

**Воронежский государственный аграрный университет
имени К. Д. Глинки**

АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра сельскохозяйственных машин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

**НА ТЕМУ: "ПРОЕКТ МЕХАНИЗАЦИИ УБОРКИ
СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СХА «XXXXXX»
ВОРОБЬЕВСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

ВЫПОЛНЕНА

на _____ страницах

чертежей _____ листов

графиков _____ листов

Дипломник _____ (_____)

Руководитель _____ (_____)

Консультанты:

по экономике с.-х. производства _____ (_____)

по безопасности жизнедеятельности _____ (_____)

ЗАВ. КАФЕДРОЙ _____ (_____)

_____ " _____ " _____ 2006 г.

ВОРОНЕЖ – 2006 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

В проекте дан анализ хозяйственной деятельности, выявлены недостатки в организации уборки и использовании сельскохозяйственной техники.

На основании проведенного анализа и выявленных недостатков предложен и проведен расчет основных звеньев уборочно-транспортного комплекса для уборки зерновых культур на перспективу.

Разработана и предложена конструкция для удаления содержимого колосового вороха из общей массы, позволяющая отделить биологически, наиболее ценное зерно от менее ценного и снизить травмирование зерна до минимальных пределов.

Произведены технологические и прочностные расчеты основных узлов и деталей конструкции.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности и охране труда при уборке зерновых.

Подсчитан экономический эффект от конструктивной разработки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СХА «XXXXXXX» И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР...	6
1.1. Общие сведения о хозяйстве.....	6
1.2. Состояние сельскохозяйственного производства и перспективы его развития.....	8
1.3. Оснащенность хозяйства сельхозтехникой.....	13
1.4. Анализ постановки ТО в хозяйстве.....	16
1.5. Анализ технологии уборки зерновых культур в хозяйстве.....	17
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СХА «XXXXXXX».....	19
2.1. Анализ существующих технологий уборки зерновых культур.....	19
2.2. Проектирование технологии уборки зерновых в СХА «XXXXXXX».....	26
2.3. Технологические расчеты.....	27
3. РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДОРАБОТКИ КОЛОСОВОГО ВОРОХА КОМБАЙНА ЕНИСЕЙ-1200-1, С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА НАИЛУЧШЕГО КАЧЕСТВА.....	39
3.1. Биологические особенности обмолота зернового колоса.....	39
3.2. Анализ существующих технологий и комбайнов с аксиально- роторным молотильно-сепарирующим устройством.....	40
3.3. Технологический процесс работы комбайна.....	50
3.4. Описание предлагаемой конструкции.....	52
4. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ	
4.1. Технологический и конструктивный расчет винтового конвейера.....	54
4.2. Технологический и конструктивный расчет пневмо-транспортера.....	61
4.3. Расчет вала контрпривода вентилятора.....	67
5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	75

5.1. Лицо ответственное за обеспечение требований охраны труда и безопасность выполнения работ при уборке зерновых, его обязанности..	75
5.2. Расчет потребного количества средств индивидуальной защиты при уборке зерновых культур.....	76
5.3. Характеристика вредных производственных факторов и меры по их устранению.....	76
5.4. Возможные опасные ситуации при эксплуатации агрегата. Технические мероприятия по их устранению.....	78
5.5. Организация пожарной безопасности на уборке.....	83
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
ЛИТЕРАТУРА.....	91
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Продовольственная безопасность страны как гарантия стабильного удовлетворения потребностей населения в продуктах питания является составной частью ее национальной безопасности. Эта проблема для России всегда была актуальной. Показателем продовольственной безопасности является, прежде всего: уровень сельскохозяйственного производства, степень самообеспечения продовольствием, наличие переходящих запасов, уровень потребления продуктов и степень доступности продовольствия для наиболее бедной части населения.

Приоритетное значение в продовольственном самообеспечении страны имеет прежде всего продукция зернового производства. Для России характерна национальная особенность потребления продовольствия, которая выражена высоким, по сравнению с другими странами, удельным весом потребления хлебных продуктов в пищевом рационе населения.

Таким образом, наращивание производства зерна – ключевая проблема сельского хозяйства. Увеличение производства зерна возможно за счет совершенствования процессов уборки при внедрении индустриально-поточных технологий, прогрессивных методов, передовых приемов организации, освоения новой техники и совершенствования рабочих органов уже существующих комбайнов.

