1.4 – Тракторы: а – Claas Axion 840; б – New Holland T 7.270;  
в – John Deere 8330; г – Versatile Buller 305

Техническая характеристика тракторов представлена в таблице (1.5) [34, 35, 36, 37].

**Таблица 1.5 – Технические характеристики тракторов**

Производитель	Claas	John Deere	New Holland	Versatile
Марка	Axion 840	8330	T7.270	305
Модель (марка) двигателя	DPS 6.7L 6-cyl diesel	John Deere PowerTech 6090HRW 9.0L 6-cyl diesel	FPT 6.7L 6-cyl diesel	QSM11 8.3L 6-cyl diesel
Тип движителя	4WD MFWD	4WD MFWD	4WD MFWD	4WD MFWD
Номинальная мощность л.с.(кВт)	250 (186,4)	275 (205,1)	240 (179)	305 (227.4)



Производитель	Claas	John Deere	New Holland	Versatile
Грузоподъемность навесного устройства, кг	До 10000	5624	5800	5896
Габаритны:				
-длина	5721	5560	5770	5080
-ширина	2985	3020	2880	3070
-высота	3203	3120	3110	3170
Масса, кг	10553	10771	7100	9094

Анализируя таблицы (1.3), (1.4), (1.5) можно заключить, что тракторы Беларус 3022.2, Беларус 3522, Кировец К-701, Кировец К-744Р2, John Deere 8330, New Holland Т7.270, Claas Axion 840, Versatile Buhler 305 входят в диапазон мощности 200-250 кВт.

### **1.3. Классические лемешно-отвальные плуги общего назначения агрегатируемые с тракторами мощностью 200-250 кВт**

В настоящее время в мировой практике для выполнения вспашки почвы применяются плуги, рабочие органы которых выполняются по следующей принципиальной схеме – рисунок (1.5), при этом элементы рабочего органа могут иметь различные размеры [38, 39].

Такие рабочие органы (корпуса) по ступенчатой схеме устанавливаются на рамы известных плугов, выпускаемых в России, а также дальнем и ближнем зарубежье. Эти корпуса являются классическими, и плуги, на которые устанавливаются эти корпуса также можно назвать классическими [40, 41, 42].

Корпуса (рисунок 1.5) используются в навесных, полунавесных и прицепных плугах общего назначения. Ширина захвата таких корпусов составляет 0,35-0,5 м, при этом ширина отвала может достигать 0,6-1,0 м. [43, 44].

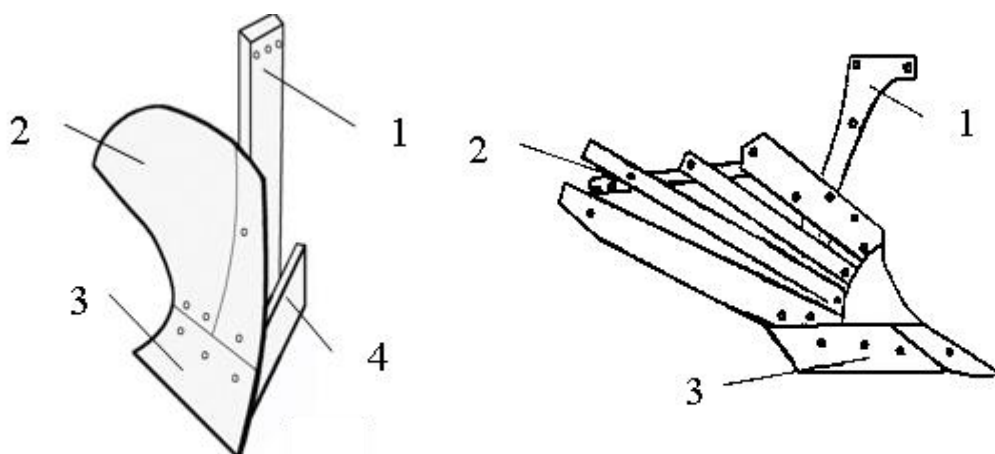


Рисунок 1.5 – Рабочий органы классических известных плугов: 1 – стойка; 2 – отвал; 3 – лемех; 4 – полевая доска

Значительным успехом в плугостроении является разработка системы навесных плугов для агрегатирования с тракторами снабженных гидравлическими устройствами для подъема в транспортное положение плуга и опускания в рабочее положение. Навесные плуги позволили значительно снизить массу плуга, упростить конструкцию, обеспечить высокую маневренность и производительность пахотного агрегата.

В России на специализированных заводах производятся широко применяемые навесные плуги со ступенчатой схемой расположения корпусов марок ПНЛ-8-40 (рисунок 1.6) и ПНИ-8-40 (рисунок 1.7) и их аналоги, которые являются модифицированными версиями этих плугов для агрегатирования с тракторами мощностью 200-250 кВт [45, 46].

Плуг ПНЛ-8-40 применим для вспашки почв, которые в дальнейшем будут использоваться для посадки зерновых культур, таких как пшеница, ячмень, овес. А также и технических культур: джут, хлопчатник, лён. Почва не должна иметь препятствий в виде крупных объектов способных повредить рабочие органы, таких как камни, плитняк и прочие. Почвы должна соответствовать агротребованиям. Рекомендуем для сцепки с трактором тягового класса 5 и выше [45].

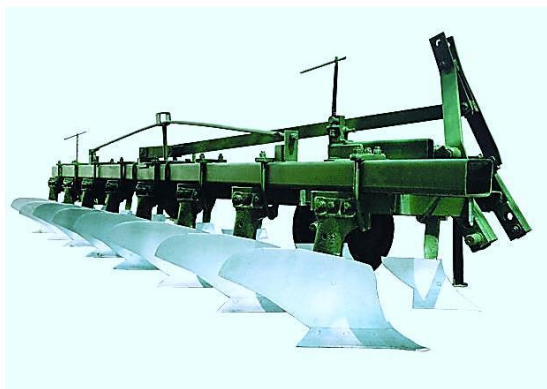


Рисунок 1.6 – Плуг навесной ПЛЛ-8-40

**Таблица 1.6 – Техническая характеристика плуга ПЛЛ-8-40**

Показатель	Значение показателя
Рабочая скорость, км/ч	до 10
Ширина захвата, м	
-плуга	3,2
-корпуса	0,4
Производительность в час (при скорости 8 км/ч), га	
-основного времени	3,2
-эксплуатационного	2,56
Глубина, см:	
-пахоты	до 30
-заделки растительных остатков	12-15
Количество корпусов, шт	8

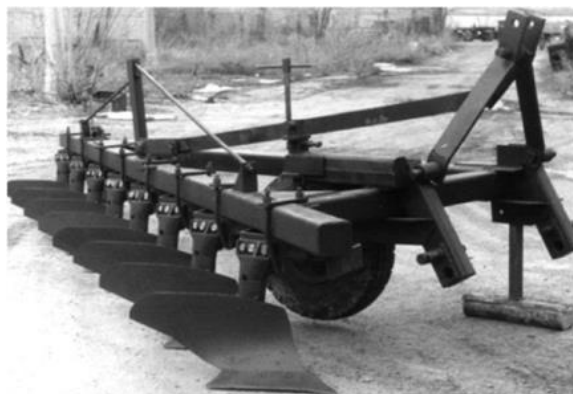


Рисунок 1.7 – Плуг с регулируемой шириной захвата ПНИ-8-40

**Таблица 1.7 – Техническая характеристика плуга ПНИ-8-40**

Показатель	Значение показателя
Рабочая скорость, км/ч	7-10
Ширина захвата, м	
-плуга	2,8-3,6
-корпуса	0,35-0,45
Количество корпусов, шт	8
Производительность в час (при скорости 8 км/ч), га	
-основного времени	2,44-2,88
-эксплуатационного	1,8-2,3
Максимальная глубина пахоты, м	до 0,3
Габариты, мм:	
-длина	6900
-ширина	3550
-высота	1700
Масса, кг	2150

Плуг с возможностью изменения ширины захвата ПНИ-8-40 также как и ПЛЛ-8-40 имеет назначение для пахоты почв под зерновые и технические культуры, с такими же требованиями к почве. Конструкция плуга ПНИ-8-40 позволяет трактористу выполнять бесступенчатое регулирование ширины захвата в пределах 2,8-3,6 м, изменяя расстановку корпусов в поперечном направлении [46].

Плуг ПНИ-8-40 также как и ПНЛ требуется использовать вместе с тракторами тягового класса 5. Комплектование рабочими органами для культурной вспашки почвы дает возможность плугу работать на скоростях 7-10 км/ч. Также сама конструкция рамы позволяет оснащать плуг всеми видами корпусов под различные задачи эксплуатации: безотвальными, культурными, скоростными, полувинтовыми, полосовыми.

Испытания плуга ПНИ-8-40 проводились на отвальной обработке паров в весенне-летний период и зяблевой обработке почвы в летне-осенний периоды. Глубина обработки устанавливалась 19,8-29,6 см в соответствии с агротребованиями на почве чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый в слоях 0-30 см 13,5-20,3; твердость почвы в слоях 0-30 см 0,50-1,28. В зависимости от тягового сопротивления регулировалась и ширина захвата. В качестве энергетического средства использовался трактор К-701.

Эксплуатационно-технологическая оценка плуга ПНИ-8-40 проводилась на вспашке паров. Плуг агрегатировался с трактором Кировец К-701.

В результате оценки работы агрегата скорость составила чуть больше 8 км/ч. Производительность за час основного времени работы агрегата - 2,61 га.

По результатам испытаний было установлено, что ПНИ-8-40 выполняет технологический процесс с должным качеством.

Бесступенчатое регулирование ширины захвата плуга из-за различных условий вспашки совместно с изменением тягового сопротивления позволяет трактористу К-701 с плугом ПНИ-8-40 получать более высокие эксплуатационные показатели, чем с другими полунавесными плугам без возможности регулировки ширины.

Применение углоснимов вместо предплужников позволяет уменьшить забивание корпусов и повышает надежность выполнения технологического процесса обработки почвы [47].

Используя выше изложенное можно заключить, что применяемые в России навесные широкозахватные плуги для основной вспашки обеспечивают производительность от 2,61 до 2,99 га/ч, при этом длина плуга находится в

пределах от 6,9 до 7,08 м, ширина захвата: 3,2–3,62 м, а масса 2150 кг. Повышение производительности агрегатов в составе тракторов мощностью 200–250 кВт и навесных плугов за счет увеличения ширины захвата приводит к увеличению массы и длины плуга, при этом ухудшается сцепление передних колес трактора с почвой, а также повышается риск опрокидывания трактора, то есть снижается безопасность пахотного агрегата. Предельно допустимая длина для навесных плугов 7 м [20, 48, 49].

Следует отметить, что в навесных плугах применяют бесступенчатое регулирование ширины захвата плуга.

Для снижения недостатков широкозахватных навесных плугов и повышения производительности применяют полунавесные и прицепные плуги. Полунавесные плуги, которые используются в России, в основном выполняются по следующей схеме (рисунок 1.8) [48, 49]:

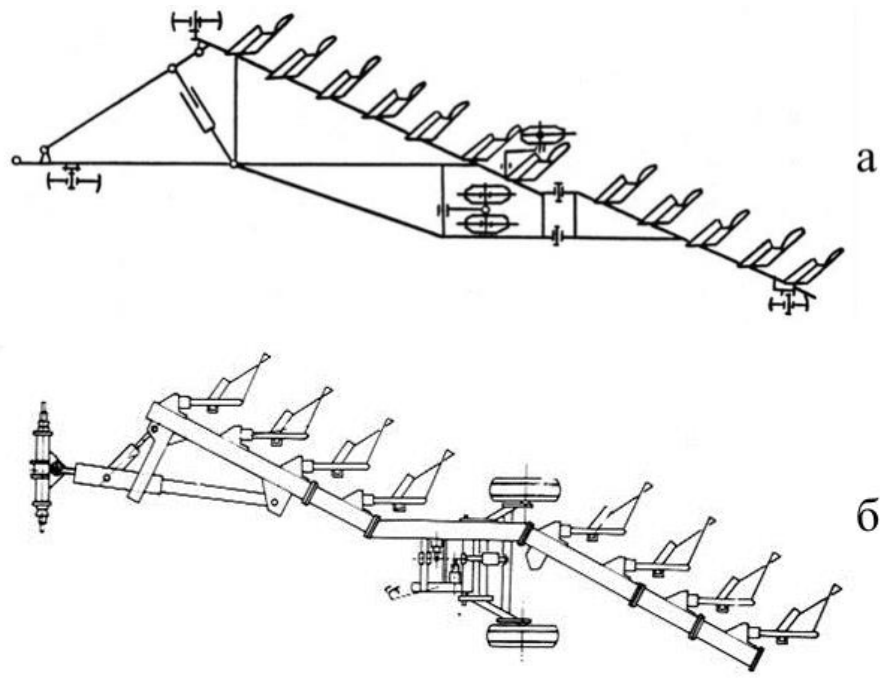


Рисунок 1.8 – Схемы многокорпусных полунавесных плугов с шарнирной рамой:  
*a* – 12-корпусной плуг ПШ-12-40М; *б* – 8-корпусной плуг фирмы «KuhnHardt»

В России (город Светлоград, Ставропольского края) изготавливаются широко применяемые полунавесные плуги (рисунок 1.9) [50].



Рисунок 1.9 – Плуг полунавесной ПП-(9+2)X35

Основные показатели полунавесного плуга ПП-(9+2)X35 в таблице (1.8) [50].

Таблица 1.8 – Техническая характеристика плуга ПП-(9+2)X35

Показатель	Значение показателя
Рабочая скорость, км/ч	до 10
Ширина захвата, м	
-рабочая	3,85
-корпуса	0,35
Количество корпусов, шт	11
Глубина, см:	
-вспашки	До 30
-заделки стерни	12-15
Производительность, Га/ч	3,7
Габариты, мм:	
-длина	11100
-ширина	4350
-высота	1450
Дорожный просвет, мм	350
Масса, кг	4210

Из таблицы (1.8) видно, что изготовление плуга по полунавесной схеме позволяет увеличить число корпусов плуга, вследствие чего увеличивается производительность пахотного агрегата до 3,7 га/ч, однако при этом длина плуга составит 11,1 м, ширина 3,85 м, а масса 4210 кг.

В канадской фирме Salford разрабатывают и используют широкозахватные прицепные плуги (рисунок 1.10) [51, 52].



Рисунок 1.10 - Канадский прицепной плуг Salford 8214

Плуги Salford начиная с серии 8200 состоят из рамы с двумя секциями. Колеса имеют возможность регулировки высоты с помощью гидравлики. В серия 8300 добавили возможность изменения ширины захвата плуга с помощью гидравлики. Основные технические характеристики плугов представлены в таблице (1.9) [51].

Таблица 1.9 - Технические характеристики прицепных плугов Salford серии 8200

Марка	К-во корпусов	Ширина захвата плуга, м	Масса, кг	Габаритная длина в рабочем положении, м	Габаритная длина в транспортном положении, м	Требуемая мощность трактора, л.с.
8212	12 (6+6)	4,2-6	4717	13,6	15	300-420
8213	13 (6+7)	4,55-6,5	5126	14,5	16	325-455
8214	14 (6+8)	4,9-7	5533	15,4	17	350-490

Данные плуги фирмы salford, согласно техническим характеристикам, обладают значительными показателями длины и массы. Высокая металлоемкость, большая габаритная длина, низкая маневренность, наличие

двух бороздных колес, которые уплотняют дно борозды, снижают эксплуатационные характеристики пахотного агрегата.

В настоящее время во многих странах ближнего и дальнего зарубежья для основной обработки почвы используют оборотные плуги. Рабочие органы этих плугов состоят из двух классических корпусов, один из которых имеет правое исполнение, другой левое (рисунок 1.11) [53, 54].

Применение таких рабочих органов позволяет улучшить качество обработки почвы за счет получения ровной поверхности поля без свальных или развальных борозд. Отвалы корпусов с шириной захвата до 1 м имеют различную конструкцию и устанавливаются на рамы навесных, полунавесных и прицепных плугов [55, 56].

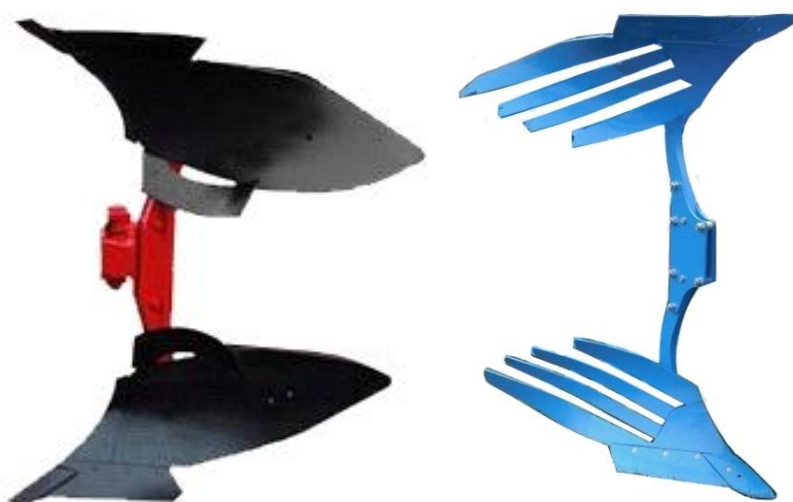


Рисунок 1.11 – Рабочие органы оборотных плугов: слева – цельный отвал; справа – полосовой отвал

Для тракторов мощностью 200-250 кВт применяют оборотные плуги в полунавесном и прицепном исполнении.

Плуг полунавесной оборотный EuroDiamant 10 7+1 L100 (рисунок 1.12) используется для обработки почвы. Предназначен для подготовки почвы под зерновые и технические культуры. Почва не должна иметь препятствий в виде крупных объектов способных повредить рабочие органы, таких как камни,



плитняк и прочие. Для нормальной работы агрегата удельное сопротивление почвы не должно превышать 0,09 МПа. Плуг предназначен для работы с тракторами тягового класса 5 [56]. Техническая характеристика плуга EuroDiamant 10 7+1 L100 представлена в таблице (1.10) [57, 58].



Рисунок 1.12 – Общий вид полунавесного оборотного плуга EuroDiamant 10 7+1 L100

**Таблица 1.10 – Техническая характеристика плуга EuroDiamant 10 7+1 L100**

Показатель	Значение показателя
Рабочая скорость, км/ч	6,3-11,5
Ширина, м	
-захвата	2,62-4,00
-корпуса	0,33; 0,38; 0,44; 0,50
Количество рабочих органов	8
Производительность, Га/ч	2,82-3,77
Габариты, м	
-длина	9,9
-ширина	2,9
-высота	1,8
Масса, кг	3400
Глубина пахоты, м	до 0,3
Дорожный просвет, мм	370

Испытания полунавесного оборотного плуга EuroDiamant 10 7+1 L100 были произведены в Самарской области на территории Кинельской машиноиспытательной станции. Для проверки плуга использовались трактора К-744Р1 и МТЗ-2522 [57].

На плуге изменялась расстановка рабочих органов по ширине захвата 0.33, 0.38, 0.44 и 0.50 м.

Испытания проводили на нормальной и глубокой обработке почвы (20-22 см, 28-30 см) в комплектации - семь и восемь корпусов.

В результате было получено, что плуг EuroDiamant 10 7+1 L100 обеспечивает глубину обработки почвы 20.0-31.2 см во всех комплектациях и на разных почвенных фонах. Это отвечает агротехническим требованиям (АТТ) (20-30 см). Заделка сорняков на всех почвенных фонах и всех вариантах соответствовало АТТ. Заделка растительных и пожнивных остатков на глубину составила 14.1-26.4 см (по АТТ 12-15 см).

В результате проверки плуга Lemken EuroDiamant 10 7+1 L100 было установлено его соответствие по удельным тяговым и мощностным показателям соответствию тяговым и мощностным характеристикам трактора класса 5. Плуг выполняет технологический процесс обработки почвы со скоростью движения до 11.5 км/ч.

Эксплуатационно-технологическая оценка работы полунавесного оборотного плуга Lemken EuroDiamant 10 7+1 L100 проводилась с использованием трактора К-744Р1 при зяблевой обработке по стерне озимой пшеницы с максимальной рабочей шириной захвата плуга – 4.2 м. Глубина обработки составляла 0.21-0.23 м., при ширине захвата 3.72 м. глубина составляла 0.25-0.27 м. Второй почвенный фон – стерня ячменя. Вместе с трактором МТЗ-2522 эксплуатационно-технологическая оценка проведена на глубину 0.25-0.27 м с шириной захвата плуга 4.2 м

На первом фоне рабочая скорость движения в агрегате с трактором К-744Р1 составила 9.0 и 7.7 км/ч соответственно. На втором фоне в агрегате с трактором МТЗ-2522 скорость составила 7.1 км/ч.

Производительность при первом испытании в составе с трактором К-744Р1 за один час основного времени составила 3.77 и 2.85 га, а с трактором МТЗ-2522 на втором фоне – 2.82 га.

Плуг полунавесной оборотный EuroDiamant 10 7+1 L100 имеет удовлетворительные эксплуатационно-технологические показатели [57].

Российским аналогом плугов, выпускаемых фирмами Kverneland, Lemken и прочих является прицепной оборотный плуг «Сириус» ПО-10+2П фирмы ООО «Волгаагромаш» (п. Устькинский, Кинельского района, Самарской области) который представлен на рисунке (1.13) [59]. Техническая характеристика прицепного оборотного плуга «Сириус» ПО-10+2П приведена в таблице (1.11).

**Таблица 1.11 – Техническая характеристика прицепного оборотного плуга «Сириус» ПО-10 2П**

Показатель	Значение показателя
Тип машины	прицепной
Агрегируемость	От 370 л.с.
Рабочая скорость, км/ч	7-9
Производительность за 1 час основного времени, га	3,54-4,55
Ширина захвата, м	
-рабочая	5,05
-корпуса	0,50
Количество рабочих органов	10
Габариты, м:	
-длина	21,50
-ширина	5,50
-высота	2,40
Масса, кг	9250



Рисунок 1.13 - Плуг прицепной оборотный «Сириус» ПО-10 2П

Плуг прицепной оборотный ПО-10+2П направлен на выполнение гладкой вспашки. Глубиной обработки до 0.27 м. Наличие модульного хвоста позволяет

с минимальными затратами переоборудовать 12-ти корпусный плуг в 11-ти корпусный или 10-ти и обратно, подстраиваясь под мощность трактора и почвенные условия. Данная модель плуга может быть оборудована предплужниками и комплектоваться перьевыми отвалами.

Анализируя оборотные полунавесные и навесные плуги видно, что они имеют производительность 2,82 - 4,55 га/ч, при ширине захвата 2,9 - 5,5 м. Длина плугов находится в диапазоне от 9,9 до 21,5 м, а масса 3400 - 9250 кг.

Большая длина и масса полунавесных и прицепных плугов является следствием однорядной ступенчатой расстановкой классических корпусов на раме, которые имеют высокое тяговое сопротивление, а расстояние между корпусами по ходу движения плуга составляет 0,8 - 1,2 м. При этом значительно снижается маневренность и надежность пахотного агрегата [20, 40, 41, 48].

С увеличением ширины захвата и длины плуга нарушается копирование рельефа, что ведет к нарушению устойчивости по глубине обработки, снижается качество обработки почвы. Серьезные трудности, в основном конструктивного характера, возникают при создании для широкозахватного плуга механизмов перевода в транспорт и механизмов транспорта [61, 62].

Большая длина плуга приводит к неравномерной глубине вспашки, проблемам при заглублинии и выглублинии плуга [63].

С использованием широкозахватных многокорпусных плугов, оснащенных шарнирно-сочлененной рамой, необходимо сохранить равномерное заглублиние передней и задней части, а также обеспечить равномерное копирование рельефа поля. Транспортный габарит необходимо уместить в требуемых размерах [64].

#### **1.4. Лемешно-отвальные плуги с новыми рабочими органами**

С целью сглаживания существующих недостатков многокорпусных плугов, предлагались различные схемы короткогабаритных плугов, в которых значительно уменьшается расстояние между корпусами за счет изменения их

конструкции, элементов крепления, применение углоснимов вместо предплужников, укороченных полевых досок. Однако ввиду низкой технологической надежности такие конструкции распространения не получили [65, 66].

Для уравнивания классических корпусов служит полевая доска, которая увеличивает на 20-25 % тяговое сопротивление рабочего органа.

Для того чтобы преобразовать вредное сопротивление от полевой доски в полезную работу по обработке почвы в Саратовском ГАУ им. Н.И. Вавилова под руководством доктора технических наук, профессора Бойкова В.М. были разработаны новые рабочие органы для плугов общего назначения у которых отсутствует полевая доска, изменен технологический процесс обработки почвы. Также отличие данных корпусов от классических является уменьшенная ширина захвата отвала до 35 см. Также за счет применения левого лемеха вместо полевой доски увеличена ширина захвата корпуса 60 см (рисунок 1.14) [67,68].

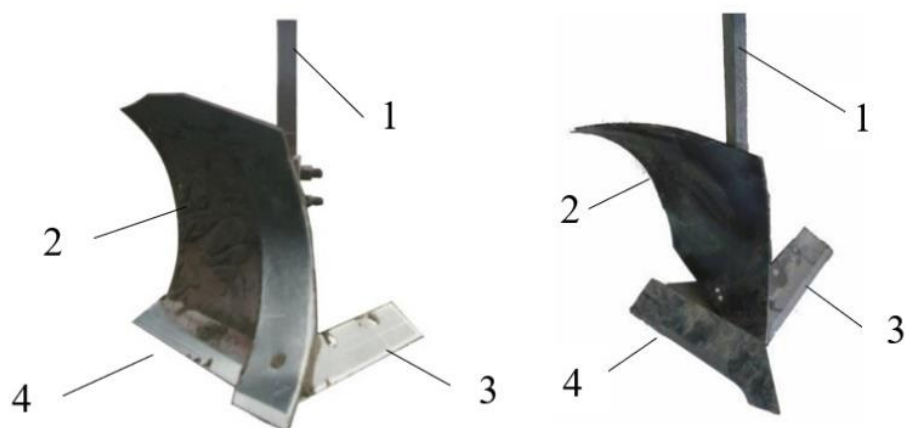


Рисунок 1.14 – Варианты корпуса плугов серии ПБС: 1 – стойка; 2 – отвал; 3 – лемех левый; 4 – лемех правый

Данные корпуса устанавливаются на все модели плугов ПБС от навесных до прицепных. Одним из широкозахватных навесных плугов является ПБС-8М, внешний вид которого представлен на рисунке (1.15), а его техническая характеристика в таблице (1.12) [67, 69].