Главный путь увеличения производства зерна и удовлетворения возрастающей потребности страны в сельскохозяйственной продукции – его всесторонняя механизация и последовательная интенсификация.

В развитии механизации производства зерновых огромное значение имеет внедрение машин, основанных на передовой технологии. Существенным недостатком современных комбайнов является то, что в процессе уборки, часть зерна повреждается, а это в свою очередь приводит к снижению сохраняемости зерна и в дальнейшем к снижению его всхожести.

При этом в сложившихся тяжелых экономических условиях, для успешного выращивания зерновых культур – немаловажное значение имеет самообеспечение хозяйства посевным материалом высокого качества.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СХА «XXXXXX» И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

1.1. Общие сведения о хозяйстве

Сельскохозяйственная артель «XXXXXX» расположена в юго-восточной микро-зоне южной (степной) природно-сельскохозяйственной зоны Воронежской области. Основным административно - хозяйственным центром СХА является село Мужичье, кроме того – на территории СХА расположены: село Банное, хутор Высокий и хутор Землянка.

Центральная усадьба хозяйства – село Мужичье, находится на удалении от областного центра – города Воронежа – 240 км, районного центра – села Воробьёвка – 18 км. Транспортная связь осуществляется посредством автотранспорта по дорогам с асфальтовым покрытием.

Сельхозартель «XXXX» - многоотраслевое хозяйство. Основные направления хозяйства: выращивание зерновых, подсолнечника и мясо - молочное.

Важнейшим экономическим условием производства сельскохозяйственной продукции являются размер и структура земельных угодий (представлены в табл. 1.1)

Таблица 1.1

Структура земельных угодий

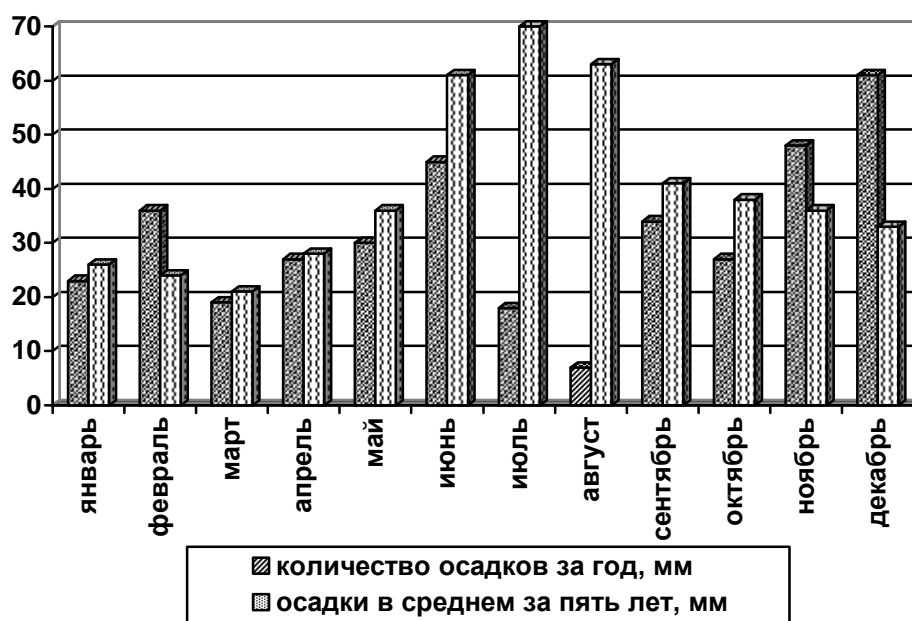
Виды земель	Площадь, га	По отношению, %	
		к общей площади	к сельхоз-угодьям
пашня	8026	71,4	77,6
залежи	417	3,71	4,0
сенокосы	221	1,97	2,2
пастбища	1602	14,2	15,5
сады	73	0,65	0,7
Итого сельхозугодий:	10339	92,0	100
лес	16	0,14	X
лесополосы	168	1,49	X
пруды	57	0,51	X
дороги	72	0,64	X
постройки	145	1,29	X
приусадебные участки	174	1,55	X
прочие	270	2,40	X
Всего земель, (га)	11241	100	X

Таким образом землепользование хозяйства представлено единым массивом протяженностью с севера на юг – 27 км. и с запада на восток – 11 км. За хозяйством закреплено – 11241 га., в т.ч. сельхозугодий – 10339 га., из них пашни – 8026 га. Распаханность территории составляет 71,4% от общей площади землепользования и 77,6% от общей площади сельхозугодий. На основе экономической оценки каждой культуры с учетом особенностей кормопроизводства и типа кормления животных и разработана структура посевных площадей.

Климат – умеренно-континентальный. Сумма среднесуточных температур за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 2620°C , что является достаточным для роста и развития районированных сельскохозяйственных культур. Продолжительность безморозного периода 165 дней.

Основными факторами, определяющими условия роста и развития растений, являются: свет, тепло и влага. Количество осадков, выпавших за прошедший год, представлено на графике:

Количество осадков, выпадающих по месяцам, мм



Рельеф территории хозяйства представляет собой равнину с уклоном пахотных земель до 7° . Территория землепользования расположена в зоне распространения среднесуглинистых, тяжелосуглинистых, иногда встречаются песчаного и супесчаного состава. Естественная растительность сохраняется на природно-кормовых угодьях.

1.2 Состояние сельскохозяйственного производства и перспективы его развития.

Хозяйство в отрасли растениеводства занимается производством зерновых культур, подсолнечника в животноводстве – молока, мяса. В настоящее время в хозяйстве взят курс на выращивание семян зерновых, зернобобовых культур и подсолнечника. Специалисты хозяйства постоянно работают над внедрением новых перспективных сортов, разрабатывают и внедряют новые технологии. С 1998 года хозяйство переходит на более конкурентно-способные сорта, на данный момент выращиваются:

- Семена озимой пшеницы: Круиз, Донская безостая, Дон-93, Белгородская-12, Черноземочка, Одесская-267.
- Семена ячменя: Одесский-100, Рубикон, Приазовский - 9.
- Семена яровой пшеницы: Степь-3.
- Семена овса: Черниговский - 27
- Семена гороха: Таловец – 65, Таловец – 70, Дударь
- Семена проса: Колоритное – 15, Саратовское.
- Семена подсолнечника: Лакомка, Воронежский – 638, Кубанский -480.

В СХА «XXXXXX» имеется 5 тракторно–полеводческих бригад, 3 фермы крупного рогатого скота, 1 свиноводческая ферма. В хозяйстве также имеются вспомогательные производства: мастерская по ремонту техники, 2 автогаража, пилорама, мельница, маслобойня и пекарня.

Имеются 66 тракторов, 35 комбайнов, из них 16 зерноуборочных, доильных установок – 18 шт., автомобилей грузовых – 33 шт. КРС всего – 1680 гол. Среднесписочная численность работников составляет 407 человек.

Основными пунктами реализации сельскохозяйственной продукции являются: зерно – ОАО «Воробьевский ХПП» и ООО «Агро-36», подсолнечник – ООО «Агро-36», сахарная свекла – Елань-Коленовский и Калачеевский сахзаводы, молоко – ООО «Нижекисляйский МКК», мясо – Калачеевский мясокомбинат, а так же фермерские и другие хозяйства Воробьевского района.

Любое сельскохозяйственное предприятие должно эффективно организовывать свое производство. Его эффективность характеризуется такими показателями:

телями, как производительность труда, себестоимость продукции, прибыль, уровень рентабельности, выход валовой продукции в расчете на 1 га. земельных угодий и т.д.

Насколько эффективно ведется производство в СХА «XXXXXX» можно видеть из табл. 1.2.

Таблица 1.2

Показатели эффективности производства в СХА «XXXXXX»

Показатели	ед. изм.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Производство продукции в сопоставимых ценах	тыс. руб.	46536	48013	39397
на 1 га. с.-х. угодий	тыс. руб.	4,48	4,64	3,81
на 1 ср. годового работника	тыс. руб.	114,34	112,44	101,54
на 1 руб. материально-денежных затрат	руб	1,82	1,70	1,19
на 1 руб. основных производственных фондов с/х назначения	руб.	0,69	0,72	0,60
Стоимость основных фондов	тыс. руб.	67584	66468	65315
Материально-денежные затраты на производство продукции	тыс. руб.	25577	28155	33113
Выручка от реализации продукции	тыс. руб.	28334	29202	34122
Прибыль (убыток) от реализации	тыс. руб.	2757	1047	1009
Уровень рентабельности	%	10,8	3,7	3,0

Анализируя данную таблицу можно видеть, что уровень рентабельности производства неуклонно снижается в связи с ростом материально-денежных затрат на производство продукции, и низкой стоимостью валовой продукции. Таким образом, сельскохозяйственное производство ведется малоэффективно, что объясняется многими причинами, как объективными, так и субъективными.