Рисунок 1.15 – Плуг навесной ПБС-8М с новыми рабочими органами

**Таблица 1.12 – Техническая характеристика навесного плуга ПБС-8М**

Показатель	Значение показателя
Рабочая скорость, км/ч	9
Ширина захвата, м	
-рабочая	4,9
-корпуса	0,62
Количество корпусов, шт	8
Производительность за 1 час основного времени, га	3,82
Габариты, м:	
-длина	4,50
-ширина	4,72
-высота	1,90
Глубина обработки почвы, м	до 0,30
Масса, кг	1700

Для доработки навесного плуга ПБС-8М и для универсальности применения был сконструирован навесной плуг ПБС-7/9 с изменяемой шириной захвата (рисунок 1.16). Конструкция рамы устроена таким образом, что предусмотрена возможность снятия первого и последнего корпуса плуга, за счет чего возможно изменять ширину захвата от 4,2 до 5,4 м.



Рисунок 1.16 – Навесной плуг с изменяемой шириной захвата ПБС-7/9

Показатели плуга ПБС-7/9 представлена в таблице (1.13).

**Таблица 1.13 – Техническая характеристика Плуга ПБС-7/9**

Показатель	Значение показателя
Тип изделия	навесной
Агрегатируемость	Класс 5
Рабочая скорость, км/ч	6.0-10.0
Ширина захвата, м	
-рабочая	4.20; 4.80; 5.40
-корпуса	0.60
Производительность за 1 час основного времени, га	3.81-5.38
Количество корпусов, шт	7-9
Габариты, м:	
-длина	5.76
-ширина	4.40; 4.80; 5.63
-высота	1.90
Глубина пахоты, см	До 30
Дорожный просвет, м	0.35
Масса, кг	1950

#### **1.4.1. Результаты исследований и испытаний навесного плуга ПБС-7/9**

Проверка плуга на качество выполнения технологического процесса производилась в Самарской области на ФГБУ «Поволжская государственная зональная машинно-испытательная станция» (Поволжская МИС) [70,71].



В результате испытания плуга ПБС-7/9 показали соответствие глубины обработки почвы по агротребованиям 0.17-0.32 м (по АТТ 0.16 – 0.30 м). Среднее квадратичное отклонение было на пределе, но соответствовало агротребованиям (1.0 – 2.3 см) (по АТТ  $\pm 2$  см). В процессе испытаний не было замечено критических отклонений от заданной ширины захвата при всех глубинах и на разных почвах. Отклонение составило 0.7 – 5.4 %, что соответствует агротребованиям (не более 10 % ширины захвата). Однако была очень высокая гребнистость поверхности поля на первом экспериментальном фоне. Высота гребней достигала 16 см (по АТТ не более 7 см). При испытаниях плуга на стерне яровой пшеницы при обработке почвы на глубине 22 см, гребнистость пашни не превышала агротребования (4.9 см). Увеличение глубины обработки поля до 27 см привело к увеличению высоты гребней до 8,5 см. Также преобладающее большинство комков почвы были размером до 50 мм (73,5 – 83,9 %) и соответствовало агротребованиям (не менее 75%) [71].

Довольно хорошей была степень заделки сорных растений. Огрехов после прохода плуга практически не было. Чернота поля составляла 96-100 %, что соответствует агротребованиям (по АТТ не менее 95 %). После профилирования было установлено что глубина заделки составила 14.7-22.2 см). Забивания и залипания корпусов плуга не были замечены.

В результате проверки навесного плуга ПБС-7/9 установлено, что он выполняет технологический процесс с соответствием агротребованиям, но показатели находятся в нижнем пределе допустимых, а гребнистость вообще не соответствует нормам.

Для подтверждения соответствия энергоёмкости плуга показателям мощности тракторов тягового класса 5 (с использованием трактора К-744Р1) была проведена энергетическая оценка.

Было использовано 3 варианта агрегатирования плуга с трактором: К-744Р1+ПБС-7/9, глубина обработки 18 см, ширина захвата 5.4 м; МТЗ-2522+ПБС-7/9 глубина обработки 18 см, ширина захвата 5.4 м; К-744Р1+ПБС-



7/9, глубина обработки 22 см, ширина захвата 4.8 м. Проверка проходила на зяблевой почве.

Скорость движения агрегата составила 7,5 км/ч с трактором МТЗ-2522. С трактором К-744Р1 скорость установлена 10 и 7,5 км/ч при -деяти и восьмикорпусной комплектации плуга. Производительность за час основного времени составила 4,06 га/ч с трактором МТЗ-2522, а с трактором К-744Р1 5,38 и 3,81 га/ч при разных комплектациях плуга и глубине обработки [71].

Производительность за час сменного времени составила 3,07 га/ч с трактором МТЗ-2522, а с трактором К-744Р1 4,02 и 2,86 га/ч [70,71].

Для проверки тягового сопротивления использовались комплектации с - семь, -восемь и -девять корпусов на раме. Также придерживались условия: с увеличением ширины захвата необходимо уменьшать глубину. Глубина обработки составляла 0.18-0.30 м. Скорость движения устанавливалась в зависимости от режима работы агрегата. Согласно условию, глубина обработки почвы 0.3 м проверялась только при ширине захвата плуга 4,2 м.

В результате замеров установлено что тяговое сопротивление составляет 40-45 кН из-за разных режимов работы.

Возможность разных комплектаций плуга вполне позволяет использовать орудие с тракторами тягового класса 5 при различных условиях работы агрегата. Результат испытаний показал удовлетворительные результаты.

Двигатели были загружены на 85-93 %.

Трактора тягового класса 5 достаточно для производства обработки почвы данным плугом со скоростью соответствующей агротребованиям 6.0-9.2 км\ч.

Сравнивая результаты зарубежных плугов и отечественных ПБС, получили в результате высокую экономию средств. Применение плугов ПБС почти в 5 раз выгоднее зарубежных плугов [57, 72].

**Таблица 1.14 - Сравнение экономических показателей плугов**

Плуг	EuroDiamant 8 5 L100	ПБС-5	EuroDiamant 10 7+1 L100	ПБС-7/9
Тяговый класс трактора	3		5	
Затраты на обработку, руб/га (только плуг)	173,2-269,1	29,1-47,6	166,8-218,6	41,3-44,7

Анализируя результаты исследований и испытаний навесного плуга ПБС-7/9, получили, что за счет применения новых корпусов (рисунок 1.15) при глубине обработки почвы 18 см, ширине захвата 5,4 м и массе 1950 кг, длина плуга составляет 5760 мм. Однако длину плуга ПБС-7/9 можно считать предельной, так как возникают такие же недостатки как при работе классических навесных плугов: снижается сцепление колес трактора с почвой и нарушается управляемость трактора. С целью безопасности пахотного агрегата широкозахватные плуги необходимо выполнять в прицепном варианте.

Используя результаты исследований навесных плугов с комбинированными рабочими органами, в дальнейшем были разработаны прицепные плуги серии ПБС-10П и ПБС-12П. Для прицепных плугов уже требуются более мощные тракторы, соответствующие тяговому классу 6-8 (рисунок 1.17, 1.18) [73, 74]. Технические характеристики этих плугов представлены в таблице (1.15) [67, 75, 76].



Рисунок 1.17 – Прицепной отвальный плуг ПБС-10П



Рисунок 1.18–Прицепной отвальный плуг ПБС-12П

Таблица 1.15 – Техническая характеристика плугов ПБС-10П и ПБС-12П

Показатель	Значение показателя	
	ПБС-10П	ПБС-12П
Модель плуга	ПБС-10П	ПБС-12П
Рабочая скорость, км/ч	До 12	9,1-10
Ширина захвата, м		
-плуга	6	6,95
-корпуса	0.60	0.64-0.65
Производительность в час, га	4.5-5.4	5.82-6.60
Габариты, м		
-длина	12.70	12.40
-ширина	6.10	7.05
-высота	2.00	2.08
Глубина пахоты, см	до 30	до 30
Дорожный просвет, мм	450	500
Масса, кг	4390	4760
Рабочая ширина захвата корпуса, мм		
Количество корпусов, шт	10	12

#### 1.4.2. Результаты исследований и испытаний прицепного плуга ПБС-12П

Испытания проводились на одном фоне при минимальной и максимальной глубине обработки.

На минимальной обработке 17,8 и 16,9 см получено тяговое сопротивление 87,6 и 95,8 кН, соответственно. При этом удалось достичь максимальной скорости движения - 9 и 10,3 км/ч (по ТЗ 6-10 км/ч). Загрузка агрегата составила 0,83-0,86, а расход топлива, по данным бортового компьютера трактора - 59,4 и 61,4 кг/ч.

В работе на наибольшей глубине обработки, со скоростью 8.0 и 9.1 км/ч тяговое сопротивление получено 106.8-114.6 кН. Загрузка агрегата была 93%, что является наиболее рациональным агрегатированием с трактором Challenger MT 865 В.

Удельное тяговое сопротивление машины находилось в пределах от 5,8 до 8,6 Н/см<sup>2</sup>.

Если плуг будет работать с медленной скоростью, на глубине не больше 0.2 м, то можно использовать трактор ниже 8 класса.

В результате имеем тяговое сопротивление 114.6 кН. Скорости движения 9.1 км/ч и глубине 0.26 м., т.е. по затратам энергии плуг прицепной ПБС-12П соответствует тракторам тягового класса 8 [77].

Проверка Эксплуатационно-технологических показателей прицепного плуга ПБС-12П проведена при вспашке в осенний период вместе с трактором «Challenger» MT 865В. Глубина обработки на первом поле 0.17 м. На втором поле - 0.30 м.

Скорость движения при проверке установлена 10 км/ч и 9.1 км/ч на исследуемых полях. Производительность за час основного времени составила 6.60 и 5.82 га/ч.

За период испытаний в объёме 158 ч по плугу ПБС-12П зафиксирован один отказ конструктивного характера.

Для плуга предусмотрено три разных ТО, проведение которых не требует больших материальных и трудовых затрат. Удельная суммарная оперативная трудоемкость ТО – 0,050 чел-ч/ч, по ТЗ – 0,1 чел-ч/ч.

Анализ испытания плуга ПБС-12П показывает, что за счет применения нового рабочего органа (Рисунок 1.15) можно обеспечить ширину захвата плуга 6,95 м при агрегатировании с тракторами класса 6 - 8, при этом длина плуга составит 12,7 м, а масса 4760 кг. Большая масса будет увеличивать тяговое сопротивление плуга, а длина снижать его маневренность. Выполнение плуга в прицепном варианте не будет значительно увеличивать эффективность пахотного агрегата.

## 1.5. Секционные плуги с классическими корпусами

Другой возможностью сократить длину и массу плуга – расстановка корпусов не в один ряд, а в несколько параллельных секций. В ЧИМЭСХе и ВИМе были опытные образцы плугов, состоящих из двух и трех параллельных секций [20, 48, 78].

В представленных схемах (рисунок 1.19) по-разному решается проблема заполнения стыковой борозды. Двухрядный плуг оснащен для этого сталкивателем, установленным за предпоследним корпусом правой секции, при этом последний корпус выполнен безотвальным. В трехрядном плуге закрытие борозд, образованных последними корпусами секций (кроме левой), устанавливаются три пары выравнивателей.

Испытания плуга ПТК-12-35 показали преимущество в сравнении с обычными однорядными плугами. Но есть и недостатки у данной конструкции: плохая заделка стерни, более быстрый износ передних корпусов. Кроме того, первый корпус, второй и последующих секций работает в условиях закрытой борозды, что ухудшает качество вспашки.

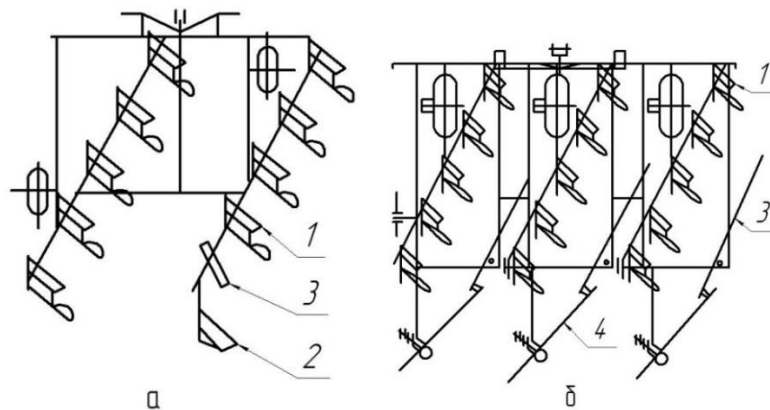


Рисунок 1.19 –Варианты секционных (параллельных) плугов ЧИМЭСХ:

а – двухрядный, б – трехрядный;

1 – оборачивающий корпус; 2 – безотвальный корпус; 3 – сталкиватель; 4 – выравниватель

В Челябинской области секционные плуги широко использовались для основной обработки почвы [79].

Плуг двухрядный секционный навесной плуг ПСН-10-35 предназначен для проведения основной отвальной обработки почвы (рисунок 1.20) [80].

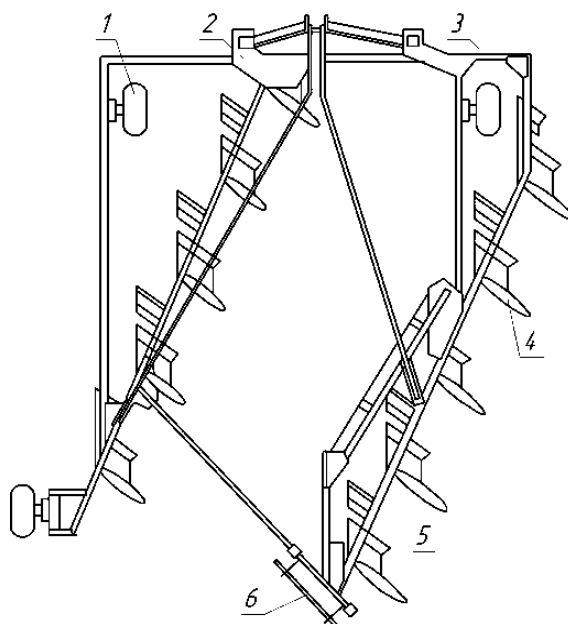


Рисунок 1.20 – Двухрядный навесной секционный плуг ПСН-10-35: 1 – опорные колеса; 2 – механизм навески; 3 – рама; 4 – отвальные корпуса; 5 – предплужники; 6 – заравниватели

Классические корпуса на плуге ПСН-10-35 расположены параллельно в два ряда, что снижает длину и металлоемкость орудия, улучшает копирование рельефа поля, повышает удобство эксплуатации. Плуг имеет дополнительные рабочие сталкиватели. Дисковый сталкиватель обеспечивает смещение почвенного пласта от первого корпуса левой секции к последнему корпусу правой. Задний копирующий сталкиватель выравнивает почву в стыковой борозде между секциями [81].

В таблице 1.16 представлены показатели плуга ПСН-10-35 [80].

**Таблица 1.16 – Техническая характеристика плуга ПСН-10-35**

Показатель	Значение показателя
Ширина захвата, м	3,5
Глубина обработки, м	до 0,3
Производительность, га/ч	2,5
Длина, м	4,6
Масса, кг	2100

Результаты сравнительных испытаний (таблица 1.17) свидетельствуют о повышении маневренности плуга, улучшения копирования рельефа поля за счет уменьшения габаритов рамы.

**Таблица 1.17 – Результаты сравнения плугов ПСН-10-35 и ПТК-35**

Показатель	Значение	
	ПСН-10-35	ПТК-9-35
Ширина захвата, м	3,5	3,15
Глубина обработки, м	0,27	0,25
Скорость движения, м/с	1,96	1,78
Производительность, га/ч	2,47	2,14
Масса, кг	2100	2800

По устойчивости глубины хода и ширины захвата орудие превосходит серийные плуги. Производительность пахотного агрегата с плугом ПСН-10-35 в 1,2 – 1,3 раза выше по сравнению с серийными орудиями.

Хорошее копирование рельефа поля секционными плугами дает возможность применять эти плуги для мелкой обработки почвы и лущения стерни.

Для минимизации отвальной обработки почвы необходимы лемешные лущильники с корпусами шириной захвата 0,25 м. На определенных фонах они обеспечивают экономию затрат труда и топлива без снижения урожайности (таблица 1.18) при высоких агротехнических показателях (таблица 1.19).

Плуги-лущильники секционные двухрядные навесные ПЛСН-12-25 и ПЛСН-15-25 предназначены для лущения жнивья на глубину 8 – 10 см и вспашки на глубину до 0,18 м [78]. Имеют конструкцию, аналогичную плугу ПСН-10-35 (рисунок 1.20), и состоят из рамы с навесным устройством, опорных колес и рабочих органов. Для заделки стыковой борозды использованы дисковый сталкиватель и заравниватель. Плуг-лущильник имеет приспособления для установки щелерезов позади отвальных корпусов. При установке дополнительных рабочих органов – щелерезов одновременно с отвальной обработкой осуществляется нарезание щелей вглубь до 0,3 м, что способствует накоплению влаги в почве и разрушению плужной подошвы. Кроме того,

применение на плугах–луцильниках щелерезов позволяет уменьшить неравномерность хода орудия по глубине обработки и по ширине захвата [82, 83].

**Таблица 1.18 - Результаты сравнительной оценки различных способов отвальной обработки почвы (по данным ЮжУралНИИЗ)**

Показатель	Глубина обработки, см	
	25 – 27	13 – 15
Урожайность пшеницы, ц/га	34,6	35,6
Урожайность озимой ржи, ц/га	17,1	17,4
Урожайность семян подсолнечника, ц/га	15,7	16,7
Продуктивная влага в пахотном слое почвы, мм:		
Весной	32,4	34,4
осенью	21,3	23,2
Продуктивная влага в метровом слое почвы, мм:		
весной	113,1	111,6
осенью	78,8	68,2

**Таблица 1.19 – Агротехнические показатели работы секционных плугов-луцильников с трактором К-701, Т-150К**

Показатель	Агрегат (трактор + плуг)							
	К-701 + ПЛСН-15-25				Т-150К + ПЛСН-12-25			
	Без щелерезов		Со щелерезами		Без щелерезов		Со щелерезами	
Скорость движения, м/с	1,50	2,28	2,31	2,04	2,31	2,22	2,10	1,72
Глубина обработки средняя, см	13,02	12,36	14,09	14,35	11,73	13,35	12,65	14,89
Среднеквадратичное отклонение, ±см	1,57	1,78	1,45	1,50	1,43	1,56	1,36	1,45
Ширина захвата, м	3,97	3,92	3,87	3,85	3,24	3,19	3,13	3,09
Крошение пласта, %	82,1	81,0	83,1	82,9	83,5	80,1	83,2	80,0
Заделка растительных остатков, %	84,8	85,2	85,6	84,9	81,4	84,2	80,3	84,0
Производительность, га/ч	2,9	2,5	2,6	2,3	2,15	2,1	1,8	1,6

Анализируя вышеизложенное и таблицы (1.16 – 1.19) можно заключить, что секционное комплектование позволяет значительно снизить длину и массу плуга и улучшить эксплуатационные показатели работы пахотного агрегата. Уменьшение рабочей ширины захвата органа с 0.35 м до 0.25 м не дает снижения урожайности с/х культур, но обеспечивает лучшую заделку стыковой борозды.



## 1.6 Направление повышения эффективности пахотного агрегата

Анализируя выше изложенное можно заключить, что одним из способов повышения производительности является увеличение ширины захвата плуга. Однако при реализации этого возникают другие трудности. С увеличением ширины захвата плугов  $B$  пропорционально увеличивается длина плуга  $L$ . Установлено, что длина плуга  $L \approx 2,5B$ . Еще более интенсивно возрастает масса плуга [60].

$$G = 10^2(A + \mu B^2), \quad (1.1)$$

где  $A$  и  $\mu$  – коэффициенты, значения которых для существующих отечественных плугов равны:  $A = 1,3$  кг,  $\mu = 2,4$  кг/м<sup>2</sup>.

Соответственно изменяется и удельная металлоемкость (кг/м)

$$q = 10^2[E + \gamma(B - 1)^2], \quad (1.2)$$

где  $E$  и  $\gamma$  – коэффициенты,  $E = 4$  кг/м,  $\gamma = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Тяговое сопротивление плуга определяет рациональная формула академика В.П. Горячкина [41, 42, 60, 61].

$$R_{\text{п}} = Gf + kab + \varepsilon abv^2, \quad (1.3)$$

где  $G$  – сила тяжести плуга, кН;  $f$  – коэффициент, аналогичный коэффициенту трения, (0,6-0,9);  $k$  – коэффициент сопротивления почвы, (30-40) кН/м<sup>2</sup>;  $ab$  – размеры сечения пласта, м<sup>2</sup>;  $\varepsilon$  – коэффициент пропорциональности (1,5-2,0) кН сек<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $v$  – скорость движения плуга, м/с.

Выражение (1.3) показывает, что при увеличении силы тяжести плуга значительно возрастает тяговое сопротивление, что приводит к снижению эксплуатационных показателей пахотного агрегата, то есть к снижению производительности и увеличению энергоемкости пахотного агрегата.

Установлено, что масса и длина навесного плуга значительно меньше, чем у полунавесного и прицепного. Однако дальнейшее увеличение ширины захвата навесного плуга при существующей ступенчатой схеме без изменения параметров и компоновки корпусов нецелесообразно.

Разработанные новые корпуса плугов серии ПБС, которые имеют низкое тяговое сопротивление по сравнению с классическими корпусами, позволяют увеличить производительность пахотного агрегата за счет увеличения ширины захвата навесного плуга. Изменение ширины захвата навесного плуга позволяет производить обработку почвы различной глубины и физико-механического состава, что обеспечивает работу трактора в рациональном режиме.

Однорядная ступенчатая схема расположения новых корпусов на раме навесного плуга также обеспечивает большую длину навесного плуга, при этом за счет снижения сцепления колес трактора с почвой ухудшается управление трактора при работе и транспортировке плуга, возникают проблемы с безопасностью пахотного агрегата.

В отличие от однорядной ступенчатой схемы, секционная схема позволяет значительно снизить длину плуга, при этом появляется возможность выполнить плуг в навесном варианте с различной шириной захвата и низкой металлоемкостью. Однако за последними корпусами плуга образуются стыковые борозды, ширина которых зависит от ширины захвата отвала. Для заделки борозд необходимо применять различные приспособления, которые должны устранять данный недостаток секционных плугов.

Анализ изложенного показывает, что целесообразно агрегатировать с навесным плугом, который комплектуется модернизированными корпусами плугов серии ПБС. При этом корпуса на раме плуга должны расстановливаться не по ступенчатой однорядной схеме, а по секционной. Для уменьшения ширины стыковой борозды следует уменьшить ширину захвата отвала корпуса, а для заделки стыковых борозд необходимо применять приспособления, которые будут перемещать раскрошенную почву в борозды. Изменение ширины захвата плуга за счет снятия корпусов с рамы плуга обеспечит работу трактора в рациональном режиме работы, а фронтальная конструкция рамы навесного плуга обеспечит безопасность пахотного агрегата.

## **Выводы**

1. Для вспашки в РФ используют агрегаты, включающие тракторы мощностью 200-250 кВт отечественного и зарубежного производства и классических навесных, полунавесных и прицепных плугов шириной захвата 3,2-5,05 м, длиной 6,9-21,5 м и массой до 9250 кг.

2. Применение новых корпусов в плугах серии ПБС, которые агрегируются с тракторами мощностью 200-250 кВт позволило обеспечить ширину захвата навесного плуга 5,4 м при длине 5,7 м и массе 1950 кг высокие эксплуатационно-технологические показатели работы пахотного агрегата.

3. Секционное расположение корпусов обеспечивает уменьшение длины, а также массу плуга в уравновешивании с плугами, у которых корпуса расположены однорядной ступенчатой схеме улучшить показатели работы пахотного агрегата.

4. Перспективным направлением повышения эффективности пахотных агрегатов является применение в навесных секционных плугах с изменяемой шириной захвата новых рабочих органов от плугов серии ПБС.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА ДЛЯ АГРЕГАТИРОВАНИЯ С ТРАКТОРАМИ МОЩНОСТЬЮ 200-250 КВТ

### 2.1. Определение ширины захвата плуга для агрегатирования с тракторами мощностью 200-250 кВт

Для определения производительности за час основного времени используем формулу:

$$W_{\text{ч}} = 0,36B_{\text{п}}v_{\text{а}}, \text{ га/ч}; \quad (2.1)$$

Из формулы (2.1) видно, увеличение ширина захвата скорость агрегата, то тем больше производительность, однако, параметры выражения (2.1) напрямую зависят от параметров трактора и плуга.

Согласно третьему закону Ньютона [84] при движении пахотного агрегата сила тяги трактора в определенный момент должна быть равна силе сопротивления плуга, а скорость движения агрегата будет постоянной, то есть должно выполняться следующее условие при максимальной величине мощности трактора [85,86]:

$$P_{\text{т}} = R_{\text{п}}; v_{\text{т}} = v_{\text{п}}, \quad (2.2)$$

С исполнением условия (2.2) будет происходить загрузка трактора в рациональном режиме работы на различной глубине обработки почвы.

Для определения тягового усилия в зависимости от скорости движения тракторов мощностью 200-250 кВт марок Claas, John Deere, New Holland, Versatile использовались результаты испытаний в лаборатории штат Ньюбраско США [87-90], и результатом испытаний трактора К-701 на отечественных машиноиспытательных станциях. [91] (приложение 1). Используя данные испытания тракторов и с помощью компьютерных программ получены

зависимости (2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7) тяговых усилий тракторов от скорости трактора при  $N_T = N_{Tmax}$  :

Claas Axion 840

$$P_T = 1,1978v_T^2 - 26,266v_T + 122,25; \quad (2.3)$$

Buhler Versatile 305

$$P_T = -3,0679v_T^2 + 0,3842v_T + 92,609; \quad (2.4)$$

John Deere 8330

$$P_T = -0,3024v_T^2 - 17,008v_T + 113,18; \quad (2.5)$$

New Holland T7.270

$$P_T = 1,8089v_T^2 - 30,129v_T + 118,12; \quad (2.6)$$

Кировец К-701

$$P_T = -3,3462v_T^2 - 2,2374v_T + 83,292, \quad (2.7)$$

где  $P_T$  – тяговое усилие трактора, кН;  $v_T$  – скорость движения трактора м/с.

Используя полученные эмпирические формулы, на рисунке (2.1) показан график изменения тягового усилия исследуемых тракторов от изменения скорости.

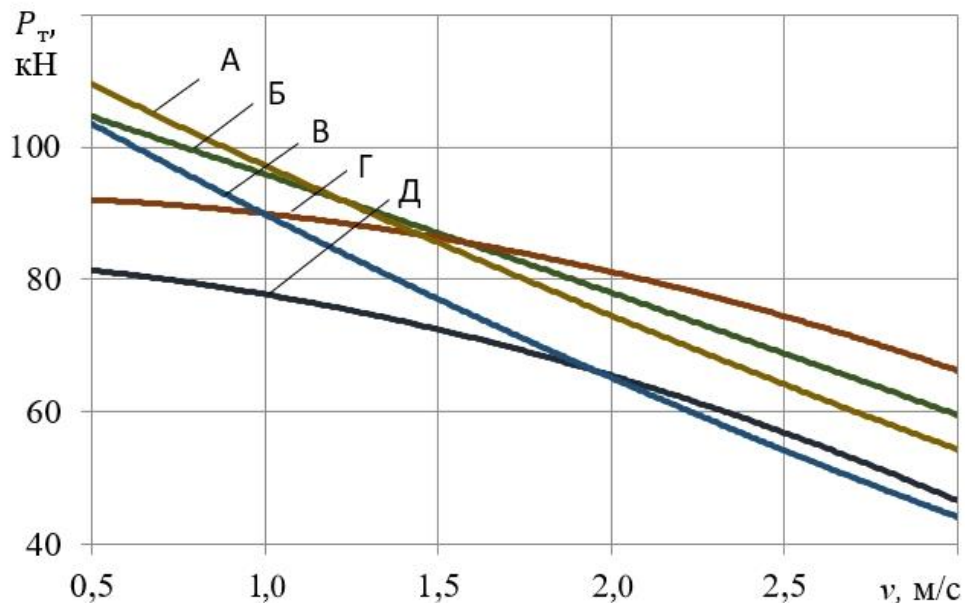


Рисунок 2.1 – Зависимости тяговых усилий тракторов  $P_T$  от изменения скорости движения  $v$ ; А - Claas Axion 840; Б - John Deere 8330; В - New Holland T7.270; Г - Buhler Versatile 305; Д – Кировец К-701

Анализ рисунка (2.1) показывает, что практически все иностранные тракторы имеют одинаковую закономерность изменения тягового усилия, как и трактор К-701 и можно принять, что за базу дальнейших исследований можно использовать К-701.

По своим эксплуатационно-технологическим показателям плуги серии ПБС превосходят известные классические лемешно-отвальные плуги за счет новых корпусов. Для определения тягового сопротивления плуга используем рациональную формулу академика В. П. Горячкина, которая описывает тяговое сопротивление плугов серии ПБС [92, 93]

$$R_{\text{п}} = 0,8G + 31,5aB + 1,58aBv_{\text{п}}^2; \quad (2.8)$$

Также был проведен расчет сопротивления плуга при движении ((приложение 2). Глубина обработки условно взята 0,2 м. Ширину изменяли от 7 до 4 м. Результаты видны на рисунке (2.2).

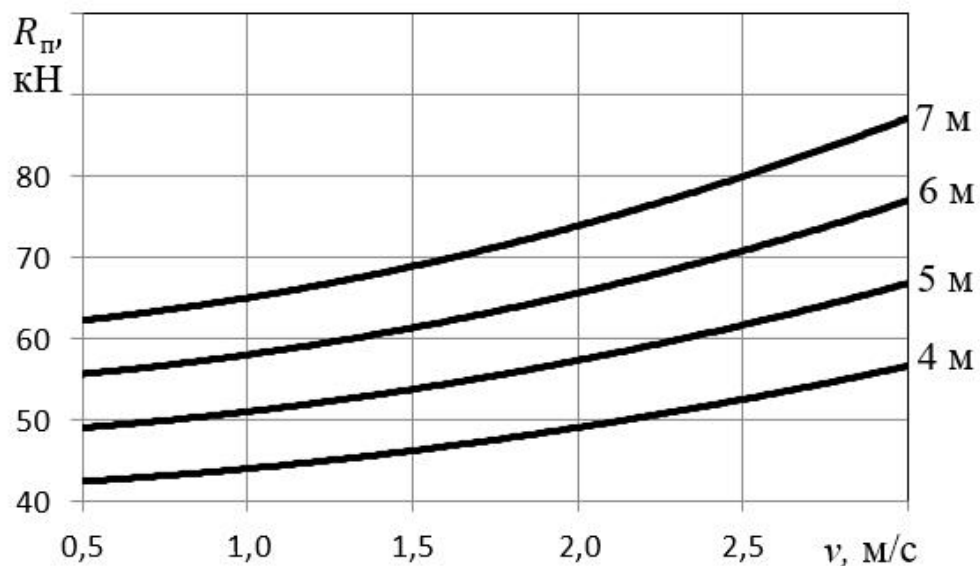


Рисунок 2.2 – Зависимость тягового сопротивления плуга  $R_{\text{п}}$  от скорости движения  $v$  при глубине обработки 0,2 м и различной ширине захвата: 7, 6, 5, 4 м

Совместив результаты исследования тракторов (2.1) и плуга (2.2) получили график (2.3) где наглядно видно совместимость использования тракторов с данным плугом при глубине обработки почвы 0,2 м и ширине захвата плуга 7, 6, 5, 4 м.

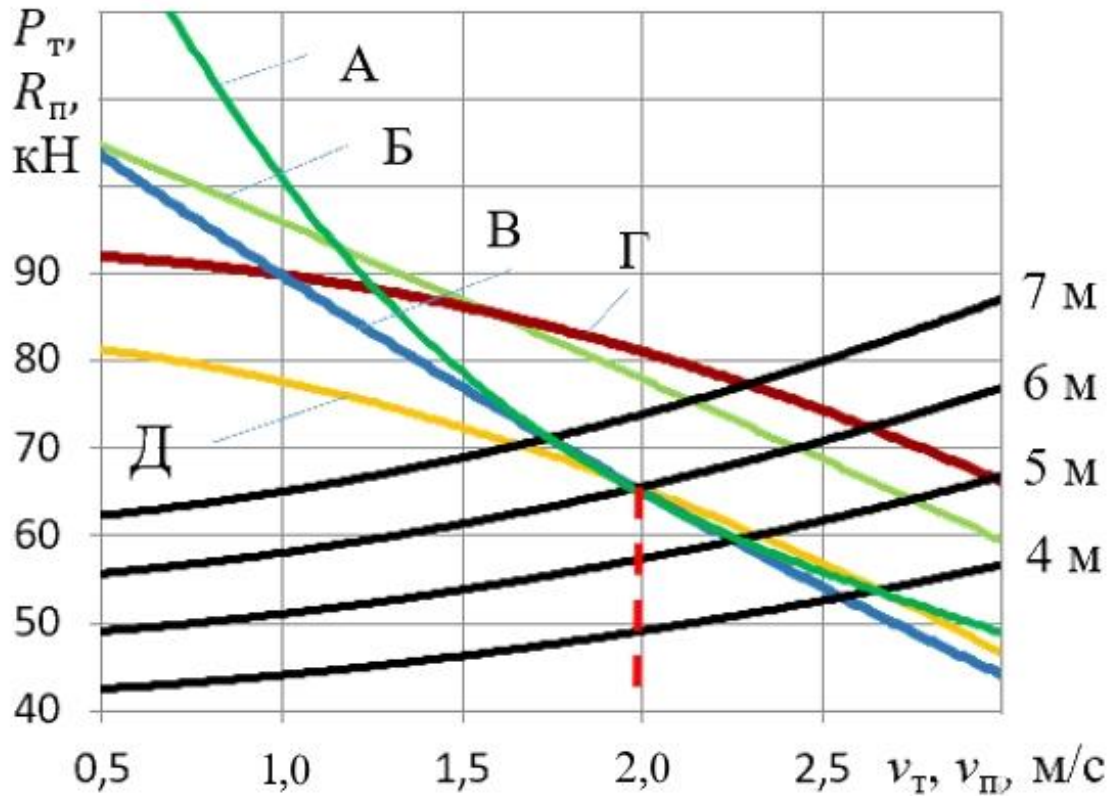


Рисунок 2.3 – Зависимости тяговых усилий тракторов  $P_T$  и тягового сопротивления плуга  $R_P$  от скорости движения тракторов  $v_T$  и плуга  $v_P$  при глубине обработки почвы 0,2 м и ширине захвата плуга 7, 6, 5, 4 м; А – Claas Axion 840; Б – John Deere 8330; В – New Holland T7.270; Г – Buhler Versatile 305; Д – Кировец К-701

Из анализа представленных зависимостей видно, что кривые пересекаются в точках, в которых выполняется условие (2.2). Точки пересечения показывают совместимость трактора и плуга по условию (2.2)

Так как трактор К-701 широко применяется в РФ для основной обработки почвы, то согласно рисунку (2.3), при глубине обработки почвы 0,2 м и скорости движения 2,0 м/с, ширина захвата плуга, позволяющая оптимально загружать трактор, составляет 6 м. Для иностранных тракторов также принимаем ширину захвата плуга 6 м.

## 2.2. Анализ кинематических параметров и показателей многокорпусных пахотных агрегатов

Основная обработка почвы многокорпусными плугами общего назначения выполняется при агрегатировании с трактором в навесном, полунавесном или прицепном соединении [40,64]. На производительность за один час сменного времени влияют такие показатели как: ширина, скорость и отношение полезной работы к общему времени [85, 86, 93, 95].

$$W_c = 0,36B_{\text{п}}v_a\tau, \text{ га/ч}; \quad (2.9)$$

Но прибавив рабочую ширину захвата плуга, также увеличивается длина. С большим плугом неудобно маневрировать, трудно разворачиваться, уменьшается полезная площадь полей, меньше времени работы агрегата. Увеличение скорости чревато отрицательными последствиями, связанными со снижением качества вспашки [96, 97].

Трактор выполняет циклические операции при выполнении вспашки: заезд, рабочий ход, холостой ход, разворот. Чем длиннее поле, тем больше времени трактор проводит в работе за смену [20,97, 98].

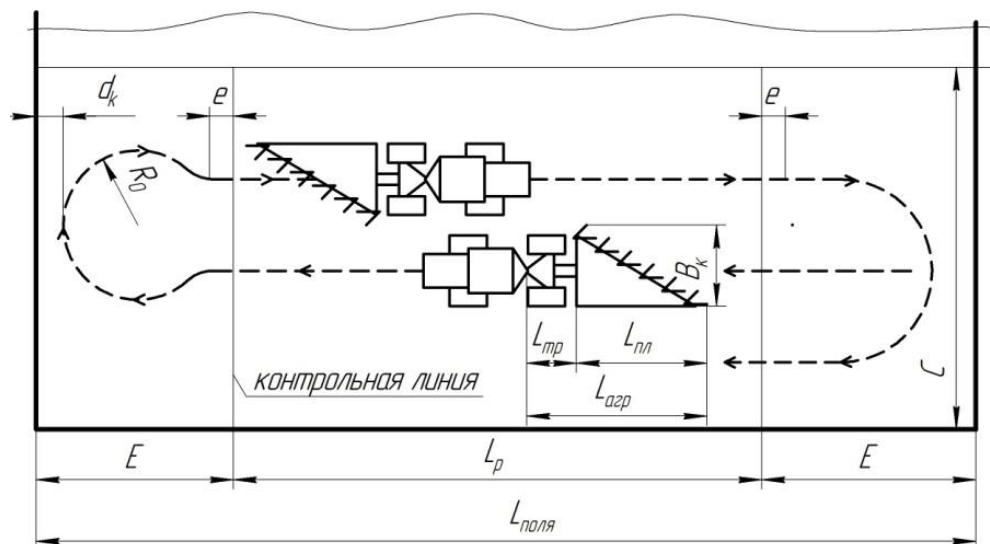


Рисунок 2.4 – Схема движения пахотного агрегата за один цикл в загоне:  $S$  - ширина загона, м;  $L_{\text{поля}}$  – длина поля, м;  $E$  – ширина поворотной полосы, м;  $L_p$  – рабочая длина поля, м;  $e$  – длина выезда агрегата на поворотную полосу, м;  $L_{\text{агр}}$  – кинематическая длина агрегата, м;  $d_k$  – кинематическая ширина агрегата, м;  $B_k$  – конструктивная ширина плуга, м.



Плуг в сцепке с трактором доезжает от одного края поля до другого. Далее происходит выезд на полосу для разворота (рисунок 2.4) [98].

Для проверки повышения производительности от влияния кинематики рассмотрим рисунок (2.5). На нем изображены две схемы пахотных агрегатов: К-701+прицепной однорядный плуг и К-701+навесной секционный плуг. Возьмем для расчета ширину плуга 6 м и 16 корпусов [99, 100].

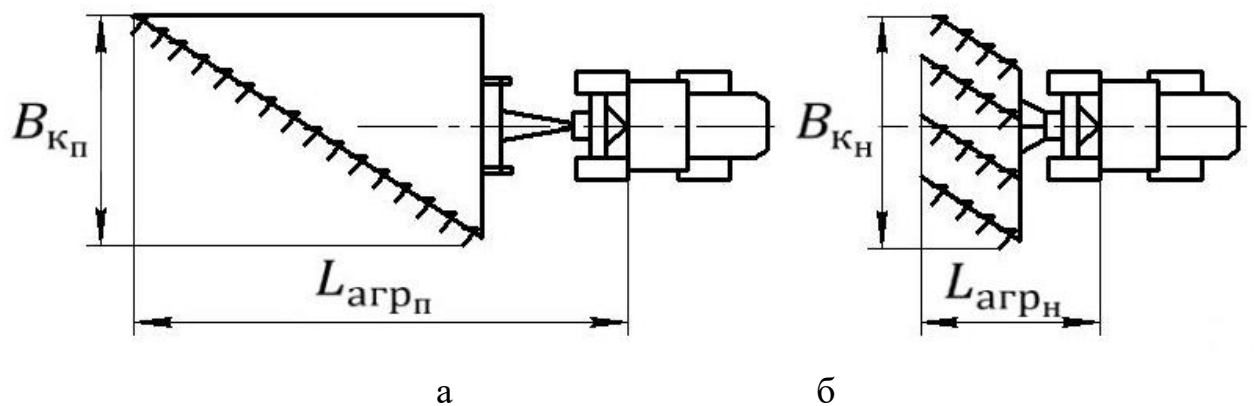


Рисунок 2.5 – Схемы пахотных агрегатов: *а* - с прицепным многокорпусным плугом; *б* – с навесным многокорпусным секционным плугом;  $L_{агр_п}$ ,  $B_{к_п}$  – кинематическая длина и ширина агрегата с прицепным плугом;  $L_{агр_н}$ ,  $B_{к_н}$  – кинематическая длина и ширина навесного плуга

Вычисление конструктивной ширины захвата произведем по формуле:

$$B_k = nb, \quad (2.10)$$

где  $n$  – количество корпусов, шт;  $b$  – захват корпуса, м.

На рисунках 2.6 и 2.7 представлена схема движения навесного и прицепного плуга с трактором К-701

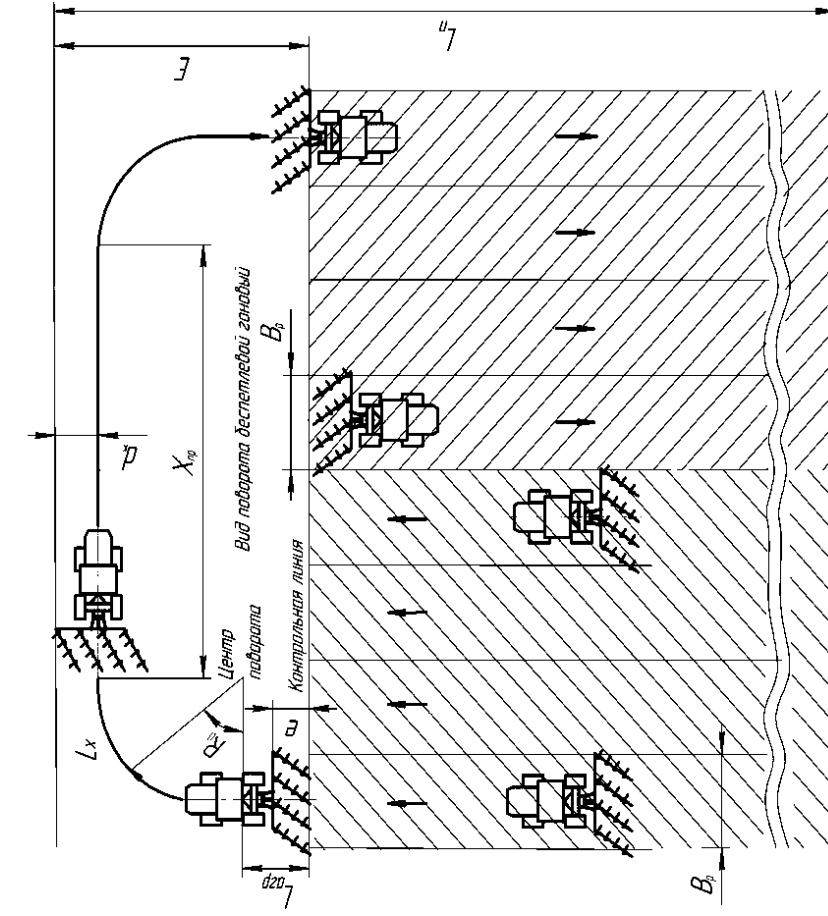


Рисунок 2.7 – Кинематика движения навесного пахотного агрегата способом движения всвал

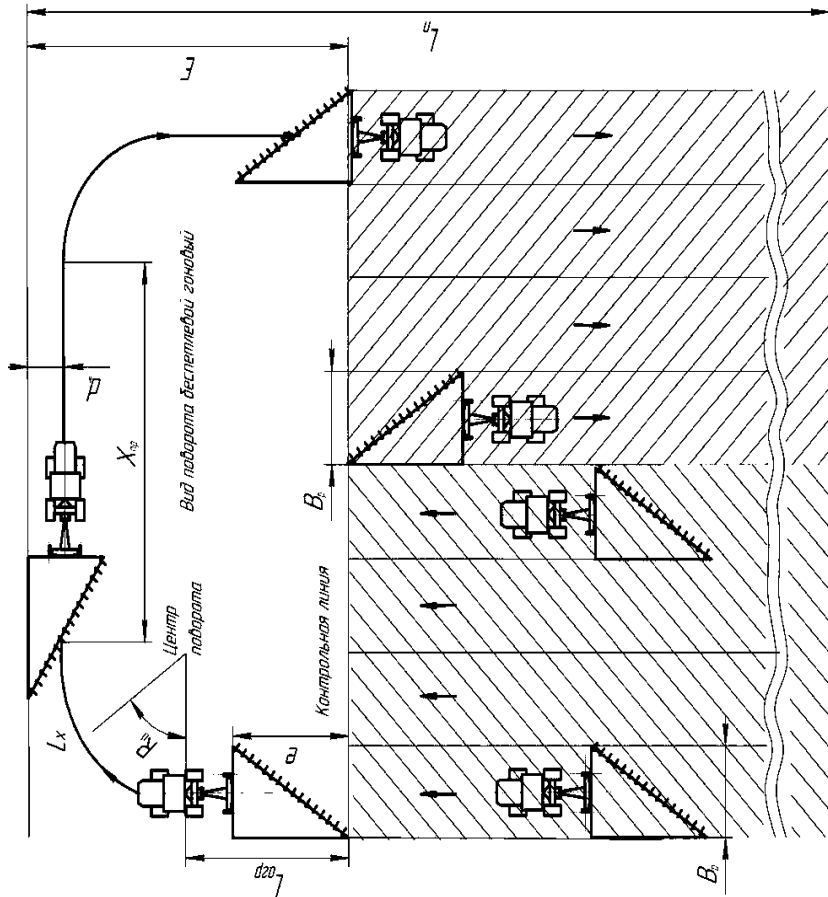


Рисунок 2.6 – Кинематика движения прицепного пахотного агрегата способом движения всвал

Для исследования кинематики первоначально нужно знать длину и ширину агрегата.

Поворот плуга на разворотную полосу должен быть таким, чтобы он не привел к деформации агрегата, и не был слишком большим для дополнительных расходов. [20, 40, 100, 101].

Минимальный радиус поворота  $R_{\min}$  аналитически можно определить по выражению:

$$R_{\min} = l_6 \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2.11)$$

где  $l_6$  – продольная база трактора, м;  $\alpha$  – средний угол поворота направляющих колес по отношению к оси ведущих колес трактора, град.

Для расчетов значения радиуса поворота агрегата также можно принять для навесных пахотных агрегатов: [20, 40, 100, 101]

$$R = 1,5B_K, \quad (2.12)$$

для прицепных пахотных агрегатов:

$$R = 4,5B_K, \quad (2.13)$$

Длина выезда плуга с трактором  $e$ , для прицепного плуга составит [98]:

$$e = 0,75 L_{\text{ар}}, \quad (2.14)$$

а для навесного:

$$e = 0,25 L_{\text{ар}}, \quad (2.15)$$

Для определения величины поворотной полосы воспользуемся формулой:

$$E = 2,8 R + d_K + e. \quad (2.16)$$

Для определения величины нерабочего хода воспользуемся выражением:

$$L_{\text{хх}} = 7R + 2e. \quad (2.17)$$

А длину рабочего хода определим по данному:

$$L_p = L_{\text{п}} - 2E, \quad (2.18)$$

Количество циклических движений составит:

$$n_{\text{ц}} = (T_{\text{см}} - T_{\text{техн}} + T_{\text{из}}) / t_{\text{ц}}. \quad (2.19)$$

Коэффициент полезной работы за смену  $\tau$ :

$$\tau = T_p / T_{\text{см}}, \quad (2.20)$$

В таблице (2.1) показаны конечные вычисления кинематических параметров плугов с одинаковой шириной захвата, но отличающихся длиной в сцепке с трактором К-701 [91, 102].

**Таблица 2.1 – Кинематические показатели пахотных агрегатов**

Наименование	Обозначение	Прицепной	Навесной
Ширина захвата, м	$B_k$	6,0	6,0
Скорость движения агрегата, м/с	$v$	2,2	2,2
Кинематическая:			
- длина, м	$L_{agr}$	18,6	5,6
- ширина, м	$d_k$	3,0	3,0
Радиус поворота, м	$R_o$	27,0	9,0
Ширина поворотной полосы, м	$E$	92,6	28,6
Длина:			
- выезда агрегата на поворотную полосу, м	$e$	14,0	1,4
- холостого хода, м	$L_{xx}$	244,0	74,8
- рабочего хода, м	$L_{px}$	814,8	942,8
Время:			
- цикла холостого хода, мин	$t_{xx}$	3,7	1,12
- цикла рабочего хода при длине поля 1000м, мин	$t_{px}$	12,2	14,14
- цикла, мин	$t_{ц}$	15,9	15,3
- работы за смену, ч	$T_p$	6,62	6,63
- холостого хода за смену, ч	$T_{xx}$	1,54	0,48
Количество циклов, шт	$n_{ц}$	25	26
Коэффициент использования времени смены	$\tau$	0,77	0,89

В теории, за одну смену используя секционный плуг можно обработать большой объем земли.

На рисунке (2.8) представлено различие сменной производительности пахотных агрегатов с отличающейся кинематической длиной в зависимости от скорости [103].

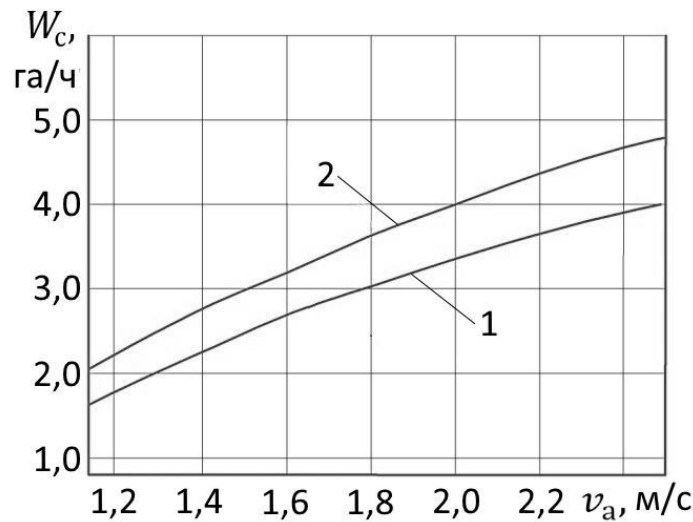


Рисунок 2.8 – Зависимость сменной производительности  $W_c$  пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от скорости движения  $v$ : 1 – с прицепным плугом и ступенчатой расстановкой рабочих органов на раме; 2 – с навесным плугом и секционной расстановкой рабочих органов на раме

По результатам, полученным на графике видно, что разница в производительности составляет 13,2-13,8 % в пользу секционного плуга

Чем длиннее поле, тем меньше разница в производительности пахотных агрегатов (Рисунок 2.9). Установлено, что пик роста производительности при длине поля 0,5 км, а дальше происходит резкий спад роста. Уменьшение длины плуга и выполнение его в навесном варианте увеличивает величину коэффициента использования времени смены, что обеспечивает повышение сменной производительности.

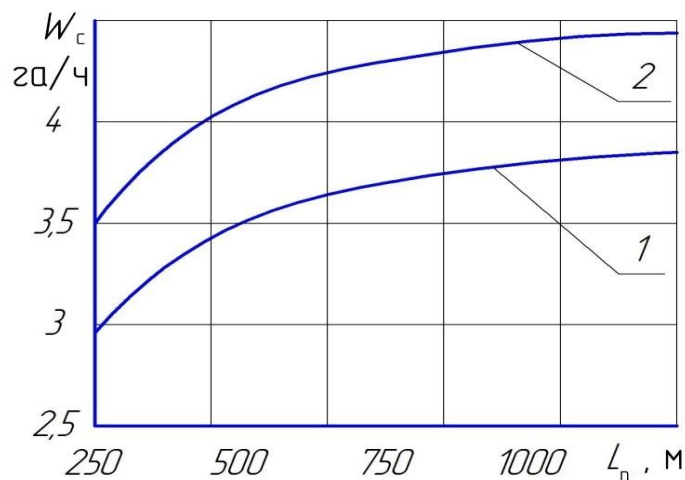


Рисунок 2.9 – Зависимость производительности от длины поля  $L_n$ : 1 – с прицепным плугом и ступенчатой расстановкой рабочих органов на раме; 2 – с навесным плугом и секционной расстановкой рабочих органов на раме

### 2.3 Схема технологического процесса основной обработки почвы.

Так как обработка почвы секционным плугом будет отличаться от однорядных плугов, то необходима применить свою схему. Схема техпроцесса показана далее на рисунке 2.10.

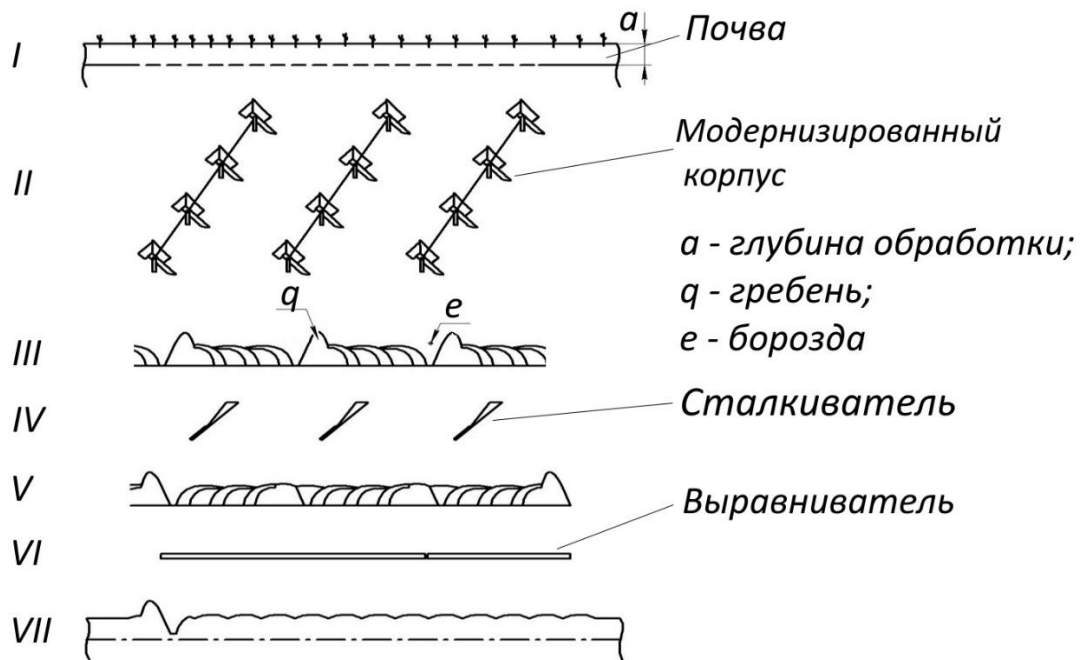


Рисунок 2.10 – Схема технологического процесса основной обработки почвы выполняемая секционным плугом

Технологический процесс заключается в следующем: необработанный почвенный массив (рисунок 2.10, I) подрезается лемехами плуга, крошится параллельными плужными секциями (II), состоящими из рабочих органов, раскрошенный пласт почвы оборачивается в одну сторону (III) относительно стоек рабочих органов с образованием гребней  $q$  из раскрошенной почвы и открытых борозд  $e$  между секциями. Затем сталкивателями (IV) гребни  $q$  смещаются в открытые борозды  $e$ , при этом образуется профиль поля (V). Далее выравнивателями (VI) происходит выравнивание поверхности поля, который имеет следующий профиль (VII).

Анализируя представленный технологический процесс, можно заключить, что применение корпусов плугов серии ПБС (рисунок 1.14) позволит уменьшить

размер борозд, а наличие выравнивателей обеспечит заделку борозд за счет перемещения раскрошенной почвы с поверхности поля в борозды. Техническая новизна разработанного технологического процесса подтверждена патентом на изобретение № 2715035 [108].

## 2.4. Обоснование ширины захвата корпуса секционного плуга

Нами было установлено в первом разделе с серийными плугами ПНЛ-8-40 применяются классические корпуса (рисунок 1.5) с шириной захвата 40 см. В секционных плугах ПСН-10-35 классический корпус с шириной захвата 35 см (рисунок 1.20). В плугах серии ПБС комбинированный корпус с шириной захвата 60 см (рисунок 1.14). Качество соответствует агротехническим требованиям [43, 44, 67, 68].

На рисунке (2.11) представлены схемы классического и комбинированного корпуса вместе со взаимодействием корпусов с обрабатываемым пахотным слоем.

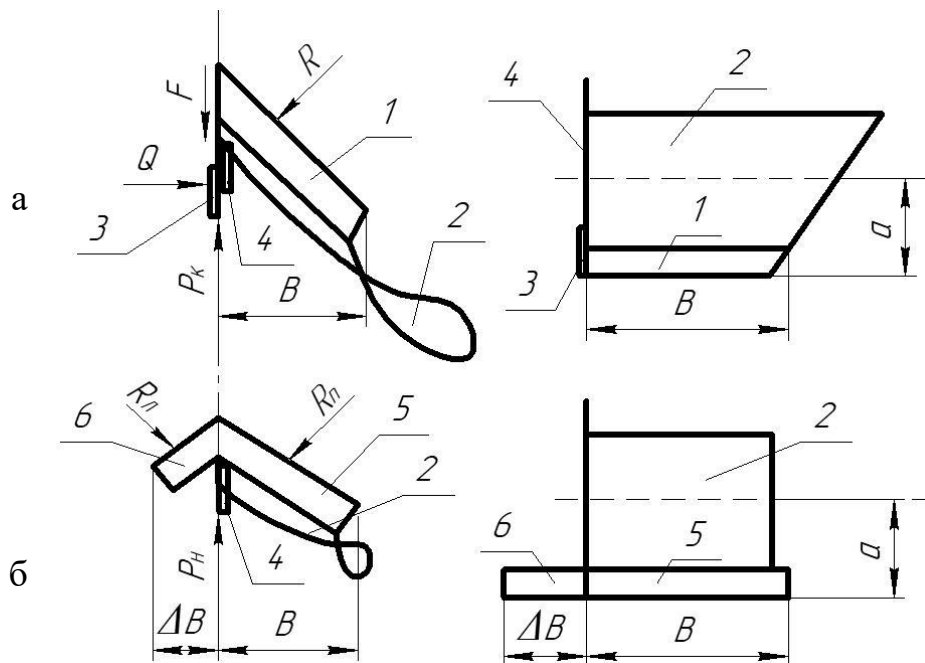


Рисунок 2.11 – Схемы корпусов и взаимодействия их с почвой: а – классический корпус; б – комбинированный корпус, 1 – лемех; 2 – отвал; 3 – полевая доска; 4 – стойка; 5 – лемех правый; 6 – лемех левый;  $P_k$ ,  $P_n$ ,  $R$ ,  $R_n$ ,  $R_l$ ,  $Q$ ,  $F$  – силы действующие на корпус;  $\Delta B$  – величина увеличения ширины захвата корпуса;  $B$  – ширина захвата корпуса

Анализ схем (рисунок 2.11) показывает, что конструктивно корпуса значительно отличаются. Стабилизация корпусов при работе плуга выполняется за счет полевой доски у классических корпусов, а в комбинированных корпусах за счет левого лемеха, при этом, как установлено исследованиями (раздел 1), тяговое сопротивление корпусов имеет одинаковую величину, то есть  $P_k = P_n$ , но имеют разную форму отвалов.

Анализируя рисунок (2.10) видно, что за последним рядом корпусов будут образовываться открытые борозды размер которых определяет конструкция корпуса плуга.

Известно [6, 39, 92], что тяговое сопротивление корпуса зависит от его ширины захвата, то есть чем меньше ширина захвата, тем ниже сопротивление корпуса и меньше сечение борозды, которая образуется за корпусом плуга, при этом также увеличивается степень крошения почвы.

На основании анализа схем (рисунок 2.11) можно заключить: чтобы уменьшить ширину захвата отвала корпуса и сохранить высокое качество обработки почвы следует применять ширину захвата комбинированного корпуса такой же как и у классических корпусов, то есть в пределах 35-40 см (рисунок 2.12).

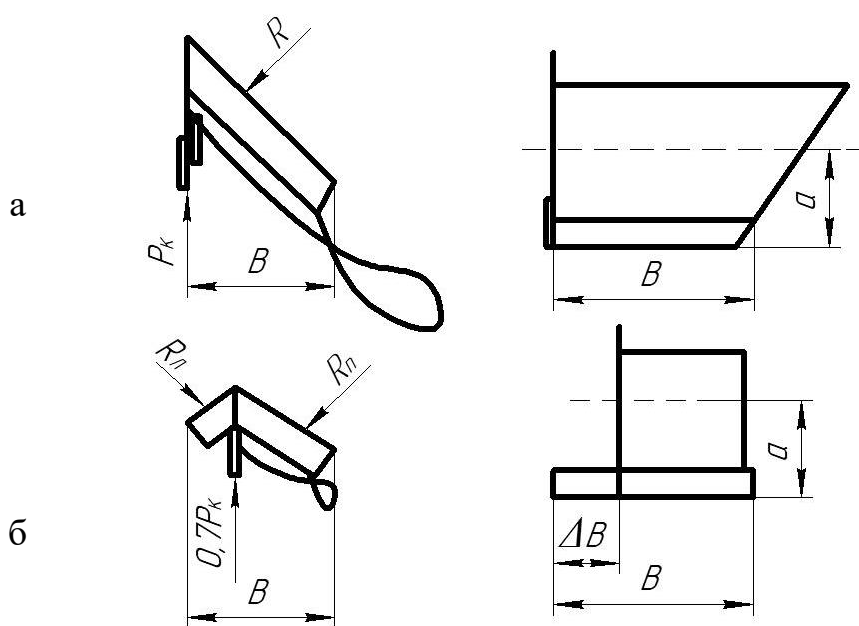


Рисунок 2.12 – Схемы корпусов и их взаимодействие с почвой: а – классический корпус, б – модернизированный корпус.



В этом случае тяговое сопротивление и ширина захвата отвала модернизированного корпуса будет на 30 % меньше чем у классического. Ширина захвата отвала модернизированного корпуса составит 25 см.

Тогда, как было установлено в разделе (2.1), максимальная ширина захвата плуга с модернизированными корпусами составляет 6 м, а согласно (2.2) количество корпусов 16 шт, принимаем ширину захвата модернизированного нового корпуса 0,38 м. Учитывая известные положения, была уменьшена ширина захвата комбинированного корпуса плуга серии ПБС с 0,6 м до 0,38 м (рисунок 2.13).

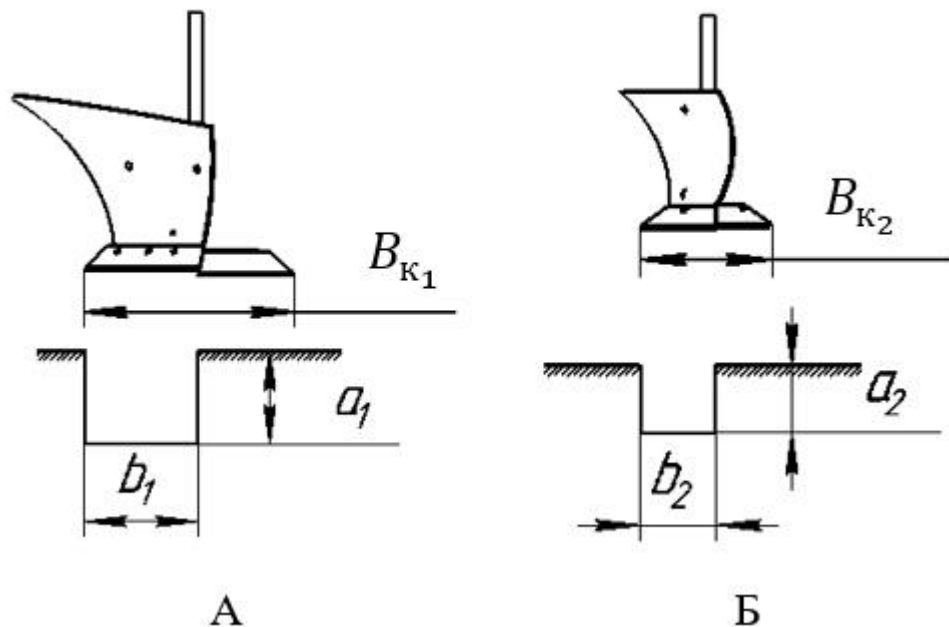


Рисунок 2.13 – Корпус плуга и профиль борозды: А – комбинированный корпус плуга ПБС, Б – модернизированный корпус секционного плуга ПБС;  $B_{к}$  – ширина захвата корпуса;  $a$  – глубина борозды;  $b$  – ширина борозды

Анализируя рисунок (2.13) видно, что при одинаковой глубине обработки почвы величина борозды за корпусом (2.13, Б) будет меньше чем за корпусом (2.13, А). Техническая новизна корпуса (2.13, Б) подтверждена патентом на изобретение № 2715035 (приложение 3).

## 2.5. Схемы расстановки корпусов на раме плуга

Как уже отмечалось в первой главе, в известных классических плугах ширина захвата корпусов находится в пределах 35-40 см, а расстояние между корпусами по их ходу движения составляет 0,8-1,0 м [39, 40, 41]. При этом плуги выполняются по ступенчатой схеме.

Если на навесной однорядный плуг с рабочей шириной 6 м. установить 16 корпусов, то его длина получится примерно 12-15 м, что невозможно эксплуатировать в навесном варианте. Для уменьшения длины можно использовать следующие секционные схемы расстановки корпусов на раме плуга (рисунок 2.14).

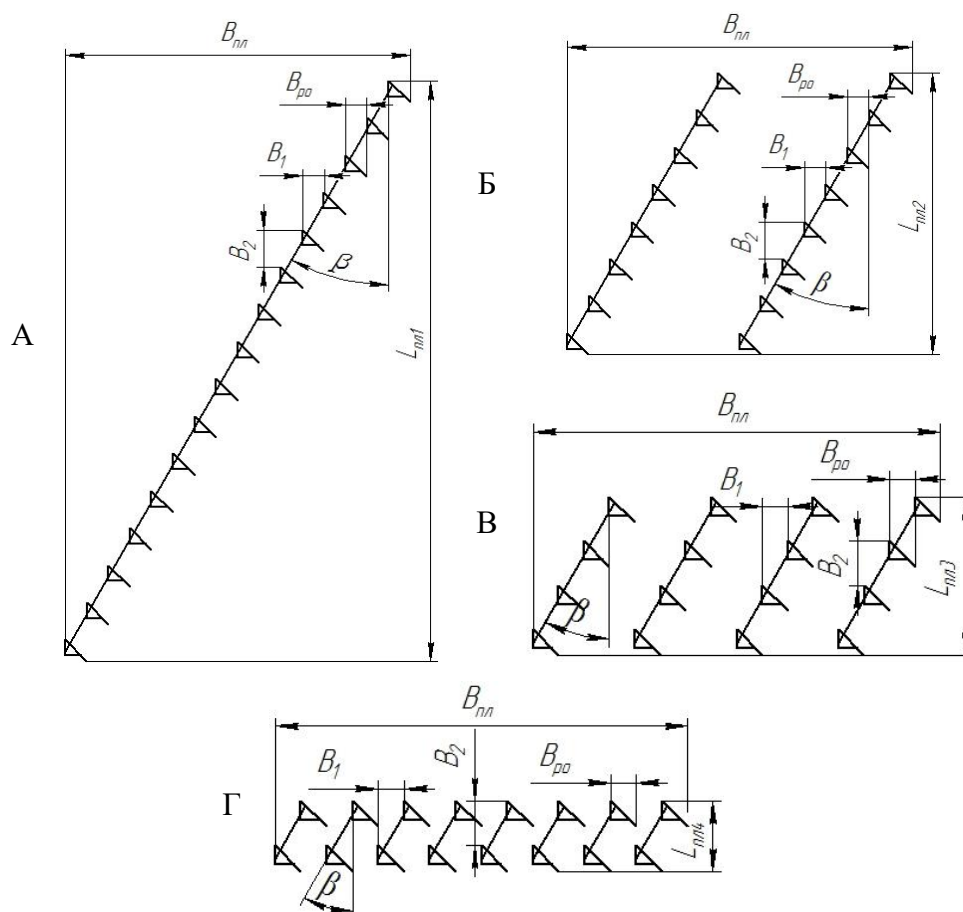


Рисунок 2.14 – Схемы комплектования корпусов на раме: А- одна секция; Б- две секции; В- четыре секции; Г- восемь секций;  $B_{пл}$  – ширина захвата плуга;  $B_к$  – ширина захвата корпуса;  $B_2$ - расстояние между корпусами;  $\beta$ - угол постановки секций плуга к направлению движения.

Анализ схем Б, В, Г (рисунок 2.14) показывает, что чем больше секций корпусов, тем меньше длина плуга, но при этом увеличивается количество корпусов, находящихся в последних рядах плуга, тем самым увеличивается количество борозд при работе плуга которые необходимо заделывать дополнительными приспособлениями.

## 2.6. Обоснование длины плуга

Используя схемы (рисунок 2.12), длину секционного плуга можно определить по следующему выражению:

$$L_{\text{пл}} = B_2 / \sin\beta (n/s - 1), \quad (2.21)$$

где  $n$  – количество корпусов, шт;  $s$  – количество секций, шт;  $B_2$  – расстояние между корпусами, м.

При комплектации пахотного агрегата, включающего трактор мощностью 200-250 кВт и навесного секционного плуга возможны следующие схемы пахотных агрегатов (рисунок 2.15).

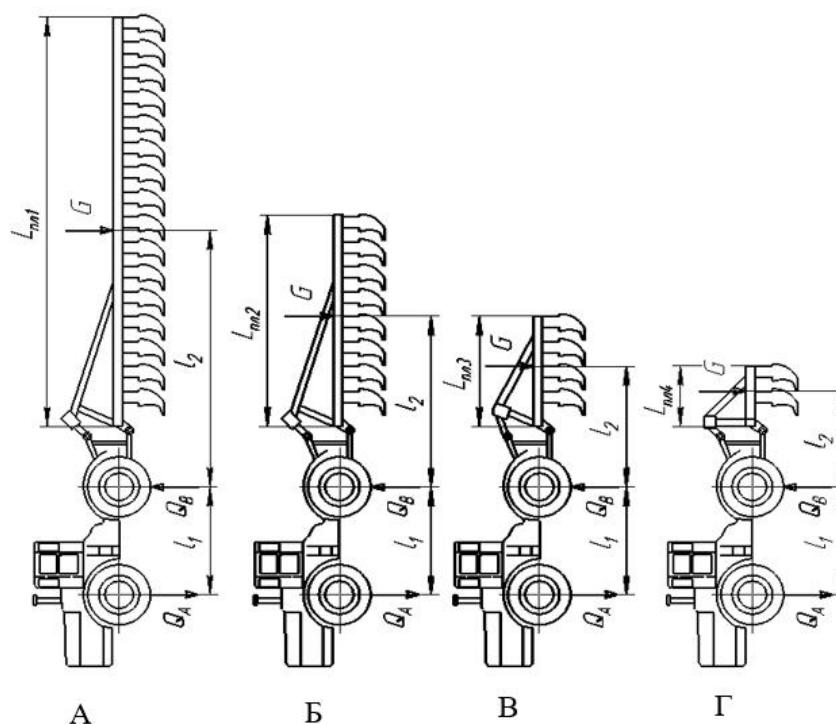


Рисунок 2.15 – Схемы комплектации пахотных агрегатов: А- одна секция; Б- две секции; В- четыре секции; Г- восемь секций

Принимаем, что секционный навесной плуг агрегируется с трактором К-701, у которого предельная нагрузка на задние колеса составляет 30 кН [102], а сила тяжести плуга ориентировочно  $G = 15,5$  кН и приложена в центре силы тяжести плуга.

Для расчета нагрузки на задние колеса трактора воспользуемся схемой (рисунок 2.15) и формулой: [62]

$$Q_B = G(l_2 + l_1)/l_2, \quad (2.22)$$

где  $G$  – сила тяжести плуга, кН;  $l_1$  – длина между точек опор трактора, м;  $l_2$  – длина между задней точкой опоры трактора и центром силы тяжести плуга, м.

На рисунке (2.16) представлена зависимость нагрузки  $Q_B$  на задние колеса трактора от различной длины плуга  $L_{пл}$ .

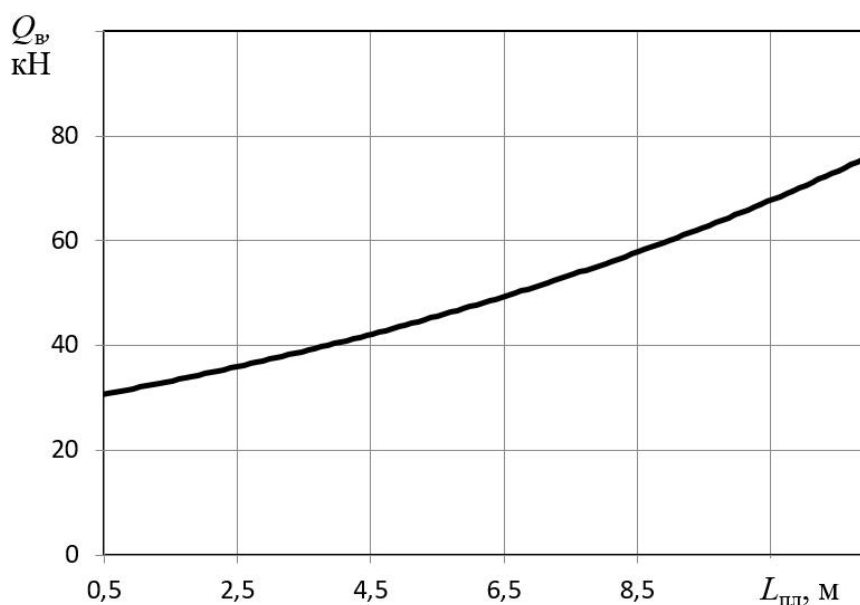


Рисунок 2.16 – Зависимость нагрузки  $Q_B$  на задние колеса трактора от различной длины плуга  $L_{пл}$

Расстояние  $B_2$  (рисунок 2.12) обычно для плугов составляет 0,7-0,8 м, тогда согласно схеме (рисунок 2.12, В) и рисунку (2.13) длина плуга  $L_{пл}$  будет равной:

$$L_{пл} = 3B_2, \quad (2.23)$$

При этом нагрузка на задние колеса трактора К-701 будет меньше 30 кН.

## 2.7. Принципиальная схема навесного секционного плуга

На базе схемы технологического процесса (рисунок 2.10) модернизированного корпуса (рисунок 2.13, Б) и схемы расстановки рабочих органов (рисунок 2.14) была разработана принципиальная схема секционного плуга (рисунок 2.17).

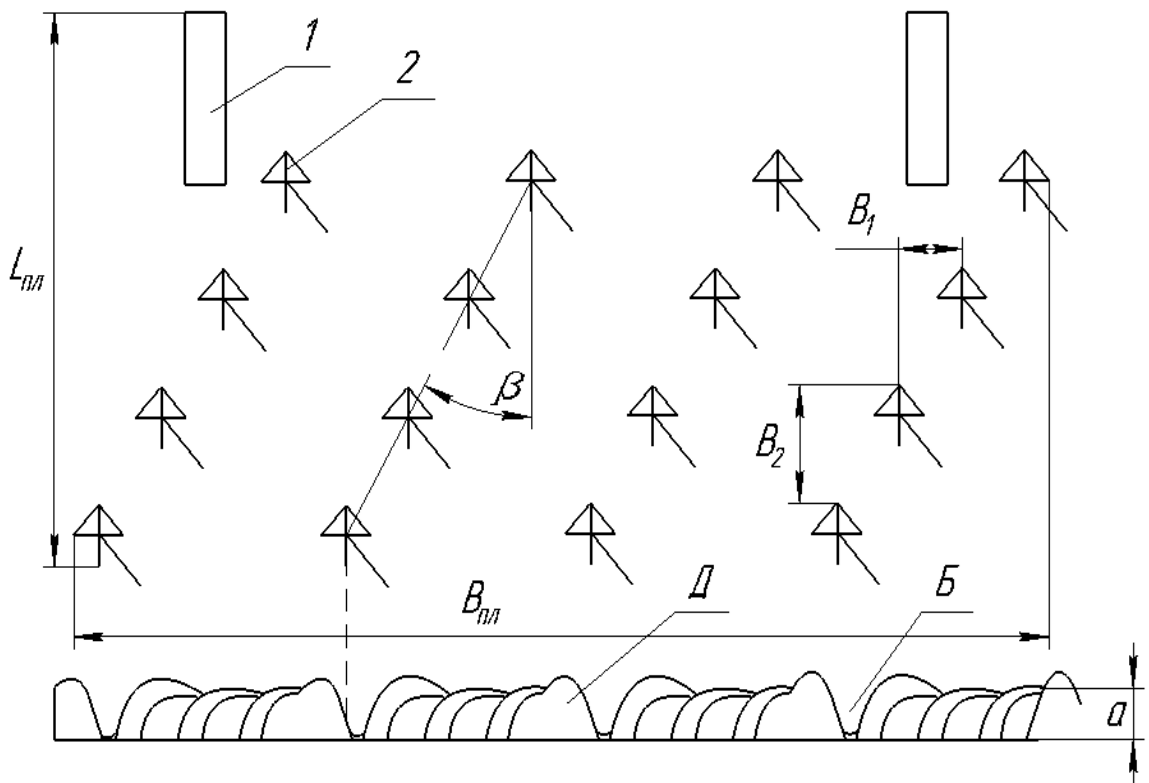


Рисунок 2.17 – Принципиальная схема секционного плуга: 1 – опорное колесо; 2 – корпус плуга;

$\beta$  – угол постановки секций корпусов к направлению движения плуга;  $L_{пл}$  – длина плуга;

$B_{пл}$  – ширина захвата плуга

Для заделки борозд которые образуются за последними корпусами плуга и выравнивания поверхности пашни устанавливались два приспособления, которые шарнирно закреплялись на раме плуга (рисунок 2.18). Техническая новизна плуга и приспособлений подтверждена патентом № 2715035.

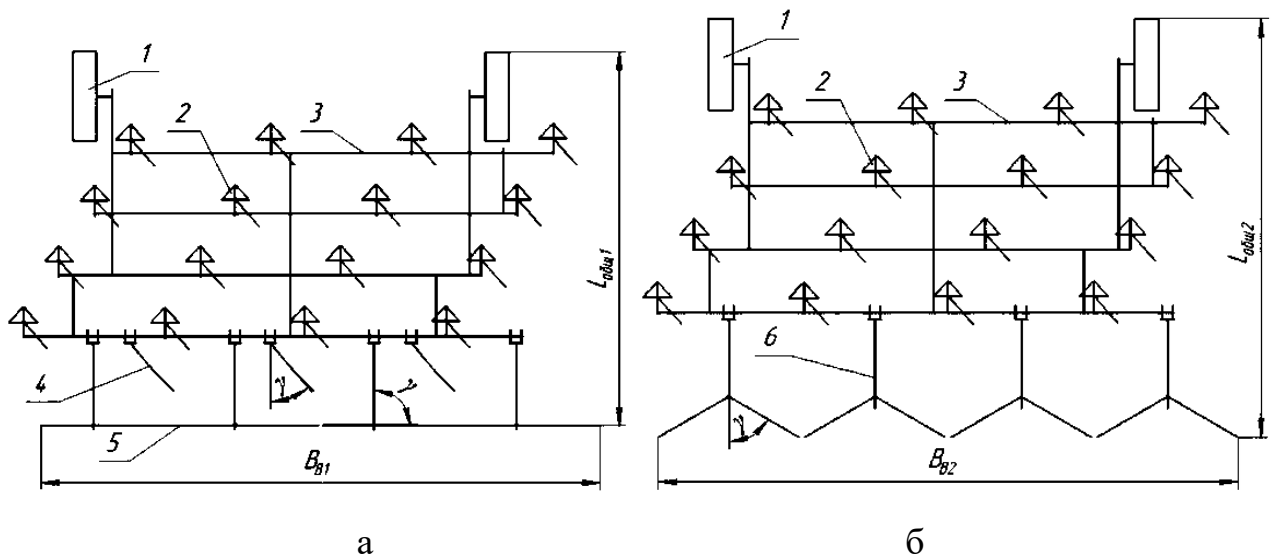


Рисунок 2.18 – Принципиальная схема навесного секционного плуга с приспособлениями:  
 а – № 1; б – № 2; 1 – опорное колесо; 2 – корпус; 3 – рама;  
 4, 6 – сталкиватель; 5 – выравниватель;  $L_{общ}$  – длина плуга с приспособлением;  
 $B_{в}$  – ширина приспособлений

Приспособление № 1 включает в себя сталкиватель 4 и выравниватель 5 (рисунок 2.18, а), а приспособление №2 включает в себя сталкиватель 6 (рисунок 2.18, б), выполняющий одновременно функцию сталкивания и выравнивания пашни.

Анализ схемы (рисунок 2.18) показывает, что сталкиватель (4), (6) и выравниватель (5) должны перемещать с поверхности поля раскрытую почву в открытую борозду, которая образуется за тремя корпусами последнего ряда (рисунок 2.17), при этом объем почвы, снимаемый с поверхности поля, должен соответствовать объему борозд.

## 2.8. Конструктивно-технологическая схема навесного секционного плуга

За основу конструктивно-технологической схемы навесного секционного плуга (рисунок 2.19) принимаем: принципиальную схему секционного плуга (рисунок 2.17), ширину захвата модернизированного корпуса плуга 0,38 м (раздел 2.2), расположение между корпусами 0,7 м (раздел 2.5), высоту корпуса

0,75 м, количество корпусов 16 штук (раздел 2.5). Рама плуга из труб сечением 120 x 120 x 8 мм.

Секционный плуг устанавливается на гидравлическую навеску трактора, глубина обработки почвы задается опорными колесами с механической регулировкой глубины обработки почвы. Из рисунка (2.10) также видно, что при выполнении плуга по четырехсекционной схеме в процессе работы плуга три корпуса первого ряда будут производить блокированное резание, то есть тяговое сопротивление этих корпусов будет на 20% выше чем корпусов следующих за ними. [104, 105, 106, 107] Однако, принимая во внимание что плуг состоит из 16 корпусов, то увеличение тягового сопротивления трех передних корпусов, в результате предварительных расчетов по выражению (2.8) дает прирост общего тягового сопротивления плуга всего на 3,7%, то есть тяговое сопротивление плуга увеличится незначительно.

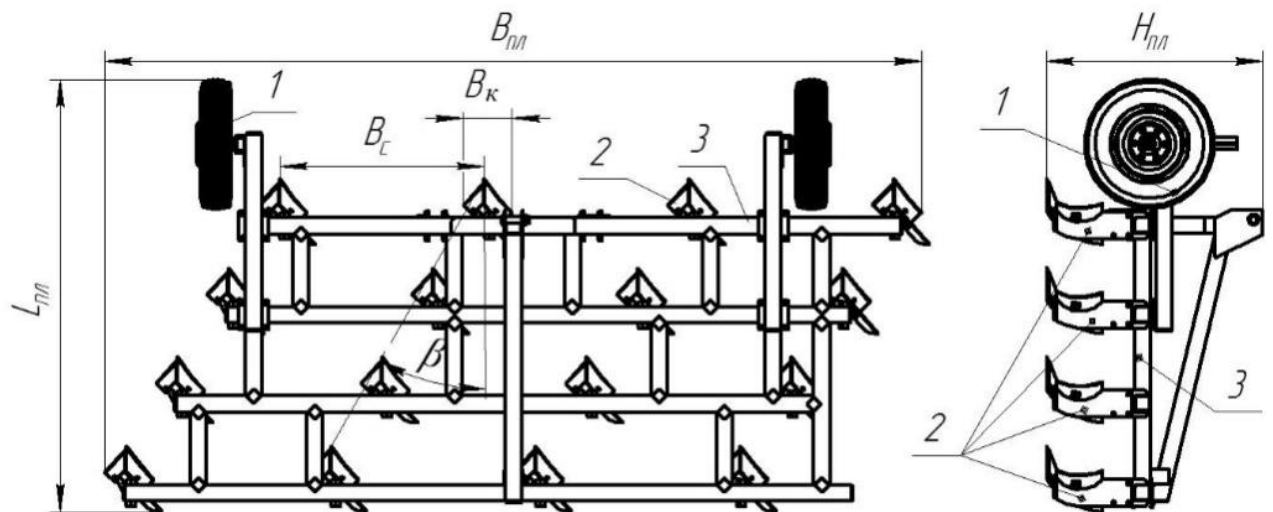


Рисунок 2.19 – Конструктивно-технологическая схема навесного секционного плуга:

$L_{пл}$  – длина плуга (3,2 м);  $B_{пл}$  – ширина плуга (6,08 м);  $H_{пл}$  – высота плуга (1,6 м);

$B_{к}$  – ширина захвата рабочего органа (0,38 м);  $B_{с}$  – межсекционное расстояние (1,52 м);

1 – колесный узел; 2 – рабочие органы; 3 – рама плуга

На раму плуга для заделки борозд и выравнивания поверхности обрабатываемого поля устанавливаются согласно схеме (рисунок 2.18) приспособления. Конструктивно-технологические схемы с разными приспособлениями для заравнивания представлены далее на рисунке (2.20).

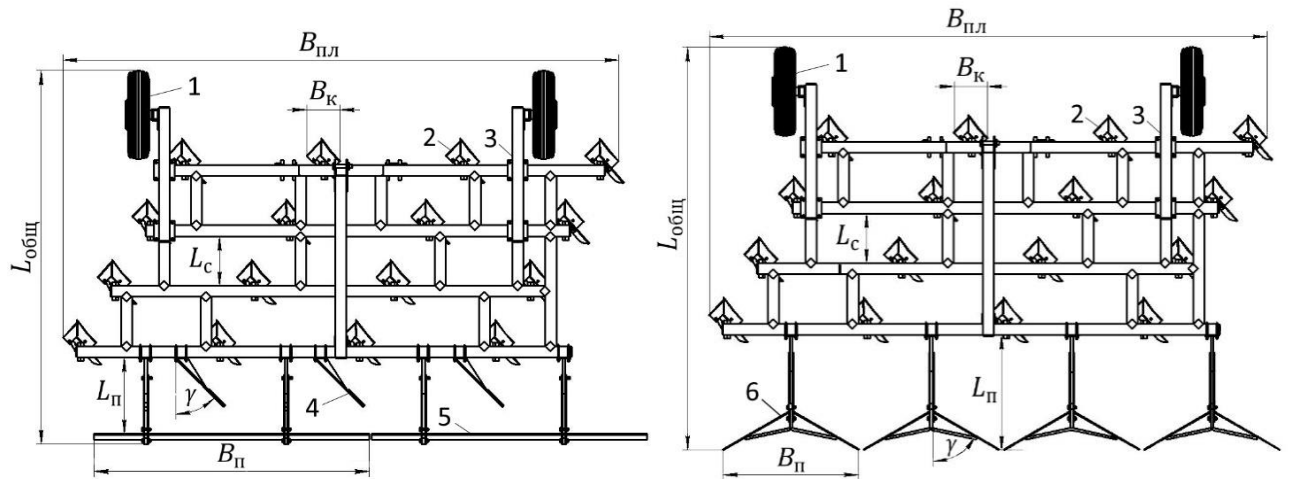


Рисунок 2.20 – Конструктивно-технологическая схема секционного плуга с приспособлениями: а- № 1; б- № 2;  $L_c$  – длина секции;  $L_p$ ,  $B_p$  – длина и ширина приспособлений;  $L_{общ}$  – общая длина плуга; 1 – колесный узел; 2 – корпус плуга; 3 – рама плуга; 4, 6 – сталкиватели; 5 – выравниватель почвы

Для расчета тягового сопротивления приспособлений  $R_b$  (4, 6 – сталкиватели; 5 – выравниватель почвы) воспользуемся рациональной формулой академика В. П. Горячкина (2.8) [92].

Можно установить, что коэффициенты  $k$  и  $\varepsilon$  будут практически равны нулю. Тогда тяговое сопротивление приспособления будет определяться:

$$R_b = Gf, \quad (2.24)$$

где  $f$  – коэффициент трения материала выравнивателя по почве.

Для расчета (2.24) принимаем  $G = 200 \text{ Н}$  и  $f = 0,5$ . Тяговое сопротивление приспособлений будет составлять 300-400 Н. Можно заключить, что величина  $R_b$  будет иметь незначительную величину, так как составляет меньше 1 % от общего тягового сопротивления секционного плуга. По сравнению с общим сопротивлением плуга  $R_{п}$  и ее можно не учитывать. Однако, чтобы исключить залипание сбрасывателя рыхлой почвой высокой влажности, величина угла  $\gamma$  (рисунок 2.18) должна определяться из следующего условия:

$$\gamma < 90^\circ - \varphi, \quad (2.25)$$

где  $\varphi$  – угол взаимодействия почвы с материалом выравнивателя, град.

Величину угла  $\gamma$ , обеспечивающего надежную работу приспособлений можно определить при экспериментальных исследованиях. Для этого



необходимо исследовать несколько сталкивателей с различными углами  $\gamma$ . Эффективность работы приспособлений также можно установить при экспериментальных исследованиях, так как на их работу влияют такие факторы, как их конструкция, физико-механические свойства почвы, глубина ее обработки, скорость движения пахотного агрегата, масса приспособления.

## 2.9. Конструктивно-технологическая схема навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата

На основании изложенного в разделе (2.1) можно заключить, что навесной секционный плуг должен обеспечивать различную глубину обработки почвы, при этом для обеспечения рациональной загрузки пахотного агрегата необходимо изменять ширину захвата плуга.

Изменение ширины захвата производится путем снятия корпусов с рамы плуга, при этом при съеме двух корпусов ширина захвата плуга составит 5,32 м; четырех корпусов – 4,56 м; шести корпусов – 3,8 м. Снятие корпусов производится попарно с первой и четвертой секции плуга (рисунок 2.21).

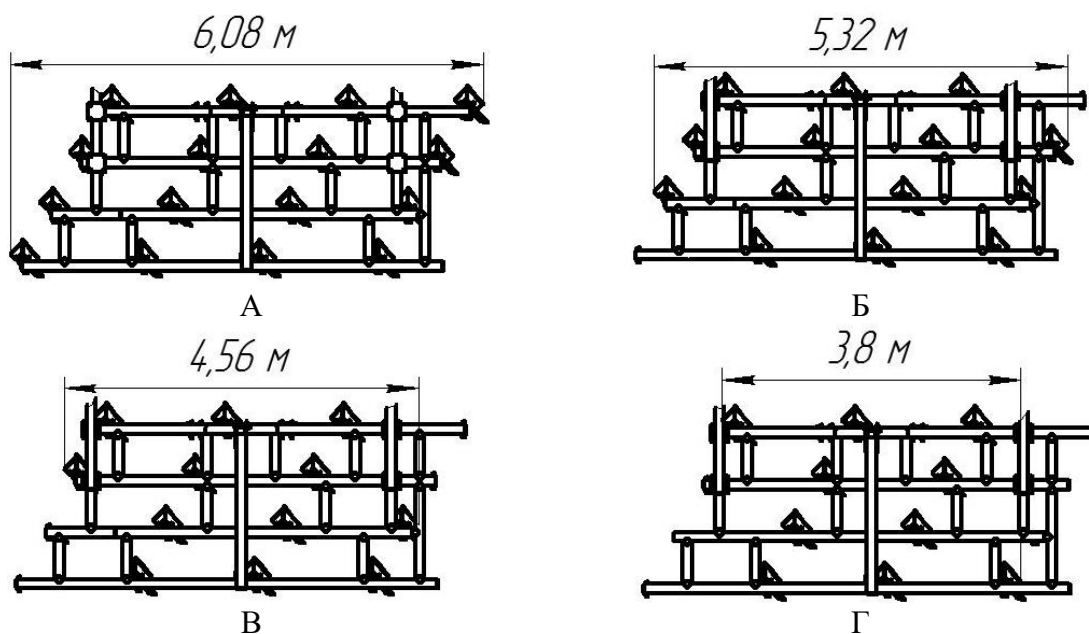


Рисунок 2.21 – Навесной секционный плуг с изменяемой шириной захвата А – 6,08 м; Б – 5,32 м; В – 4,56 м; Г – 3,80 м

## 2.10. Определение эксплуатационно-технических показателей пахотного агрегата

Принимаем, что пахотный агрегат должен включать в себя трактора мощностью 200-250 кВт и навесной плуг с изменяемой шириной захвата, у которого ширина захвата составляет:  $B = 6.08$  м; 5.32 м; 4.56 м; 3.80 м (рисунок 2.17). При этом необходимо при установочной глубине обработки (мелкой  $a = 0,18$  м; нормальной  $a = 0,22$  м; средней  $a = 0,25$  м и глубокой  $a = 0,30$  м) определить эксплуатационно-технологические параметры при рациональной загрузке пахотного агрегата, то есть при выполнении условия (2.2).

Как было установлено в разделе (2.1) эффективная работа пахотного агрегата происходит при рациональной загрузке трактора и оптимальных параметрах плуга.

Тогда на основании формул (2.1, 2.7, 2.8) система выражений будет описывать работу пахотного агрегата состоящего из широко применяемого трактора К-701 и секционного плуга.

$$\begin{cases} P_T = -3,34v_a^2 - 2,23v_a + 83,29 \\ R_{\Pi} = 0,8G + 31,5aB + 1,58aBv_a^2, \\ W_{\text{ч}} = 0,36Bv_a \\ N_a = R_{\Pi}v_a \end{cases}, \quad (2.26)$$

где  $v_a$  – скорость движения агрегата, м/с;  $N_a$  – мощность, затрачиваемая на обработку почвы пахотным агрегатом, кВт.

Из системы выражений обобщенным критерием эффективности пахотного агрегата является его энергоёмкость,  $\mathcal{E}_a$ , кВтч:

$$\mathcal{E}_a = N_a/W_{\text{ч}}, \quad (2.27)$$

Для получения эксплуатационно-технологических показателей работы состоящего из широко применяемого в РФ трактора К-701 и навесного секционного плуга, используем систему выражений (2.26). Согласно условию (2.2), имеем следующее уравнение:

$$-3,34v_a^2 - 2,23v_a + 83,29 = 0,8G + 31,5aB + 1,58aBv_a^2, \quad (2.28)$$

Преобразовав это выражение к виду многочлена 2-й степени, получим уравнение для определения скорости движения при некоторой ширине плуга  $B = 6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м и установленной глубине обработки почвы  $a = 0,18$  м;  $0,22$  м;  $0,25$  м;  $0,30$  м:

$$1,58aBv_a^2 + 3,34v_a^2 + 2,23v_a + 83,29 - 0,8G - 31,5aB = 0, \quad (2.29)$$

Решая квадратное уравнение (2.29) получим формулу для определения движения  $v_a$ , м/с:

$$v_a = \frac{-2,23 \pm \sqrt{2,23^2 - 4(1,58aB + 3,34)(83,29 - 0,8G - 31,5aB)}}{2(1,58aB + 3,34)}, \quad (2.30)$$

На рисунке (2.22) показаны кривые тягового сопротивления плуга  $R_{п}$  от ширины захвата плуга  $B$ :  $6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м, при глубине обработки почвы  $a$ : 1 –  $0,18$  м; 2 –  $0,22$  м; 3 –  $0,25$  м; 4 –  $0,30$  м (приложение 4).

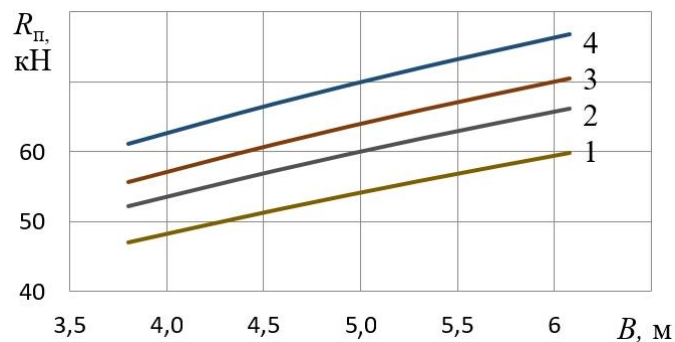


Рисунок 2.22 – Зависимость тягового сопротивления  $R_{п}$  от ширины захвата плуга  $B$ :  $6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м при глубине  $a$ : 1 –  $0,18$  м; 2 –  $0,22$  м; 3 –  $0,25$  м; 4 –  $0,30$  м.

Анализируя рисунок (2.22) можно заключить, что при рациональной загрузке трактора тяговое сопротивление плуга изменяется практически линейно на разных глубинах.

Мощность  $N_a$ , кВт, затрачиваемая на выполнение работы пахотным агрегатом при рациональной загрузке трактора:

$$N_a = R_{пл} \frac{-2,23 \pm \sqrt{2,23^2 - 4(1,58aB_{пл} + 3,34)(83,29 - 0,8G - 31,5aB_{пл})}}{2(1,58aB_{пл} + 3,34)}, \quad (2.31)$$

В приложении 4 представлен расчет мощности при рациональной загрузке трактора от ширины  $B$  и глубины обработки почвы  $a$ , а на рисунке (2.23)

зависимость мощности  $N_a$  затрачиваемой на выполнение работы пахотным агрегатом от ширины захвата плуга  $B = 6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м при глубине  $a$  1-  $0,18$  м; 2-  $0,22$  м; 3-  $0,25$  м; 4-  $0,30$  м.

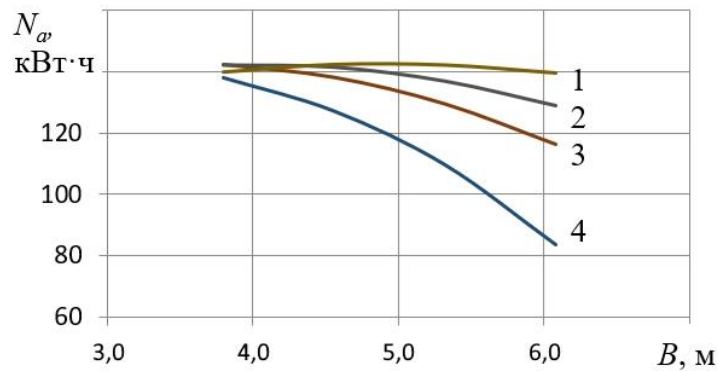


Рисунок 2.23 – Зависимость мощности  $N_a$  затрачиваемой на выполнение работы от ширины захвата плуга  $B = 6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м при глубине  $a$ : 1-  $0,18$  м; 2-  $0,22$  м; 3-  $0,25$  м; 4-  $0,30$  м.

Анализ рисунка (2.23) показывает, что мощность пахотного агрегата изменяется по нелинейной зависимости и находится в пределах от 83 до 142 кВт·ч.

Часовая производительность пахотного агрегата  $W_{\text{ч}}$  при рациональной загрузке трактора определяется по следующей формуле:

$$W_{\text{ч}} = 0,36B_{\text{пл}} \frac{-2,23 \pm \sqrt{2,23^2 - 4(1,58aB_{\text{пл}} + 3,34)(83,29 - 0,8G - 31,5aB_{\text{пл}})}}{2(1,58aB_{\text{пл}} + 3,34)}, \quad (2.32)$$

Зависимости часовой производительности пахотного агрегата  $W_{\text{ч}}$  от ширины захвата плуга при различной глубине обработки представлены на рисунке (2.24).

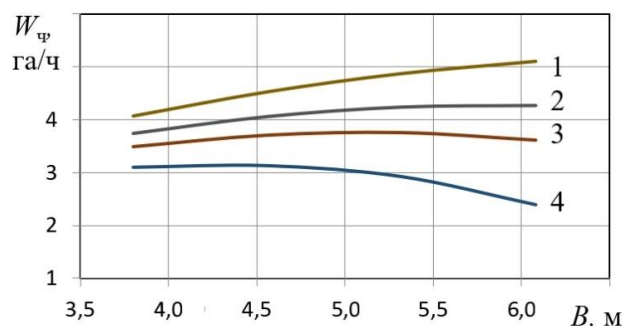


Рисунок 2.24 – Зависимость часовой производительности  $W_{\text{ч}}$  от ширины захвата плуга  $B = 6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м при глубине  $a$  1-  $0,18$  м; 2-  $0,22$  м; 3-  $0,25$  м; 4-  $0,30$  м.

Анализ рисунка (2.24) показывает, что часовая производительность плуга+трактора изменяется неравномерно и находится в интервале от 2,4 до 5,1 га/ч.

Энергоемкость  $\mathcal{E}_a$ , кВт·ч/га, определяется по выражению [85, 108, 109]:

$$\mathcal{E}_a = N_a/W_{\text{ч}}, \quad (2.33)$$

Зависимость энергоемкости  $\mathcal{E}_a$  выполнения обработки почвы пахотным агрегатом от ширины захвата плуга  $B = 6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м при глубине  $a$  1-  $0,18$  м; 2-  $0,22$  м; 3-  $0,25$  м; 4-  $0,30$  м представлена на рисунке (2.25) (приложение 4).

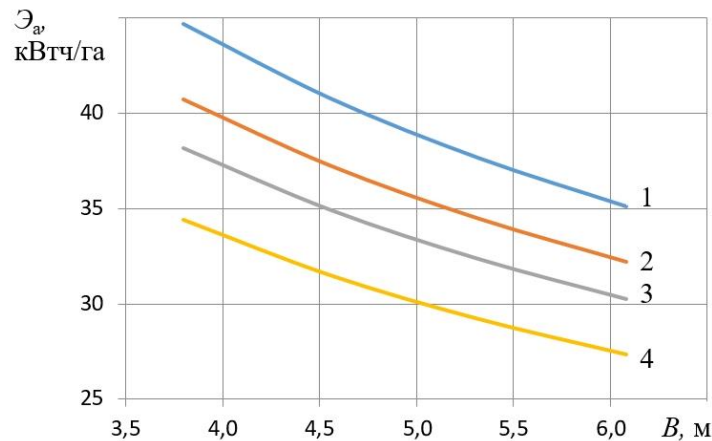


Рисунок 2.25 – Зависимость энергоемкости  $\mathcal{E}_a$  выполнения обработки почвы от ширины захвата плуга  $B = 6,08$  м;  $5,32$  м;  $4,56$  м;  $3,80$  м при глубине  $a$ : 1-  $0,18$  м; 2-  $0,22$  м; 3-  $0,25$  м; 4-  $0,30$  м

При рациональной загрузке трактора энергоемкость изменяется по нелинейной зависимости и изменяется от 27 до 44 кВт·ч/га.

Анализ выражений (2.35-2.38) показывает, что при рациональной загрузке пахотного агрегата тяговое сопротивление, производительность, мощность, энергоемкость изменяется нелинейно от ширины захвата плуга, при этом увеличивая глубину обработки почвы эти показатели уменьшаются.

Используемые выражения (2.32-2.38) позволяют теоретически определить основные эксплуатационно-технологические показатели пахотного агрегата. На основании полученных зависимостей (рисунок 2.24, 2.25) можно заключить, что

секционный плуг с изменяемой шириной захвата 3,8-6,08 м позволяет работать пахотному агрегату при изменении глубины обработки от 0,18 до 0,3 м, при этом часовая производительность пахотного агрегата может изменяться в диапазоне от 5,3 до 2,38 га/ч, а энергоемкость от 27,35 до 44,67 кВт·ч/га.

Используя выражения (2.35, 2.37) разработана номограмма определения производительности пахотного агрегата при рациональной загрузке трактора (рисунок 2.26) в функции скорости движения агрегата, глубины обработки почвы 0,2, 0,25, 0,3 м и ширины захвата плуга 6,08, 5,32, 4,56, 3,8 м. Результаты расчета представлены в приложении 5.

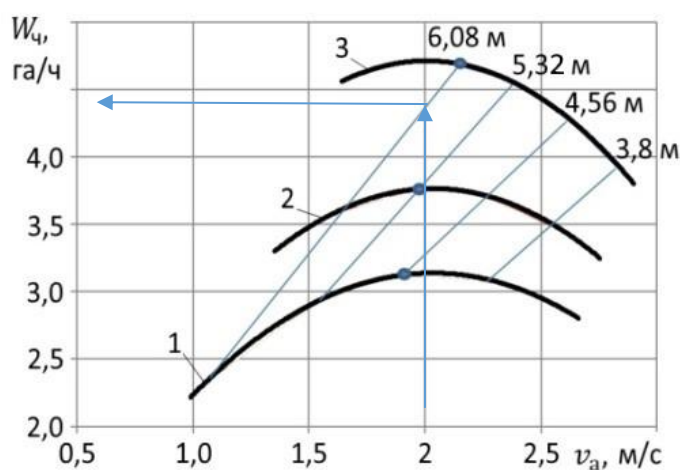


Рисунок 2.26 – Номограмма определения эксплуатационно-технологических показателей пахотного агрегата

Рисунок 2.26 помогает определить производительность. Так, к примеру при скорости 2 м/с, взяв глубину 0,22 м, при ширине захвата плуга 6,08 м производительность пахотного агрегата за 1 час основного времени составит 4,2 га. Дальнейшее увеличение глубины, при работе агрегата на этом режиме, приведет к перегрузке трактора.

Номограмма позволяет установить максимальную производительность агрегата при работе плуга с определенной скоростью, на определенной глубине обработки почвы и ширине захвата плуга в рациональном режиме загрузки трактора.

## Выводы

1. Используя полученные выражения тракторов и тяговые сопротивления плуга было определено, что максимальная ширина захвата плуга, рационально загружающая трактор мощностью 200-250 кВт, должна быть 6,0 м.

2. Исследование кинематических параметров пахотного агрегата показали, что навесные лемешно-отвальные плуги по сравнению с прицепными в процессе работы увеличивают коэффициент использования времени смены.

3. Теоретически установлено, что для агрегатирования с трактором мощностью 200-250 кВт лемешно-отвальный плуг с шириной захвата 6 м нужно выполнять в навесном варианте по четырехсекционной схеме расположения 16 корпусов на раме плуга, при этом длина плуга должна быть 2,1 м.

4. Разработан процесс разрушения почвы модернизированными корпусами плугов серии ПБС используя который, получена схема навесного секционного четырехрядного плуга с приспособлениями для заделки борозд и выравнивания поверхности пашни для агрегатирования с тракторами мощностью 200-250 кВт.

5. На базе принципиальной схемы навесного секционного плуга разработана конструктивно-технологическая схема навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата, который включает в себя 16 корпусов с шириной захвата 0,38 м и приспособления для заделки открытых борозд и выравнивания поверхности пашни, при этом, за счет парного снятия корпусов, ширину захвата ступенчато с 6,08 м можно уменьшать до 5,32 м; 4,56 м; 3,8 м.

6. На базе разработанных выражений было определено, что плуг с различной шириной захвата 3,8 – 6,08 может дать оптимальную загрузку трактора, при этом часовая производительность пахотного агрегата находилась в диапазоне от 5,3 до 2,38 га/ч, а энергоемкость от 27,35 до 44,7 кВт·ч/га.

### **3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1. Программа проведения экспериментальных исследований**

Для того чтобы подтвердить правильность теории, предусматриваются следующие эксперименты:

1. Определение в полевых условиях с каким качеством плуг выполняет основную обработку почвы.
2. Определение в полевых условиях эксплуатационных показателей работы экспериментального навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата.
3. Определение экономических составляющих применения данного плуга.

Эксперимент проводили согласно известным методикам, изложенным в ОСТ 10.4.1-2001, ОСТ 10.2.2-2002, ГОСТ 24057-88, СТО АИСТ, ГОСТ 20915-2011, ГОСТ Р 52778-2007 «Испытания сельскохозяйственной техники» в хозяйствах Саратовской области в условиях подзоны 5Б и 5В механизации Поволжья [111, 112, 114].

#### **3.2. Объект исследования**

Объектом исследования является секционный плуг с изменяемой шириной захвата, оснащенного приспособлениями для выравнивания поверхности пашни [108].



### 3.3. Оборудование и технические средства, используемые в экспериментальных исследованиях

Для определения качественных, кинематических параметров эксплуатационно-технологических показателей использовали:

Экспериментальный плуг марки ПБС-16-38 с изменяемым захватом (рисунок 3.1). Плуг агрегатировался с трактором мощностью 200-250кВт.



Рисунок 3.1 – Экспериментальный секционный лемешно-отвальный плуг ПБС-16-38 с изменяемой шириной захвата в агрегате с трактором К-701 (а- вид сбоку; б- вид сзади):

Рама плуга представляет собой каркас, выполненный из прямоугольных труб сечением 120x120x8 мм. Во фронтальной области рамы расположено трехточечное навесное устройство для соединения агрегата с трактором. Также рама оснащена четырьмя рядами креплений для сменных рабочих органов. Для регулировки глубины обработки поля пахотный агрегат оснащен двумя опорными колесами с механизмом для настройки требуемой глубины обработки, расположенными на раме по обе стороны от навесного устройства (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Опорное колесо

Для производства технологического процесса плуг оснащен модернизированными рабочими органами плугов серии ПБС (рисунок 3.3).

На основной раме плуга в четыре ряда установлены отвальные корпуса.

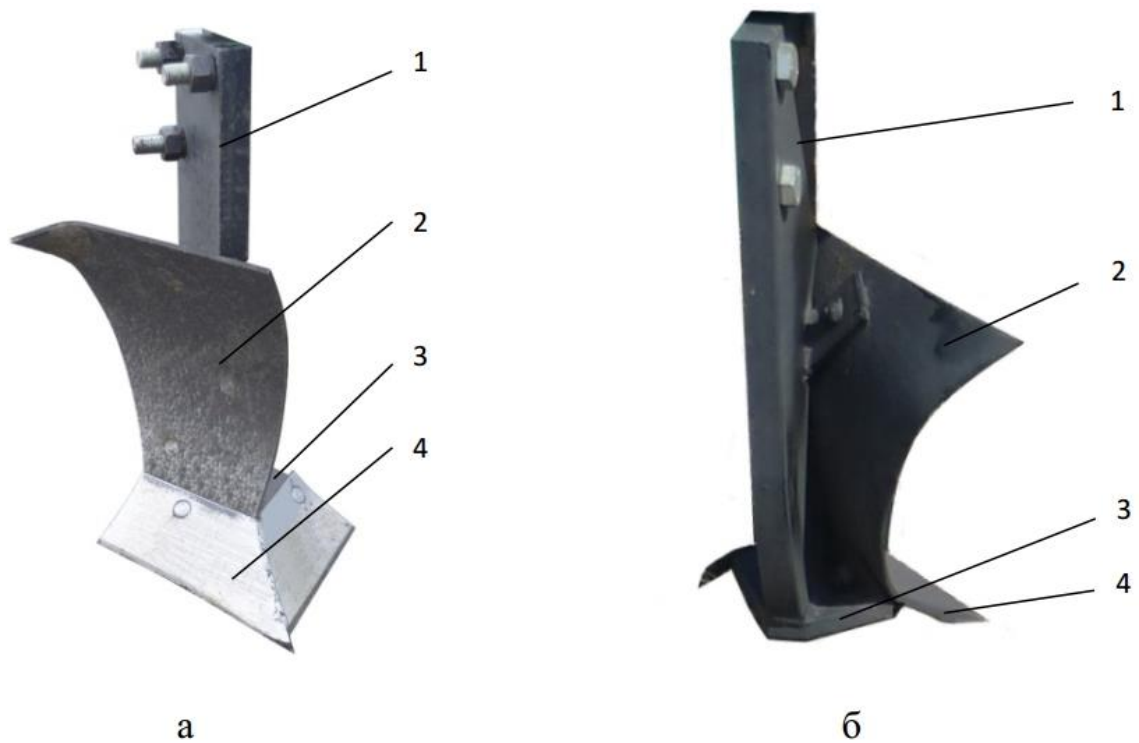


Рисунок 3.3 – Модернизированный корпус плуга ПБС: а- вид спереди; б- вид сзади

1- стойка; 2- отвал; 3- башмак; 4- стрельчатая лапа

Корпус состоит из стойки (1) к которой крепится отвал (2), в нижней части установлен башмак (3) с лемехами (4). Лемеха спаренные и представляют собой одно целое. Ширина захвата корпуса составляет 400 мм.

Техническая характеристика навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата представлена в таблице (3.1).

С тыльной стороны плуга на раму с помощью хомутов устанавливаются приспособления по варианту № 1 или по варианту № 2 для выравнивания поверхности пашни.

Приспособление № 1 состоит из двух выравнивателей и трех сталкивателей, которые устанавливаются на раму плуга (рисунок 3.4 – 3.6).



Рисунок 3.4 – Плуг ПБС-16-38 с приспособлениями № 1 для выравнивания поверхности пашни: 1 – рама плуга ПБС-16-38; 2 – сталкиватель; 3 – выравниватель



Рисунок 3.5 – Выравниватель приспособления № 1



Выравниватель приспособления №1 имеет ширину захвата 3 м. Выравниватель изготавливается из уголка размерами 75 X 75 X 8 мм, сталь марки СТ 3 и пластины длиной 3 м, толщиной 10 мм и шириной 120 мм. Выравниватель с помощью поводка и кронштейна устанавливается на раму плуга (рисунок 3.4).



Рисунок 3.6 – Сталкиватель

Сталкиватели изготавливаются из пластин 500 x 250 x 10 мм, Сталь 3 и с помощью кронштейна и хомутов устанавливаются на раму плуга.

Приспособление № 2 состоит из четырех сталкивателей (рисунок 3.7), которые устанавливаются на раму плуга.



Рисунок 3.7 – Плуг ПБС-16-38 с приспособлениями №2 для выравнивания поверхности пашни: 1 – рама плуга ПБС-16-38; 2 – сталкиватель

Для проведения экспериментальных исследований изготавливались 4 вида сталкивателей с различными углами стреловидности  $\gamma$  и шириной захвата  $B_{\text{п}}$  (рисунок 3.8).

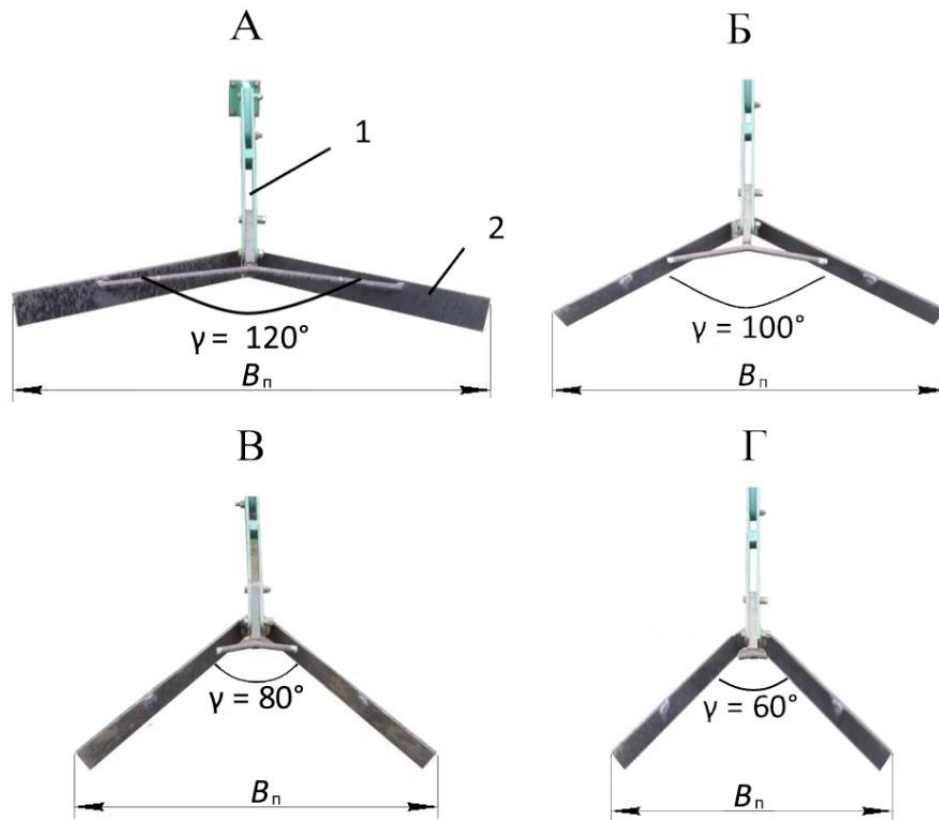


Рисунок 3.8 – Сталкиватель приспособления №2: 1 – поводок; 2 – пластины;  
 А – угол стреловидности  $\gamma = 120^\circ$ , ширина захвата  $B_{\text{п}} = 1470$  мм;  
 Б – угол стреловидности  $\gamma = 100^\circ$ , ширина захвата  $B_{\text{п}} = 1300$  мм;  
 В – угол стреловидности  $\gamma = 80^\circ$ , ширина захвата  $B_{\text{п}} = 1040$  мм;  
 Г – угол стреловидности  $\gamma = 60^\circ$ , ширина захвата  $B_{\text{п}} = 900$  мм.

Пластины сталкивателя 845 x 120 x 10 мм изготавливаются из стали марки Сталь 3 и с помощью поводка через кронштейн устанавливаются на раму плуга.

Расположение лемехов в виде стрелчатой лапы обеспечивает сжатие и растяжение обрабатываемого пласта почвы, при этом за счет криволинейной формы отвала улучшается разрушение почвы и снижается общее сопротивление. Далее раскрошенный объем земли поднимается лемехами и оборачивается отвалами в сторону по ходу движения, при этом за последним корпусом секции будут образовываться гребни и открытые борозды. Далее приспособление № 1 или № 2 за счет сталкивателя перемещает гребни почвы в открытые борозды.

### **3.4. Определение качественных показателей технологического процесса основной обработки почвы выполняемых навесным секционным плугом с изменяемой шириной захвата**

В первую очередь до начала эксперимента нужно установить величину сырости почвы (0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-40 см). Количество повторений взятия проб – пять (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Определение влажности обрабатываемого слоя почвы после обработки пахотным агрегатом с навесным секционным плугом ПБС-16-38

Для определения влажности почвы [113, 114] засыпали пробы почвы в бюксы. Замеряли вес проб.

Твердомер Ревякина получили величину твердости земли (рисунок 3.10 А, Б).





А

Б

Рисунок 3.10- твердомер Ревякина (А) и измерение твердости почвы (Б) твердомером Ревякина

Для определения пути, времени и скорости использовали участки поля длиной 100 м. Ширина полигона для исследований составляла 6 м. Для определения времени использовали секундомер. Всего было проведено 4 замера.

Скорость ( $v_{ар}$ ) определяли по формуле (3.3):

$$v_{ар} = S_{п}/t_{п}, \text{ м/с}, \quad (3.1)$$

где  $S_{п}$  – пройденный путь, м;  $t_{п}$  – время прохождения деланки, с.

Для того чтобы измерить рабочую ширину захвата плуга делали замеры рулеткой в разных местах заданного полигона.

Также необходимо проверить глубину обработки. Участок необходимо очистить от земли до дна борозды в месте измерения глубины.

Натягивали нить и с помощью измерительных приборов определяли профиль поля после обработки плуга. Горизонтальность установки нити проверяют с помощью строительного уровня (рисунок 3.11)



Рисунок 3.11 – Проверка горизонтальности установки нити с помощью строительного уровня

Измерения проводятся от дна борозды и до нити (рисунок 3.12). Количество произведенных измерений не менее сорока. В журнал наблюдений записываются все результаты измерений и вычислений.



Рисунок 3.12 – Профиль дна борозды



При помощи линейки и рейки путем измерения высоты гребней определялась гребнистость поверхности пашни. Процесс определения гребнистости проводится четыре раза. В случайных местах после прохода трактора с плугом по ширине захвата помещают рейку на верхнюю часть гребней.

Забивание и залипание почвой и пожнивными остатками определяют в том случае, если нарушается технологический процесс при эксплуатационно-технологической оценке.

Уровень залипания и забивания почвой рабочих органов пожнивными и растительными остатками определяется визуально. Различают 3 уровня залипания (забивания) рабочих органов плуга: частичное (до 40%), среднее (40–60%) и полное (свыше 60%).



Рисунок 3.13 – Измерение массы растительных остатков

Для того чтобы узнать величину заделки остатков растений с поверхности вглубь необходимо очистить участок земли и замерить на каком уровне слой растительности. Измерения проводят линейкой с минимальной погрешностью

Крошение определяли следующим образом (рисунок 3.14): брали участок пашни, взвешивали объем земли до просеивания и после. Затем высчитывали и получали процентное соотношение комков  $P_{ки}$ , % по формуле (3.6):

$$\Pi_{ki} = m_i 100 / m, \quad (3.2)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -ой части, кг;  $m$  – вся масса, кг.



3.14 – Определение крошения обрабатываемого слоя почвы

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА

### 4.1. Условия проведения исследований

Исследования плуга ПБС-16-38 проводились на полях ФГУП "Учебно-опытное хозяйство "Степное" Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова" Энгельского района Саратовской области в августе 2019 г.

Поля, где проводились исследования – были ровными. Участки однородные.

Величина твердости почвы (до 4.8 МПа) и высота растительных остатков (до 30 см) можно характеризовать как экстремальную, то есть были выше требований по АТТ.

Поля не были обработаны ранее.

При выполнении исследований экспериментальный плуг агрегатировался с трактором К-701 (рисунок 4.1) и с трактором К-744Р4 (рисунок 4.2)



Рисунок 4.1 – К-701+ПБС-16-38 при выполнении работы



Рисунок 4.2 – К-744Р4+ПБС-16-38 при выполнении работы

На раму плуга крепились приспособления для заравнивания по варианту № 1 или № 2.

Перед началом исследований проводилась регулировка плуга и приспособлений по варианту № 1 и № 2 при установочной глубине обработки почвы плугом 0,2 м.

При испытании ПБС-16-38 с приспособлениями, выполненными по варианту №1 было установлено, что сбрасыватель и выравниватель практически не заделывает борозды, которые образуются за корпусами четвертого ряда секций плуга (рисунок 4.3). Поэтому дальнейшее исследование плуга с приспособлением №1 не проводились.



Рисунок 4.3 – Поле, обработанное пахотным агрегатом К-701+ПБС-16-38 с приспособлением № 1



## 4.2. Результаты и анализ агротехнических показателей технологического процесса основной обработки почвы

Проверка то с каким качеством плуг выполняет основную обработки почвы выполнялось плугом с приспособлением по варианту № 2 при глубине обработки почвы 0,2 м.

В процессе исследований определяли глубину борозд, образующихся за задними корпусами секционного навесного плуга, которые заделывались приспособлениями. Установлено, что приспособление №2 при угле постановки  $\gamma = 80$  град. сталкивателя более эффективно заделывает борозды, в сравнении с №1 (рисунок 4.4). Дальнейшее уменьшение угла  $\gamma$  (рисунок 3.8) не улучшает заделку борозды, увеличивает металлоемкость, массу и длину секционного плуга.

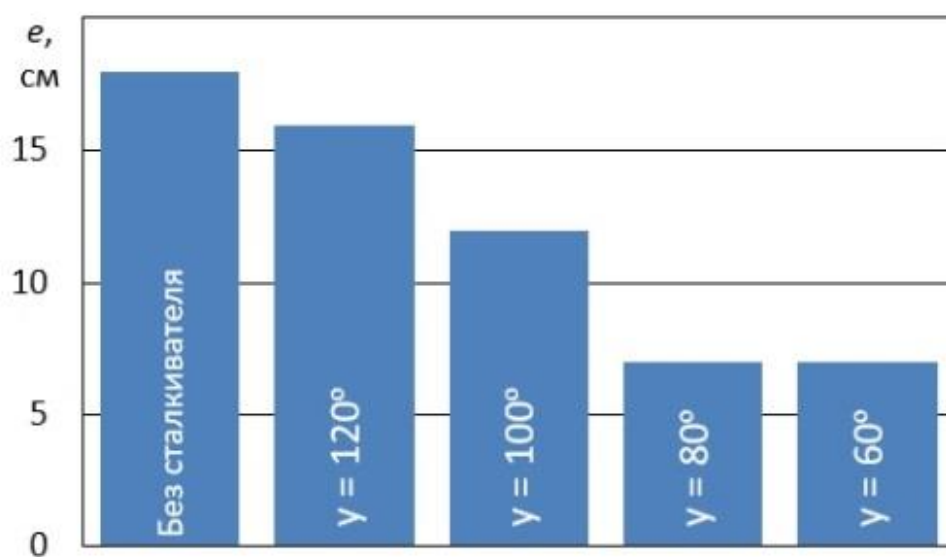


Рисунок 4.4 – Диаграмма изменения глубины борозды  $e$  от угла  $\gamma$  постановки сталкивателя

На рисунках (4.5, 4.6, 4.7) представлены фотографии поверхности поля после работы плуга с приспособлениями по варианту № 2 с углами постановки сталкивателя:  $\gamma = 120^\circ$ ;  $\gamma = 100^\circ$ ;  $\gamma = 80^\circ$ .



Рисунок 4.5 – Поверхность поля после работы плуга с выравнителем  $\gamma = 120^\circ$



Рисунок 4.6 – Поверхность поля после работы плуга с выравнителем  $\gamma = 100^\circ$



Рисунок 4.7 – Поверхность поля после работы плуга с выравнителем  $\gamma = 80^\circ$

Одновременно при исследовании работы приспособлений определяли крошения почвы, гребнистость обрабатываемого поля, равномерность глубины обработки почвы, отклонение ширины захвата, степень заделки стерни и растительных остатков, забивание и залипание корпусов.

Анализируя полученные результаты исследований можно заключить, что в основном за исключением степени заделки стерни и глубины борозд, образующихся за корпусами находящихся в секциях четвертого ряда, плуг неплохо справляется с работой. Не соответствие АТТ показателя степени заделки стерни происходит в следствии несоответствия физической высоты стерни агротехническим требованиям (34,2 см).

Исследования периметра почвенного сечения обработанного пахотного слоя показали, что дно пахотного слоя имеет практически плоскую форму (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Профиль обработанного слоя почвы

При обработке взлущенного поля (рисунок 4.9) поверхность почвы ровная, а степень заделки стерни и растительных остатков составляет практически 100%.





Рисунок 4.9 – Взлущенное поле, обработанное пахотным агрегатом К-701+ПБС-16-38

### **4.3. Результаты и анализ эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПБС-16-38**

Эксплуатационные показатели работы пахотного агрегата для проверки сходимости результатов теоретических исследований с экспериментальными определялись на поле, где проводилось определение агротехнических показателей пахотного агрегата. Плуг ПБС-16-38 агрегатировался с трактором К-701. Установочная глубина обработки составляла 0,2 м; 0,25 м; 0,3 м. Во время проведения исследований определялась глубина на участках, при установочной ширине 6,08 м, 5,32 м; 4,56 м; 3,8 м. При проведении исследований учитывалось, что трактор К-701 работал на оборотах двигателя соответствующих его рациональной загрузке, то есть 2000 об/мин. Полученные в результате исследований скорости движения при различной ширине захвата плуга использовались для определения производительности



Анализируя таблицу (4.2) можно заключить, что при рациональной загрузке трактора навесной секционный плуг с изменяемой шириной может работать на различной глубине обработки почвы за счет изменения ширины захвата плуга.

Как результат всех исследований – проверка совпадения теоретических исследований с практическими на рисунке (4.10). м и ширине захвата 6,08 м, 5,32 м, 4,56 м, 3,8 м (приложение 6)

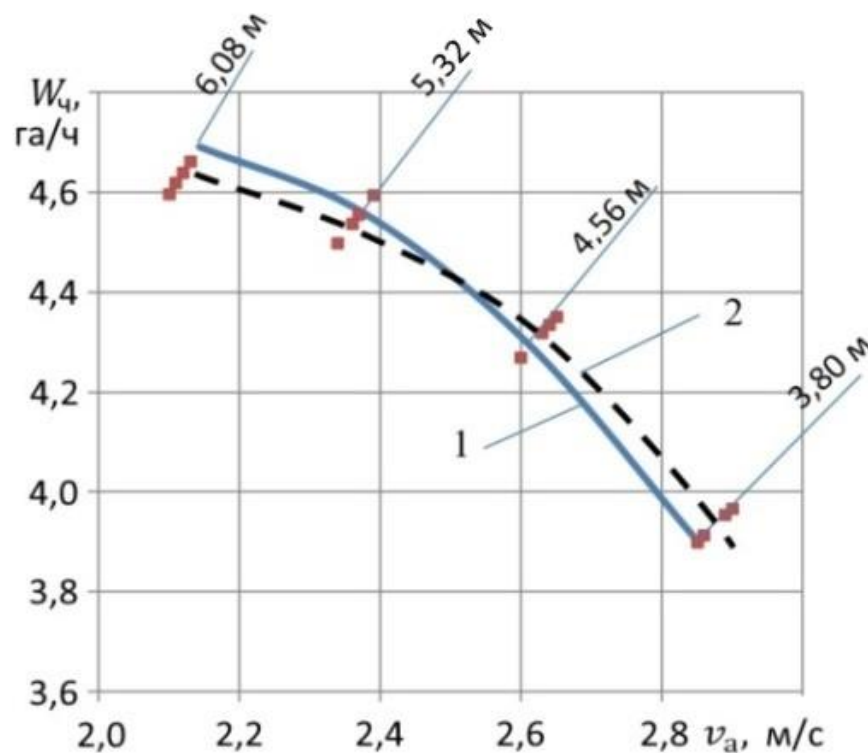


Рисунок 4.10 – Зависимость производительности пахотного агрегата К-701+ПБС-16-38 от скорости движения  $v_{\text{а}}$  при установочной глубине 0,2м и ширине захвата плуга 6,08; 5,32; 4,56 и 3,80м; 1 – теоретическая, 2 – экспериментальная

Анализ закономерности изменения экспериментальной и теоретической зависимостей (рисунок 4.10) показал, что они согласуются по критерию  $\chi^2$  с доверительной вероятностью 0,95.

## **Выводы**

1. Исследования подтвердили, что плуг с соответствующим трактором достаточно неплохо справляется с работой.
2. Выполнение секционного плуга в навесном варианте с изменяемой шириной захвата позволило обеспечить работу трактора в разных режимах работы.
3. Результаты экспериментальных исследований с высокой вероятностью подтверждают результаты теоретического обоснования конструктивно-технологической схемы навесного секционного плуга с изменяемой шириной захвата. Доверительная вероятность составляет 0,95.

## 5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВЕСНОГО СЕКЦИОННОГО ПЛУГА ПБС-16-38 С ИЗМЕНЯЕМОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА

Хозяйственные исследования и испытания навесного секционного плуга ПБС-16-38 с различной шириной захвата проводились в 2019 году августе месяце на полях ФГУП «Учхоз «Степное» СГАУ» (Приложение 7).

Плуг ПБС-16-38 агрегатировался с трактором К-701 и К-9420 (рисунок 5.1).



1

2

Рисунок 5.1 – Пахотный агрегат К-701 и плуг ПБС-16-38 (1) и пахотный агрегат, К-9420 и плуг ПБС-16-38 (2)

Перед началом исследований производилось при рациональной загрузке трактора определение ширины захвата плуга и глубины обработки почвы. После установки режимов работы пахотного агрегата проводилось определение эксплуатационно-технологических показателей. Результаты исследований представлены в таблице (5.1)

Анализируя таблицу (5.1) видно, что производительность при работе агрегата К-701+ПБС-16-38 при ширине захвата 4,56 м за счет снятия четырех рабочих органов и рациональной загрузки трактора составила 4,33 га/ч.

**Таблица 5.1 – Эксплуатационно-технологические показатели пахотных агрегатов**

Показатель	Значение показателя	
	К-701+ПБС-16-38	К-9420+ПБС-16-38
Скорость, м/с	2,1	2,6
Ширина захвата, м	4,56	6,08
Глубина обработки, см	24,7	25,1
Крошение почвы, размеры комков до 50 мм	94,8	96,8
Заделка стерни и растительных остатков, %	89,6	90,2
Производительность за 1 час сменного времени, га	3,44	4,32
Забивание и залипание рабочих органов	Не наблюдалось	
Глубина борозды за последним рядом корпусов, см	8,3	7,5

При работе агрегата К-9420+ПБС-16-38 с плугом шириной 6,08 производительность составила 4,3 га (приложение 12). Следует отметить, что за последним рабочим корпусом плуга после работы выравнивателей остались борозды глубиной 7,5-8,3 см, которые также оказывали влияние на показатель степени заделки стерни и растительных остатков.

Но, несмотря на небольшие недостатки, плуг ПБС-16-38 имеет высокие эксплуатационно-технические показатели работы.

Исследования пахотного агрегата с трактором К-9420 также показало, что плуг ПБС-16-38 загружает трактор мощностью 420 л.с. в рациональном режиме при ширине захвата 6,08 м, что значительно расширяет эксплуатационно-технологические возможности плуга. Очевидно, что плуг ПБС-16-38 рационально использовать с иностранными тракторами мощностью 200-250кВт, которые имеют гидравлическую навеску, при этом за счет выбора оптимальной ширины захвата плуга можно обеспечить высокую эффективность пахотного агрегата.

Осенью 2019 года плуг ПБС-16-38 использовался на вспашке зяби в Саратовском районе, Саратовской области на полях ООО «КРАФТ». Плуг агрегатировался с трактором К-744Р4 (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Плуг ПБС-16-38 с трактором К-744Р4

Пахотным агрегатом К-744Р4+ПБС-16-38 было обработано 230 га пашни. Как было установлено в процессе работы плуга.

В 2019 году навесной секционный плуг с различной шириной захвата ПБС-16-38 был представлен на десятой сельскохозяйственной выставке с международным участием «Саратов-агро. День поля.2019» 8-9 августа, где был удостоен дипломом (приложение 8).

13-15 сентября 2019 ПБС-16-38 был выставлен на XXI поволжской агропромышленной выставке, где получил дипломом и золотую медаль (приложение 9).

9-12 октября плуг ПБС-16-38 был представлен на Российской агропромышленной выставке «Золотая осень», где был удостоен дипломом и награжден бронзовой медалью (приложение 10).

## 5.1. Результаты экономической оценки применения плуга ПБС-16-38

Экономическая оценка выполнялась на основе эксплуатационно-технологических исследований и испытаний. Сравнения проводились с использованием агрегатов К-701+ПЛН-8-40 и К-744Р4+ПБС-10П.

Исходные данные приведены в главах 1, 2, 5 и представлены в таблице (5.2).

**Таблица 5.2 – Исходные данные для определения экономической эффективности применения ПБС-16-38**

Наименование показателя	Значение показателя			
	К-744Р4+ПБС-10П	К-744Р4+ПБС-16-38	К-701+ПЛН-8-40	К-701+ПБС-16-38
Скорость движения агрегата, м/с	2,11	2,5	2,11	2,11
Установочная глубина, м	0,25	0,25	0,25	0,25
Ширина захвата плуга, м	6,0	6,08	3,2	4,56
Коэффициент использования времени смены	0,7	0,8	0,8	0,8

На основании методики экономической оценки ПБС-16-38 агрегируемого с трактором К-701 и К-744Р4, согласно ОСТ 10.2.18-2001 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки» [118] и рекомендаций [119] (см приложение 11), и таблицы (5.2), с использованием ПК, был произведен расчет экономической эффективности применения ПБС-16-38 в сравнении с ПНЛ-8-40 и ПБС-10П. Для расчета использовали цены 2019 г. Основные показатели экономической эффективности применения плуга ПБС-16-38 в сравнении с плугом ПНЛ-8-40 и ПБС-10П приведены в таблице (5.3) (приложение 12, 13).

**Таблица 5.3 – Основные показатели экономической эффективности применения навесного секционного плуга ПБС-16-38 в сравнении с ПБС-10П и ПЛН-8-40**

Наименование показателя	Значение показателя			
	К-744Р4+ ПБС-10П	К-744Р4+ ПБС-16-38	К-701+ ПЛН-8-40	К-701+ ПБС-16-38
Производительность, га/ч	3,65	4,32	1,94	2,75
Затраты труда, чел.ч/га	0,28	0,24	0,52	0,37
Снижение затрат труда, %	–	14,28	–	29
Себестоимость работ, руб/га	1670,09	1334,31	2096,7	1514,1
Снижение себестоимости работ, %	–	20,10	–	16,01
Годовая экономия затрат, руб	–	725285	–	803961
Срок окупаемости ПБС-16-38, год	–	0,5	–	0,6

Степень снижения затрат труда по плугу ПБС-16-38 по сравнению с плугом ПЛН-8-40 составила 29 %, а с плугом ПБС-10П 14,28 %. Себестоимость основной обработки почвы разработанным плугом на 27,8% ниже, чем с ПЛН-8-40, а с плугом ПБС-10П ниже на 20,1%. Разница в полных затратах средств на один плуг ПБС-16-38 в размере 725285 руб. в сравнении с ПБС-10П и 803961 руб. в сравнении с ПЛН-8-40. Срок окупаемости плуга ПБС-16-38 составляет 0,5 года в сравнении с ПБС-10П и 0,6 года в сравнении с ПЛН-8-40.

### **Выводы**

В результате проведения хозяйственных исследований и испытаний пахотных агрегатов К-701+ПБС-16-38 и К-744Р4+ПБС-16-38 было установлено, что при ширине захвата плуга 4.56 м и глубине обработки 24.7 см пахотный агрегат К-701+ПБС-16-38 обеспечивал сменную производительность 2.75 га/ч. Также было установлено, что пахотный агрегат К-744Р4+ПБС-16-38 при рациональной загрузке трактора на глубине 25.1 см с шириной захвата 6.08 м имел сменную производительность 4.32 га/ч.

Результаты экономической оценки применения плуга ПБС-16-38 с трактором К-701 и К-744Р4 и навесного плуга ПНЛ-8-40 и прицепного плуга ПБС-10П с этими тракторами показали, что ПБС-16-38 обеспечивает экономический эффект 725285 руб. в сравнении с ПБС-10П и 803961 руб. в сравнении с ПНЛ-8-40.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Российской Федерации используются пахотные агрегаты, состоящие в основном из тракторов мощностью 200-250 кВт и многокорпусных лемешно-отвальных плугов со ступенчатым размещением корпусов на раме, с увеличением ширины захвата которых возрастает кинематическая длина снижающая эксплуатационно-технологические показатели. Применение модернизированных корпусов плугов серии ПБС и размещение корпусов на нескольких параллельных секциях позволяет изменить соотношение ширины и длины навесного плуга, скорость движения агрегата и рационально загрузить трактор. Для получения высокого качества обработки почвы плуг необходимо комплектовать приспособлениями для выравнивания поверхности пашни.

1. Анализ пахотных агрегатов, состоящих из иностранных и отечественных тракторов мощностью 200-250 кВт и многокорпусных лемешно-отвальных плугов общего назначения показал, с увеличением ширины захвата от 3,2 до 5,05 м длина плуга возрастает в 3 раза, что снижает эксплуатационно-технологические показатели агрегатов. Это соотношение можно изменить размещением корпусов на раме плуга в несколько параллельных секций.

2. Получен технологический процесс основной обработки почвы модернизированными корпусами плугов ПБС, включающий подрезание, крошение и оборачивание пласта почвы с образованием гребней и открытых борозд между соседними секциями, с последующим выравниванием поверхности пашни (патент №2715035). На основании полученных эмпирических выражений рациональной загрузки тракторов мощностью 200-250 кВт, при обработке почвы на глубину 0,2 м составляет 6,0 м.

3. На базе принятой принципиальной схемы и аналитических выражений шириной захвата 0,38 м и расположенных ступенчато на расстоянии 0,7 м на четырех параллельных секциях. Ширина захвата плуга 6,0 м. На плуг устанавливается разработанное приспособление для выравнивания поверхности

пашни. Длина плуга с приспособлением 4,37 м. За счет снятия корпусов с рамы плуг обеспечивает ширину захвата 5,32 м; 4,56 м; 3,8 м.

4. На основании разработанных выражений (11-15) определены эксплуатационно-технологические показатели пахотного агрегата. Установлено, что навесной секционный плуг с изменяемой шириной захвата от 3,8 до 6,08 м и разной скоростью движения агрегата обеспечивает рациональную загрузку трактора на глубине обработки почвы от 0,18 до 0,30 м. При этом производительность пахотного агрегата за 1 час основного времени изменяется от 5,3 до 2,38 га, а энергоемкость - от 27,35 до 44,7 кВт·ч/га.

5. Экспериментальными исследованиями технологического процесса основной обработки почвы. выполняемого навесным секционным плугом с изменяемой шириной захвата и приспособлениями, установлено, что плуг обрабатывает почву с качеством, соответствующим основным агротехническим требованиям с заделкой борозд при угле постановки сталкивателя  $\gamma = 80$  град. За счет изменения ширины захвата плуга, скорости движения и глубины обработки почвы обеспечивается работа трактора К-701 в рациональном режиме загрузки. Анализ закономерности изменения экспериментальной и теоретической производительности пахотного агрегата при обработке почвы на глубину 0,20 м и ширине захвата плуга 6,08; 5,32; 4,56; 3,80 м подтвердил, что она согласуются с доверительной вероятностью 0,95 по критерию  $\chi^2$ .

6. Применение навесного секционного плуга ПБС-16-38 с изменяемой шириной захвата в агрегате с трактором К-701, показало, что при установочной глубине обработки почвы 0,25 м и рациональной загрузке трактора пахотный агрегат К-701+ПБС-16-38 обеспечивает производительность 2,75 га/ч, при удельном расходе топлива 13,5 кг/га. Себестоимость обработки почвы плугом ПБС-16-38 по сравнению с плугом ПНЛ-8-40 ниже на 27,8%. Годовой экономический эффект от применения одного плуга ПБС-16-38 в агрегате с трактором К-701 составил 803961 руб.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эксперты в 2,5 раза повысили оценку заброшенных сельхозугодий в России [Электронный ресурс]. Экономика. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа : <https://www.rbc.ru/economics/04/12/2017/5a2570939a79473a66c042a7>. – Яз.рус.
2. Состояние земель России [Электронный ресурс]. Главная / Деятельность / Государственное управление в сфере использования и охраны земель / Государственный мониторинг земель / Состояние земель России . – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа : <https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/>. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 году.-М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2018.-240 с.
4. В России не используется 44% сельхозугодий [Электронный ресурс]. Аналитика / Новости / В России не используется 44% сельхозугодий – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа : <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/29033-44-selkhozugodiy-v-rossii-ne-ispolzuyutsya/>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
5. Глубина обработки почвы [Электронный ресурс]. Земледелие – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа : <http://mse-online.ru/zemledelie/glubina-obrabotki-pochvy.html>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
6. Румянцев, В.И. Земледелие с основами почвоведения / В. И. Румянцев, З. Ф. Коптева, Н. Н. Сурков ; под ред. В. И. Румянцева. – М. : Колос, 1979. –367 с.
7. Виды обработки почвы [Электронный ресурс]. Статьи / Растениеводство / Виды обработки почвы – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа : <https://xn--e1aelkciia2b7d.xn--p1ai/stati/rastenievodstvo/vidy-obrabotki-pochvy.html>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

8. Воробьев С. А. Земледелие / С. А. Воробьев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1977. - 480 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений). - Список лит.: с. 470-472. -Предм. указ.: с. 473-476. - Б. ц.
9. Лобанов П. П. Сельскохозяйственная энциклопедия. Т. 3 (Л - П)/ Ред. коллегия: П. П. Лобанов (глав ред) [и др.]. Издание третье, переработанное - М., Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1953, с. 613
10. Белоус Г.М. Приемы возделывания озимой пшеницы / Г. М. Белоусов Днепропетровск изд. ВНИИ кукурузы, 1980. с. 120-126.
11. Агротехнические требования на корпуса и винтовые отвалы к серийным плугам общего назначения. – Т. XI. – С. 71–73.
12. ГОСТ 26677–85. Плуги общего назначения. Общие технические требования. – М. : Изд-во стандартов, 1986.
13. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины / ЦНИИТЭИ. – М., 1981. – Т. 28. – 240 с.
14. Кулистикова Т. Лидеры российской пашни. Топ-22 агрохолдингов по землям в обработке [Текст] / Т. Кулистикова // Агроинвестор. -2017. - №10. – URL <https://www.agroinvestor.ru/rating/article/28698-lidery-rossiyskoy-pashni-top-22-agrokholdingov/>.
15. 50 крупнейших компаний агропромышленного комплекса России по итогам 2016 года [Электронный ресурс]. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа : <https://expert.ru/ratings/50-krupnejshih-kompanij-agropromyishlennogo-kompleksa-rossii-po-itogam-2016-goda/>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
16. Виды обработки почвы [Электронный ресурс]. Статьи / Растениеводство / Виды обработки почвы. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа : <https://xn--e1aelkciia2b7d.xn--p1ai/stati/rastenievodstvo/vidy-obrabotki-pochvy.html>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
17. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. Издание. –М.: Информагротех, 1998.–36 с.

18. Буряков А.Т. Перспективные машины и технологии – основа высокоэффективного сельскохозяйственного производства / А.Т. Буряков, В.Г. Просвирин // Земледелие, 2001. -№1. –С. 2-4.
19. Анискин В.И. Научные основы перспективного технического обеспечения устойчивого производства зерна в засушливых условиях / В.И. Анискин // Научные труды ВИМ. –М., 2000. –Т. 13. –С. 26-32.
20. Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии / Я.П. Лобачевский // М.:Мгау им. В.П.Горячкина, 1999. -39 с.
21. Самсонов, В. А. Оптимизация мощности и энергонасыщенности МТА // В. А. Самсонов, А. А. Зангиев // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 3. – с. 10–11.
22. Мониторинг технического уровня перспективных отечественных тракторов для аграриев [Электронный ресурс]. Статьи / Мониторинг технического уровня перспективных отечественных тракторов для аграриев. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа :<https://os1.ru/article/4971-monitoring-tehnicheskogo-urovnya-perspektivnyh-otechestvennyh-traktorov-dlya-agrariiev>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
23. Бренды сельхозтехники, которые выбирают в России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastanii/zrast/brendy-selhoztehniki-kotorye-vybirayut-v-rossii.html>
24. О холдинге «МТЗ-ХОЛДИНГ» [Электронный ресурс]. ОАО «Минский тракторный завод». – Электрон. Дан., 2019. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/company/>. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ., франц., нем., исп., португ.
25. Руководства по эксплуатации [Электронный ресурс]. ОАО «Минский тракторный завод» / Сервис и запчасти. – Электрон. Дан., 2019. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/en/service/operation-manual/>. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ., франц., нем., исп., португ.
26. История тракторостроения Кировского завода [электронный ресурс]. Петербургский тракторный завод / История. –Электрон. дан., 2019.-

Режим доступа: <http://kirovets-ptz.com/company/istoriya/>. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

27. Трактор «Кировец»: история и современность [Электронный ресурс]. Кировский завод / Производство / Сельскохозяйственное и промышленное машиностроение. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа: [https://kzgroup.ru/rus/m/1957/traktor\\_kirowets\\_istoriya\\_i\\_sowremennosty.html](https://kzgroup.ru/rus/m/1957/traktor_kirowets_istoriya_i_sowremennosty.html). – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ., нем.

28. Трактор «Кировец» К-701, К-700А, К-700, К-744: «Техническое описание и инструкция по эксплуатации» [Электронный ресурс]. Статьи и инструкции. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа: [http://www.kirovets.ru/articles/\\_s20.html](http://www.kirovets.ru/articles/_s20.html). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

29. Кировец К-735 «СТАНДАРТ» (К-744Р2) [Электронный ресурс]. Петербургский тракторный завод / каталог / Агротехника. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <http://kirovets-ptz.com/catalog/kirovets-k-744r2-standart/#characteristic>. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ., фран., нем., испан.

30. Семейная встреча. Тракторы CLAAS [Электронный ресурс]. Claas / Продукция / Тракторы. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <https://www.claas.ru/produksiya/traktory>. – Загл. с экрана. – Яз рус.

31. NewHollandagriculture [Электронныйресурс]. Продукция / Модельный ряд / Сельскохозяйственные тракторы. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <https://agriculture.newholland.com/apac/ru-ru/produkcija/produkty/sel-skohozjajstvennye-traktory/>. – Загл. с экрана. – Яз рус.

32. JohnDeere Тракторы [Электронный ресурс]. Сельскохозяйственная техника / Тракторы. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B/>. – Загл. с экрана. – Яз рус.

33. Ростсельмаш агротехника профессионалов [Электронный ресурс]. Продукция / Тракторы. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <https://rostselmash.com/products/tractors/>– Загл. с экрана. – Яз рус.

34. TractorDataClaasAxion 860 [Электронный ресурс]. Tractors / Claas / Axion 860. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <http://www.tractordata.com/farm-tractors/010/0/5/10053-claas-axion-860.html>. – Загл. с экрана. – Яз англ.
35. TractorData New Holland T7.270 [Электронный ресурс]. Tractors / NewHolland / T7.270. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <http://www.tractordata.com/farm-tractors/007/5/8/7584-new-holland-t7270.html>. – Загл. с экрана. – Яз англ.
36. TractorDataVersatile 305 [Электронный ресурс]. Tractors / Versatile / 305. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <http://www.tractordata.com/farm-tractors/007/6/7/7673-versatile-305.html>. – Загл. с экрана. – Яз англ.
37. TractorDataJohnDeere 8330 [Электронный ресурс]. Tractors / JohnDeere / 8330. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <http://www.tractordata.com/farm-tractors/002/7/3/2730-john-deere-8330.html>. – Загл. с экрана. – Яз англ.
38. Современные сельскохозяйственные машины и оборудование для растениеводства (конструкции и основные тенденции развития): По материалам Международного салона сельскохозяйственной техники SIMA-2001. – М.: ИНФРА-М, 2001. – С. 152
39. Кушнарев А.С. Рабочие органы для почвозащитных технологий / А.С. Кушнарев // Механизация и электрификация с.-х. – 1984. - №5. – С. 37-39
40. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины / Халанский В. М., Горбачев И. В. // – М.: Колосс, 2003. – 623 С.
41. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Машиностроение, 1977 – 568 с., ил.
42. Панов И.М., Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы / И.М. Панов, Н.М. Орлов //Тракторы и сельхозмашины. - 1987. - №8. - С. 27-30

43. Классификация плугов для вспашки [Электронный ресурс]. Другое / Классификация плугов для вспашки. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа :<https://grifon-kamaz.ru/drugoe/klassifikatsiya-plugov-dlya-vspashki.html>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
44. Деграф Г.А. Обоснование технических средств для фронтальной вспашки / Г.А. Деграф // Автореф.дисс.докт.техн.наук. Алматы, 1994.-40 с.
45. Протокол № 19-127-90 (2060210) периодических испытаний плуга восьмикорпусного навесного ПНЛ-8-40. – Поволжская МИС, Кинель, 1990.
46. Протокол № 19-58-87 (4062410) от 11 ноября 1987 года Государственных приемочных испытаний плуга с изменяемой шириной захвата ПНИ-8-40, Кинель 1987.-29с
47. Афонин А.Е. Анализ влияния работы углоснимов на оборот пласта / А.Е. Афонин // Труды ВИМ. Том 90. 1981. С.125.
48. Лобачевский Я.П. состояние и тенденции развития конструкций отвальных плугов общего назначения / Я.П. Лобачевский // М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 1999 г.-27с
49. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун // М.: Колос, 1994. – 751 с.
50. Светлоград агромаш [Электронный ресурс]. [Продукция «Светлоградагромаш» / Плуги полунавесные / ПП-\(9+2\)х35](#) – Электрон. дан., 2019. Режим доступа: [http://www.svetagromash.ru/produkcziya/plugi-polunavesnyie/pp-\(92\)x35.html](http://www.svetagromash.ru/produkcziya/plugi-polunavesnyie/pp-(92)x35.html). – Загл. с экрана. – Яз рус.
51. Salford [Электронный ресурс]. Products, MolboardPlows, 8200 TandemFlex-TrailPlow. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа :<http://www.salfordgroup.com/model/primary-tillage/moldboard-plow/8200>. – Загл. с экрана. – Яз.англ.
52. Salford [Электронный ресурс]. Products, MolboardPlows, 8300 TandemFlex-Trail, HydraulicVariableWidthPlow. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа :<http://www.salfordgroup.com/model/primary-tillage/moldboard-plow/8300>. – Загл. с экрана. – Яз.англ.



53. Обратные плуги: преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. Статьи / Статьи сельхозтехника. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа:<https://rynok-apk.ru/articles/technology/oborotnye-plugi/>. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ., кит., нем., тур.

54. Обзор и испытания техники: Гладкая вспашка плугом [Электронный ресурс]. Растениеводство. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа : [https://agbz.ru/articles/obzor-i-ispyitaniya-tehniki\\_-gladkaya-vspashka-plugom/](https://agbz.ru/articles/obzor-i-ispyitaniya-tehniki_-gladkaya-vspashka-plugom/). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

55. Кузьмин Д.Е. Сравнительный анализ видов отвальной вспашки по форме отрезаемого пласта / Д.Е. Кузьмин, П.В. Чупин // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. -2018. - № 2(13). - С. 6.

56. Киселев С.Н. Размещение рабочих органов на раме обратных плуга и расчет сил, действующих на них: методические рекомендации [Текст] / С.Н. Киселев // М.: МГАУ, 2010.-40 с.

57. Отчет от 15 декабря 2003 года по научно-исследовательской теме «Подбор и обоснование рациональных пахотных агрегатов для основной обработки почвы в условиях различных почвенно-климатических зон Самарской области, обеспечивающих на 30% снижение затрат труда. Кинель. 2003.-89с

58. Lemken ЕвроДиамант [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrostrana.ru/wiki/4864>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

59. Волгаагромаш плуг «Сириус» ПО-10+2П [Электронный ресурс]. Техника / Плуги / Плуг «Сириус» ПО-10+2П. – Электрон. дан., 2019. – Режим доступа :<http://volgaagromash.ru/po-10-2p>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

60. Лурье, А.Л. Широкозахватные почвообрабатывающие машины / А.Л. Лурье, А.И. Любимов. // Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние., 1981. – 270 с., ил.

61. Справочник технолога-машиностроителя: Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985.

62. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2001. -Т.1 - 3.

63. Мусаев Д.М. Обоснование устойчивости прямолинейного движения агрегата для гладкой вспашки почвы / Д.М. Мусаев // Дисс. к.т.н.: 05.20.01. Д.М Мусаев. Ташкент, 1989.- 120 с.

64. Верный пахарь. Особенности выбора и эксплуатации плугов [Электронный ресурс]. ТЕХНИКА / Верный пахарь. Особенности выбора и эксплуатации плугов. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа :<https://www.agroinvestor.ru/tech/article/29285-vernyy-pakhar-osobennosti-vybora-i-ekspluatatsii-plugov/>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

65. Кузьмин Д.Е. Обоснование схемы короткогабаритного многокорпусного плуга / Д.Е. Кузьмин, А.Ю. Головин, П.В. Чупин // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2017. -№1 (8) январь - март. - URL <http://e-journal.omgau.ru/mdex.php/2017/m5-statya-2017-1/771-00298>. - ISSN 2413-4066

66. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков // М.: "Машиностроение", 1965.

67. Agri-Tech сельскохозяйственная техника [Электронный ресурс]. Справочная информация / Регулировки сельскохозяйственных машин / Плуги серии ПБС. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа :<https://agri-tech.ru/info/cat1/page29.html>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

68. Уфаев А.Г. Повышение эффективности технологии основной обработки почвы совершенствованием рабочих органов плугов общего назначения / А.Г. Уфаев // Диссер. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Саратов, 2008. – 163 с.

69. Протокол № 08-127-2012 (5010082) от 27 ноября 2012 года ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПЛУГА ПБС-8М. Кинель, 2012.,-23с

70. Протокол № 08-72-2003 (4010352) от 25 ноября 2003 года Приемочных испытаний плуга ПБС-7/9. Кинель, 2003.,-44с

71. Протокол № 08-109–2005 (5010042) от 25 ноября 2005 года Квалификационных испытаний плуга ПБС-7/9. Кинель, 2005.

72. Протокол № 19 – 127 – 90 (2060210) периодических испытаний плуга полунавесного оборотного EuroDiamant 8 5L100 / Поволжская МИС. Кинель, 1990.

73. Бойков, В.М. Результаты исследования лемешно-отвального плуга общего назначения ПБС-12П / В.М. Бойков, Г.Б. Побежимов // Научное обозрение. – 2015. – № 2. – С. 28-31.

74. Бойков, В.М. Состояние и перспективы развития пахотных агрегатов / В.М. Бойков, С.В. Старцев, А.В. Павлов // ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2011. – 175 с.

75. Протокол № 08-141-2011 (4010142) от 13 декабря 2011 года ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЛУГА ПБС-12П. Кинель, 2011.,-41с

76. Плуги-пбс.рф от ПРЕСТИЖ [Электронный ресурс]. Продукция / Прицепные плуги ПБС. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа :<https://xn----btbeunxerm.xn--p1ai/navesnye>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

77. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы

78. Любимов, А.И. Рекомендации машины для основной обработки почвы при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. / А.И. Любимов, Р.С. Рахимов // М.: Росагропромиздат, 1988 г.-46с

79. Доценко В.М. Исследование многорядных широкозахватных пахотных агрегатов с обоснованием параметров промежуточного выгребающего корпуса / В.М. Доценко // Автореф. дис. канд.техн.наук.-Челябинск, 1969.-32с.

80. Любимов А.И. Выбор типа и угла установки сталкивателя двухрядного плуга ПСН-10-35. В кн.: Динамика почвообрабатывающих агрегатов и рабочие органы для обработки почвы / А.И. Любимов, Ф.К. Апостолиди, В.П. Пороховский // Челябинск, 1982.- с 19-28.

81. Апостолиди Ф.К. Обоснование схемы расположения рабочих органов и параметров стелкивателей двухрядного отвального плуга / Ф.К. Апостолиди // Автореф. дис. канд.техн.наук.- Челябинск, 1987.-19с.
82. Аристов А.Н. Исследование устойчивости навесного плуга / А.Н. Аристов // Труды ЧИМЭСХ, вып. 82, Челябинск, 1966, с. 12-15.
83. Герасименко И.В. Определение конструктивно-режимных параметров модернизированного щелевателя / И.В. Герасименко, К.С. Потешкин // Молодой ученый. — 2012. — №12. — С. 39-43. — URL <https://moluch.ru/archive/47/5848/> (дата обращения: 19.03.2020).
84. Соколович Ю.А. Физика: Справочник с примерами решения задач. – 2-е издание передел. / Ю.А. Соколович, Г.С. Богданова // Х.: Веста: Издательство «Ранок», 2005. – 464 с.
85. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. –2-е изд., перераб и доп. / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. –М.: Колос, 1984. -351 с., ил.
86. Свирщевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Б.С. Свирщевский. – М.: Изд-во с.-х. литературы, 1958. -660 с.
87. NebraskaOECDTractorTest 2182 forClaasAxion 860 DieselCONTINUOUSLYVARIABLETRANSMISSION. – InstituteofAgricultureandNatural Resources University of Nebraska. – Lincoln, 2017.
88. Nebraska OECD Tractor Test 2647-SUMMARY 808 NEW HOLLAND T7.270 DIESEL CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION. – Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska. – Lincoln, 2012.
89. Nebraska OECD TRACTOR TEST 1887–SUMMARY 554 JOHN DEERE 8330 DIESEL 16 SPEED. – Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska. – Lincoln, 2006.
90. NEBRASKA OECD TRACTOR TEST 1997–SUMMARY 778 VERSATILE 305 DIESEL 16 SPEED. – Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska. – Lincoln, 2011.
91. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов. Альбом-справочник.–М.: Россельхозиздат. 1979. 240 с. с ил.

92. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т.2 / В.П. Горячкин // М.: Колос, 1965.
93. Медведев А.А. Оптимизация эксплуатационных показателей пахотных агрегатов на базе современных энергонасыщенных тракторов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.20.01, 02.20.03: защищена 24.06.2005 / Медведев Александр алексеевич. – Саратов, 2005. – 120 с.
94. Лемешко В.В. Рациональное использование тракторов различных тяговых классов / В.В. Лемешко, Н.М. Орлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1980.- № 3. –С. 49-50.
95. Юдкин В.В. Оптимизация режимов работы пахотного агрегата / В.В. Юдкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. –1988. –№ 4. –С. 45-49.
96. Скорость вспашки [Электронный ресурс]. Агрономия / Скорость вспашки. – Электрон. дан., 2020. – Режим доступа: <http://agroportal24.ru/agronomiya/553-skorost-vspashki.html>. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
97. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка : учебник / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. – М.: Колос, 2006. С – 319 с.
98. Казаков А.В. Технология проведения вспашки / А.В. Казаков, В.Ю. Логинов, Д.В. Гутовский и др. // Методическое пособие для учебной практики по подготовке трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства. –Н. Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. –С 57.
99. Орлов Н.М. Агрегатирование широкозахватных МТА при модульном построении сельхозмашин / Н.М. Орлов, С.Н. Колчин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – № 12. – С. 12-13.
100. Бойков, В.М. Обоснование кинематических параметров и эксплуатационных показателей широкозахватных пахотных агрегатов / В.М. Бойков, С.В. Старцев, И.Л. Воротников, И.А. Башмаков // Аграрный научный журнал №12.2019. С. 78-82.

101. Зангиев, А. А. Практикум по ЭМТП [Текст]: Уч. пособие / А. А. Зангиев, А. А. Скороходов. – М.: Колос, 2006. С – 320 с.
102. Пантюхин М.Г. Справочник по тракторам «Кировец» / М.Г. Пантюхин, Л.И. Безверхний, Н.А. Березин и др. –М.: Колос, 1982. -271 с., ил.
103. Башмаков, И.А. Производительность пахотных агрегатов с различной кинематической длиной / И.А. Башмаков // Закономерности и тенденции инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (28 августа 2019 г, г. Волгоград). / в 2 ч. Ч.1 – Уфа:OMEGASCIENCE, 2019. – 181 с
104. Домбровский Н. Г. Строительные машины (в 2-х ч) ЧП / Н.Г. Домбровский, М.И. Гальперин // учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. «строит. и дор. машины и обор.» — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1985. — 224 с.
105. Репин С. В. Машины для земляных работ / С.В. Репин, А.В, Зазыкин // учебное пособие по изучению дисциплины «Машины для земляных работ» для студентов заочной формы обучения специальности 190205 – подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование / СПб. гос. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2007. – 81 с
106. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н. Зеленин // Изд. 2-е перераб. и доп. – М., изд-во «Машиностроение», 1968. – 376 с.
107. Ветров Ю.А. Расчеты сил резания и копания грунтов / Ю. А. Ветров // Изд. Киевского университета, 1965.
108. Комбинированное почвообрабатывающее орудие : Пат. 2715035 Рос. Федерация : МПК А01В 49/02 / Бойков В.М., Бойкова Е.В., Старцев С.В., Башмаков И.А., Нестеров Е.С., Павлов А.В. : заявители и патентообладатели : Бойков В.М. – №2019114099 ; заявл. 06.05.2019 ; опубл. 21.02.2020, Бюл. № 6 – 18 с. : ил.

109. Бойкова Е.В. Разработка энергосберегающего технологического процесса основной обработки почвы и плуга общего назначения : автореф. дис. канд. техн. наук / Бойкова Е.В. – Саратов, 2010. –22 с
110. Кулен А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Куперс // Пер. с. Англ. А.Э. Габриэляна. –М.: Агропромиздат, 1986. – 349 с.
111. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Режим доступа: <https://gostinform.ru/razdel-oks-65-060-01/gost-r-52778-2007-obj31290.html>
112. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – Режим доступа: <https://gostinform.ru/razdel-oks-65-060-01/gost-20915-2011-obj8872.html>
113. ГОСТ 20915-88. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – Режим доступа: <http://Law.ru/gosts/gost/16633/>.
114. ГОСТ 24057-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки машин на этапе испытаний.
115. ГОСТ 7057-2001. Межгосударственный стандарт. Тракторы сельскохозяйственные, методы испытаний. [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-7057-2001>.
116. ГОСТ 11.0004-74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. – Режим доступа: <http://Law.ru/gosts/gost/16633/>.
117. ГОСТ 11.006-74. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. – Режим доступа: <http://Law.ru/gosts/gost/16633/>.
118. ОСТ 10 2.18-2001. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки
119. Предприятия-изготовители и поставщики сельскохозяйственной техники в регионах России, странах СНГ и Балтии: справочник. –3-е изд. – М.: Агропроектинвест, 2006. – 656 с.



**ПРИЛОЖЕНИЯ**

### Расчетное тяговое усилие тракторов в зависимости от скорости движения

Тяговое усилие тракторов определяется по эмпирической формуле:

$$(Claas Axion 840)P_T = 1,1978v^2 - 26,266v + 122,25, \text{ кН};$$

$$(Buhler Versatile 305)P_T = -3,0679v^2 + 0,3842v + 92,609, \text{ кН};$$

$$(John Deere 8330)P_T = -0,3024v^2 - 17,008v + 113,18, \text{ кН};$$

$$(New Holland T7.270)P_T = 1,8089v^2 - 30,129v + 118,12, \text{ кН};$$

$$(\text{Кировец К-701})P_T = -3,3462v^2 - 2,2374v + 83,292, \text{ кН};$$

где  $v$  – скорость движения трактора, м/с

**Таблица 1 – Результаты расчетов крюкового усилия тракторов в зависимости от скорости движения**

Наименование показателя	Значение показателя								
Модель трактора	Claas Axion 840								
Скорость движения трактора $v, \text{ м/с}$	1,36	1,62	1,87	2,05	2,2	2,47	2,96	3,31	3,55
Тяговое усилие трактора, $P_T, \text{ кН}$	85,39	72,78	65,84	65,35	62,34	56,72	48,35	43,46	40,25

Наименование показателя	Значение показателя					
Модель трактора	Buhler Versatile 305					
Скорость движения трактора $v, \text{ м/с}$	1,5	1,825	2,15	2,51	3,08	3,73
Тяговое усилие трактора, $P_T, \text{ кН}$	86,06	82,29	80,45	75,6	62,35	52,17

Наименование показателя	Значение показателя						
Модель трактора	JOHN DEERE 8330						
Скорость движения трактора $v, \text{ м/с}$	1,63	1,9	2,15	2,32	2,74	3,2	3,775
Тяговое усилие трактора $P_T, \text{ кН}$	82,34	82,28	75,62	73,32	63,07	54,08	45,65

Наименование показателя	Значение показателя								
Модель трактора	New Holland T7.270								
Скорость движения трактора $v, \text{ м/с}$	1,2 2	1,36	1,45	1,61	1,99	2,12	2,35	2,58	3,02
Тяговое усилие трактора $P_T, \text{ кН}$	81, 19	80,31	79,16	77,39	64,94	61,96	55,73	50,7	45,12

Наименование показателя	Значение показателя					
Модель трактора	Кировец К-701					
Скорость движения трактора $v, \text{ м/с}$	1,65	1,875	2,05	2,36	2,58	2,9
Тяговое усилие трактора $P_T, \text{ кН}$	71	66,5	64,5	60	55,25	48,5

**Расчет тягового сопротивления навесного секционного плуга  $R_{п}$  от скорости движения  $v$  при глубине обработке  $a$  0,2 м**

Тяговое сопротивление плуга  $R_{п}$ :

$$R_{п} = 0,8G + 31,5ab + 1,58abv_{п}^2, \text{ кН};$$

где  $G$  – сила тяжести плуга, кН ( $G = 20$  кН);  $a$  – глубина обработки, м;  $b$  – ширина захвата плуга, м;  $v$  – скорость движения, м/с

Наименование показателя	Значение показателя				
Ширина захвата плуга $b$ , м	7				
Скорость движения $v$ , м/с	1,5	2	2,5	3	3,5
Тяговое сопротивление плуга $R_{п}$ , кН	65,077	68,948	73,925	80,008	87,197

Наименование показателя	Значение показателя				
Ширина захвата плуга $b$ , м	6				
Скорость движения $v$ , м/с	1,5	2	2,5	3	3,5
Тяговое сопротивление плуга $R_{п}$ , кН	58,066	61,384	65,65	70,864	77,026

Наименование показателя	Значение показателя				
Ширина захвата плуга $b$ , м	5				
Скорость движения $v$ , м/с	1,5	2	2,5	3	3,5
Тяговое сопротивление плуга $R_{п}$ , кН	51,055	53,82	57,375	61,72	66,855

Наименование показателя	Значение показателя				
Ширина захвата плуга $b$ , м	4				
Скорость движения $v$ , м/с	1,5	2	2,5	3	3,5
Тяговое сопротивление плуга $R_{п}$ , кН	44,044	46,256	49,1	52,576	56,684

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2715035

**Комбинированное почвообрабатывающее орудие**Патентообладатель: **Бойков Василий Михайлович (RU)**

Авторы: **Бойков Василий Михайлович (RU), Бойкова Елена Васильевна (RU), Старцев Сергей Викторович (RU), Башмаков Игорь Андреевич (RU), Нестеров Евгений Сергеевич (RU), Павлов Андрей Владимирович (RU)**


Заявка № 2019114099

Приоритет изобретения 06 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 21 февраля 2020 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 06 мая 2039 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Изrael





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **2 715 035**<sup>(13)</sup> **C1**(51) МПК  
A01B 49/02 (2006.01)(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК  
A01B 49/02 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019114099, 06.05.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.05.2019Дата регистрации:  
21.02.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.05.2019

(45) Опубликовано: 21.02.2020 Бюл. № 6

Адрес для переписки:  
410049, г. Саратов, ул. Барнаульская, 32, кв. 25,  
Анфиногеновой О.Н.

(72) Автор(ы):

Бойков Василий Михайлович (RU),  
Бойкова Елена Васильевна (RU),  
Старцев Сергей Викторович (RU),  
Башмаков Игорь Андреевич (RU),  
Нестеров Евгений Сергеевич (RU),  
Павлов Андрей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Бойков Василий Михайлович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2009138573 A1, 19.11.2009. RU  
2536890 C2, 27.12.2014. SU 498920 A1, 15.01.1976.  
SU 650534 A1, 05.03.1979. DE 3937820 A1,  
16.05.1991. US 3991831 A, 16.11.1976.

(54) Комбинированное почвообрабатывающее орудие

## (57) Формула изобретения

Комбинированное почвообрабатывающее орудие, включающее раму, состоящую из продольных и поперечных брусьев, снабженную сменными рабочими органами, расположенными с образованием параллельных рядов, обеспечивающими возможность обработки почвы по всей ширине захвата почвообрабатывающего орудия, отличающееся тем, что рабочие органы образуют плужные секции и закреплены на продольных брусьях рамы с помощью стоек, причем рабочий орган представляет собой закрепленный на плоской стойке левый лемех, соединенный с правым лемехом, которые образуют стрелчатую лапу с углом 60-100° по ходу движения, при этом с правым лемехом и стойкой соединен отвал, кроме того, на последнем брусе рамы с помощью хомутов закреплены сбрасыватели, состоящие из кронштейнов, установленных под углом 30-50° в направлении движения почвообрабатывающего орудия, на которых закреплены отвалы, при этом отвалы выполнены с возможностью установки на различной высоте в местах между плужными секциями, кроме того, на последнем брусе рамы с помощью хомутов закреплены кронштейны выравнивателя, которые через тяги соединены с пластинами выравнивателя, выполненными с возможностью поворота и стопора относительно кронштейнов в вертикальной плоскости.

RU  
2 7 1 5 0 3 5  
C 1

**Показатели скорости, тягового сопротивления плуга, мощности,  
производительности, энергоёмкости**

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>G</i>	<i>v</i>	<i>W</i>	<i>R<sub>П</sub></i>	<i>N</i>	<i>Э</i>
0,3	6,08	20	1,089855	2,38547554	76,8791	83,7871	35,12386
0,25	6,08	20	1,653396	3,618952227	70,44529	116,4739	32,18444
0,22	6,08	20	1,951474	4,271387298	66,18279	129,154	30,23702
0,18	6,08	20	2,332004	5,104291344	59,87715	139,6338	27,35615
0,3	5,32	20	1,522994	2,916837627	72,12306	109,843	37,65824
0,25	5,32	20	1,963574	3,760637317	65,99721	129,5904	34,45969
0,22	5,32	20	2,214161	4,240561587	61,93348	137,1307	32,33786
0,18	5,32	20	2,543534	4,87137549	55,9529	142,3181	29,21517
0,3	4,56	20	1,902871	3,123752585	66,91839	127,3371	40,76413
0,25	4,56	20	2,261366	3,712258059	61,12093	138,2168	37,23254
0,22	4,56	20	2,473005	4,059684924	57,29461	141,6899	34,90169
0,18	4,56	20	2,756152	4,524499783	51,70667	142,5115	31,49773
0,3	3,8	20	2,261366	3,093548383	61,12093	138,2168	44,67904
0,25	3,8	20	2,555298	3,495648037	55,72585	142,3962	40,73527
0,22	3,8	20	2,732412	3,737939801	52,19579	142,6204	38,15482
0,18	3,8	20	2,971815	4,065442825	47,09058	139,9445	34,42294

*a* - глубина обработки, м; *b* - ширина захвата плуга, м; *G* - сила тяжести плуга, кН; *v* - скорость движения, м/с, *W* - производительность, га/ч ; *R<sub>П</sub>* - тяговое сопротивление плуга, кН; *N* - мощность, кВт; *Э* - энергоёмкость, кВт·ч/га

## Приложение 5

Зависимость производительности  $W$  пахотного агрегата от скорости движения  $v$  при глубине обработки почвы  $a = 1- 0,3$  м; 2- 0,25 м; 3- 0,2 м и ширине захвата плуга  $B = 6,08$  м; 5,32 м; 4,56 м; 3,80 м

Глубина обработки $a$ , м	Ширина захвата $B$ , м	Скорость движения $v$ , м/с	Производительность $W$ , га/ч
0,2	6,08	2,14	4,69
	5,32	2,37	4,55
	4,56	2,61	4,29
	3,8	2,85	3,90
0,25	6,08	1,65	3,61
	5,32	1,96	3,76
	4,56	2,26	3,71
	3,8	2,55	3,49
0,3	6,08	1,08	2,38
	5,32	1,52	2,91
	4,56	1,90	3,12
	3,8	2,26	3,09

$$W = 0,36 \cdot B \cdot v, \text{ га/ч}$$



**Результаты эксплуатационных исследований пахотного агрегата К-701+ПБС-16-38**

Передача											
II/II			III/II			II/III			III/III		
<i>a</i> , м	<i>v</i> , м/с	<i>W</i> , га/ч	<i>a</i> , м	<i>v</i> , м/с	<i>W</i> , га/ч	<i>a</i> , м	<i>v</i> , м/с	<i>W</i> , га/ч	<i>a</i> , м	<i>v</i> , м/с	<i>W</i> , га/ч
21, 3	2,1 0	4,60	20, 8	2,4 2	4,65	20, 1	2,5 4	4,17	19, 9	2,9 8	4,07
	2,0 6	4,50		2,4 0	4,61		2,5 2	4,14		2,9 5	4,03
	2,0 7	4,53		2,4 1	4,63		2,5 0	4,10		2,9 7	4,06
	2,0 8	4,55		2,3 9	4,59		2,5 6	4,20		2,9 3	4,00
<i>B</i> = 6,10, м			<i>B</i> = 5,35, м			<i>B</i> = 4,60, м			<i>B</i> = 3,85, м		

### СПРАВКА

В августе 2019 года в учебно-научно-производственном объединении «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ на полях с.Степное Энгельсского района Саратовской области проводились исследования и испытания навесного отвального шестнадцатикорпусного плуга ПБС-16-38, разработанного сотрудниками Саратовского ГАУ. Плуг агрегатировался с трактором К-9420. Установочная глубина обработки почвы находилась в пределах 15-25 см. Ширина захвата плуга составляла 6,0 м.

В процессе обработки почвы агрегатом К-9420+ПБС-16-32 было установлена высокая степень крошения почвы, производительность агрегата составила 4,3-4,5 га/ч, при расходе топлива 16 -18 кг/га. Залипания и забивания рабочих органов почвой и растительными остатками не наблюдалось.

При проведении исследований и испытаний плуга было обработано 28 га пашни. Поломок рабочих органов и узлов рамы не наблюдалось.

Начальник УНПО «Поволжье»



Ф.П. Четвериков

EXPO19

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
СОФИТ - ЭКСПО

# ДИПЛОМ

награждается

ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

Проект: «Плуг ПБС 16-38  
для гладкой вспашки»

в рамках 10-й сельскохозяйственной выставки  
с международным участием

«САРАТОВ-АГРО. ДЕНЬ ПОЛЯ. 2019»

(8-9 августа, САРАТОВ)



Генеральный директор  
Выставочного Центра  
«Софит-Экспо»

САРАТОВ  
АГРО.  
ДЕНЬ ПОЛЯ.









РОССИЙСКАЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ  
ВЫСТАВКА 2019

RUSSIAN  
AGRICULTURAL  
EXHIBITION



Министерство  
сельского хозяйства  
Российской Федерации

# ДИПЛОМ

награждается бронзовой медалью

**ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, г. Саратов**

*За разработку плуга отвального навесного 16-корпусного ПБС-16-38*

Д.Н. ПАТРУШЕВ

МИНИСТР СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Москва, ВДНХ  
9-12 октября 2019

**Методика экономической оценки навесного секционного плуга с  
изменяемой шириной захвата ПБС-16-38**

Часовая эксплуатационная производительность  $W_{\text{ч}}$ , га/ч:

$$W_{\text{ч}} = 0,1B_p v_p K_{\text{п}}, \quad (1)$$

где 0,1 – коэффициент перевода квадратных метров в гектары;  $B_p$  – ширина захвата МТА, м;  $v_p$  – скорость движения, км/ч;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной (0,7...0,9).

Затраты труда на единицу работы:

$$T_p = Ч/W_{\text{ч}}, \quad (2)$$

где  $T_p$  – трудоемкость работы, чел.-ч/га; Ч – количество рабочих, обслуживающих МТА, чел;  $W_{\text{ч}}$  – часовая производительность МТА, га/ч.

Удельный расход энергоресурсов (3):

$$\mathcal{E}_e = Nq_{\text{уд}}K_{\text{д}}/W_{\text{ч}}, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}_e$  – расход топлива на га, кг;  $N$  – мощность двигателя, кВт;  $q_{\text{уд}}$  – удельный расход топлива (0,22 кг/кВт·ч), кг/кВт·ч;  $K_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий степень использования мощности и времени.

Расчет себестоимости единицы работы:

$$C = C_3 + C_a + C_p + C_r + C_{\text{н}}, \quad (4)$$

где  $C_3$  – заработная плата обслуживающего персонала, руб/га;  $C_a$  – амортизационные отчисления, руб/га;  $C_p$  – затраты на ремонт;  $C_r$  – затраты на горючее и смазочные материалы, кг/га;  $C_{\text{н}}$  – накладные расходы, руб/га;  $C_3$  – себестоимость работы экспериментальной машины;  $C_6$  – себестоимость работы базовой машины.

Амортизационные отчисления определяем как сумму по всем составляющим МТА:

## Продолжение приложения 11

$$C_a = B a_{п} / (100TW_{ч}), \quad (5)$$

где  $B$  – капитальные вложения, руб;  $a_{п}$  – норма амортизационных отчислений плуга (10%), %;  $T$  – годовая загрузка машины (240 ч) ч.

Заработная плата  $C_3$  руб/га, обслуживающего персонала:

$$C_3 = C_{ч} K_3 / W_{ч}, \quad (6)$$

где  $C_{ч}$  – часовая тарифная ставка (51,7 руб), руб;  $K_3$  – коэффициент, учитывающий различные виды доплат и начислений (1,5);  $W_{ч}$  – часовая производительность МТА, га/ч.

Затраты на горючее и смазочные материалы  $C_г$ , кг/га:

$$C_г = \mathcal{E}_e \mathcal{C}_т K_г, \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}_e$  – удельный расход энергоресурсов, кг/га;  $\mathcal{C}_т$  – цена 1 кг топлива (45 руб), руб;  $K_г$  – коэффициент, учитывающий затраты на смазочные материалы (1,15).

Затраты на ремонт  $C_p$  за час работы:

$$C_p = B a_1 / (100TW_{ч}), \quad (8)$$

где  $B$  – капитальные вложения, руб;  $a_1$  – норма амортизационных отчислений на трактор (18,5%) и с/х машину (20%), %;  $T$  – годовая загрузка машины (500 ч), ч;  $W_{ч}$  – часовая производительность МТА, га/ч.

Накладные расходы  $C_n$ , руб/га:

$$C_n = 0,05(C_3 + C_a + C_p + C_г), \quad (9)$$

где  $C_a$  – амортизационные отчисления, руб/га;  $C_3$  – заработная плата обслуживающего персонала, руб/га;  $C_p$  – затраты на ремонт и ТО, руб/га;  $C_г$  – затраты на горючее и смазочные материалы, руб/га;

Годовая экономия эксплуатационных затрат  $\mathcal{E}_г$ , руб:

$$\mathcal{E}_г = (C_x - C_n) T W_{ч}, \quad (10)$$



**Окончание приложения 11**

где  $C_x$   $C_{\Pi}$  – себестоимость работы соответственно для менее и более экономичного МТА, руб/га;  $T_0$  – загрузка МТА на данной операции в течении года, ч;  $W_{\text{ч}}$  – часовая производительность МТА, га/ч.

Срок окупаемости  $L_0$ , год, дополнительных капиталовложений:

$$L_0 = (B_{\text{л}} - B_{\text{х}}) / \Delta_{\text{г}}, \quad (11)$$

где  $B_{\text{л}}$  – балансовая стоимость более экономичного агрегата, руб;  $B_{\text{х}}$  – балансовая стоимость менее экономичного агрегата, руб

## Расчет экономической эффективности пахотных агрегатов

## К-744Р4+ПБС-10П и К-744Р4+ПБС-16-38

Агрегат	Базовый	Экспериментальный
	К-744Р4+ПБС-10П	К-744Р4+ПБС-16-38
Ширина захвата, м	6,0	6,0
Рабочая скорость, км/ч	7,6	9,0
Коэффициент использования времени смены	0,8	0,8
Производительность, га/ч	3,65	4,32
Количество механизаторов, чел.	1	1
Количество вспомогательных рабочих, чел.	0	0
Затраты труда, чел.ч/га	0,28	0,24
Мощность двигателя, кВт	309	309
Удельный расход топлива, кг/кВт*ч	0,22	0,22
Коэффициент использования двигателя	0,8	0,8
Удельный расход энергоресурсов, кг/га	18,1	16,5
Часовая тарифная ставка, руб/ч	710	710
Коэффициент доплат и начислений	1,3	1,3
Заработная плата рабочим, руб/га	252,88	213,66
Цена трактора, руб	8000000	8000000
Цена с/х машины, руб	750000	350000
Норма амортиз. отчислений на трактор, %	10	10
Норма амортиз. отчислений на с/х машину, %	12,5	12,5
Годовая загрузка трактора, ч	1350	1350
Годовая загрузка с/х машины, ч	500	500
Амортизационные отчисления, руб/га	213,73	157,43
Норма отчислений на ТР на трактор, %	14,9	14,9
Норма отчислений на ТР на с/х машину, %	27	27
Затраты на ремонт, руб/га	352,87	248,14
Цена топлива, руб/кг	45	45
Коэффициент затрат на СМ	1,15	1,15
Затраты на ТСМ, руб/га	771,08	651,54
Накладные расходы, руб/га	79,53	63,54
Себестоимость работ, руб/га	1670,09	1334,31
Годовая экономия затрат, руб		725285
Дополнительные капитальные вложения, руб		350000
Срок окупаемости, лет		0,5

**Расчет экономической эффективности пахотных агрегатов**

**К-701+ПНЛ-8-40 и К-701+ПБС-16-38**

Агрегат	Базовый	Экспериментальный
	К-701+ПНЛ-8-40	К-701+ПБС-16-38
Ширина захвата, м	3,2	4,56
Рабочая скорость, км/ч	7,56	7,56
Коэффициент использования времени смены	0,8	0,8
Производительность, га/ч	1,94	2,75
Количество механизаторов, чел.	1	1
Количество вспомогательных рабочих, чел.	0	0
Затраты труда, чел.ч/га	0,52	0,37
Мощность двигателя, кВт	221	221
Удельный расход топлива, кг/кВт*ч	0,22	0,22
Коэффициент использования двигателя	0,8	0,8
Удельный расход энергоресурсов, кг/га	20,05	13,5
Часовая тарифная ставка, руб/ч	710	710
Коэффициент доплат и начислений	1,3	1,3
Заработная плата рабочим, руб/га	475,78	334,43
Цена трактора, руб	3800000	3800000
Цена с/х машины, руб	300000	433000
Норма амортиз. отчислений на трактор, %	10	10
Норма амортиз. отчислений на с/х машину, %	12,5	12,5
Годовая загрузка трактора, ч	1350	1350
Годовая загрузка с/х машины, ч	500	500
Амортизационные отчисления, руб/га	183,76	141,21
Норма отчислений на ТР на трактор, %	14,9	14,9
Норма отчислений на ТР на с/х машину, %	27	27
Затраты на ремонт, руб/га	299,7	236,68
Цена топлива, руб/кг	45	45
Коэффициент затрат на СМ	1,15	1,15
Затраты на ТСМ, руб/га	1037,59	729,68
Накладные расходы, руб/га	99,85	72,1
Себестоимость работ, руб/га	2096,68	1514,1
Годовая экономия затрат, руб		803961
Дополнительные капитальные вложения, руб		433000
Срок окупаемости, лет		0,6