К объективным причинам относятся: низкие цены на сельхозпродукцию и высокие на технику, ГСМ и другие материально-технические средства, деструктивная политика государства по отношению к сельскому хозяйству, система кредитования на невыгодных для предприятия условиях, а так же во многом сказывается общее ухудшение природно-климатических условий и т.д.

К субъективным причинам можно отнести такие, как несоответствие уровня квалификации механизаторов и специалистов сложившимся экономическим условиям, взаимоотношения предприятия с бюджетом, другими организациями и предприятиями, плохая внутрихозяйственная организация производства и т.п.

Уровень развития сельскохозяйственного производства в перспективе определяется с учетом влияния агротехнических, организационных и других факторов. Освоение севооборотов, применение органических и минеральных удобрений, повышение качества семян, совершенствования способов защиты растений от сорняков, вредителей и болезней.

Сельскохозяйственная артель «XXXXXX» – многоотраслевое хозяйство. Основное направление хозяйства – выращивание зерновых, подсолнечника. Оценить разнообразие направлений в отрасли растениеводства можно с помощью структуры посевных площадей (представлена в табл. 1.3)

Таблица 1.3

Структура посевных площадей СХА «XXXXXX»

№	Культуры	2003 г.		2004 г.		2005 г.	
		га.	%	га.	%	га.	%
1.	Зерновые	3319	41,1	3057	38,0	3735	46,5
2.	В т.ч. озимые всего	1387	17,2	1200	14,9	1905	23,7
3.	Из них: озимая пшеница	1387	17,2	1200	14,9	1905	23,7
4.	Яровые всего	1932	23,9	1857	23,1	1830	22,8
5.	Из них: яровая пшеница	-	-	135	1,6	70	0,9
6.	ячмень	850	10,6	838	10,4	860	10,7
7.	овес	223	2,7	97	1,2	120	1,5
8.	просо	263	3,3	238	3,0	190	2,4
9.	гречиха	100	1,2	72	0,8	150	1,9
10.	горох	461	5,7	477	6,0	400	4,9
11.	кукуруза на зерно	35	0,4	-	-	40	0,5
12.	Технические культуры	1206	15,0	1357	16,9	1380	17,2
13.	В т.ч. сахарная свекла	480	6,0	480	6,0	480	6,0
14.	подсолнечник	726	9,0	877	10,9	900	11,2
15.	Кормовые всего	2761	34,1	2380	29,7	2034	25,3
16.	в т.ч. кукуруза на силос и зеленый корм	1057	13,1	985	12,3	628	7,8
17.	однолетние травы, на зеленую массу	954	11,8	756	9,4	827	10,3
18.	озимые на зелен. корм	331	4,1	300	3,7	245	3,1
19.	однолетние травы на сено	120	1,5	100	1,2	100	1,2
20.	многолетние травы	274	3,4	214	2,7	214	2,7
21.	корнеплоды	25	0,3	25	0,3	20	0,2
22.	Пар	796	9,8	1232	15,4	877	10,9
	Итого пашни:	8082	100	8026	100	8026	100

Из табл. 1.3 видно, какие из культур занимают наибольшую площадь, и имеют соответственно наибольший удельный вес в структуре посевных площадей. Так площадь под зерновыми составляет более 40% от общей площади. По отношению к общей площади зерновых посевы озимой пшеницы занимают около 45%.

Как видно из таблицы в 2005 г. по сравнению с предыдущими годами структура посевных площадей мало изменилась, помимо сокращения площадей кормовых культур в связи с сокращением поголовья скота. Это позволило увеличить площадь посева остальных культур, прежде всего зерновых (что в свою очередь увеличило потребность в дополнительном количестве зерноуборочной техники). Экономическая конъюнктура последних лет так же способствовала расширению площади посевов и сбора семян подсолнечника.

Сложившиеся структура и пропорции зерновых обуславливают чрезмерно высокую долю одновременно созревающих культур. Одновременное созревание большей части зерновых в сочетании с коротким агротехническим сроком уборки (12...15 суток) предопределяют, с одной стороны, высочайшие темпы и чрезмерную напряжённость уборочных работ, а с другой — потребность в многочисленном парке зерноуборочной техники (комбайны, валковые жатки) с низкой сезонной занятостью и выработкой.

Наряду со структурой, площадью посевов и урожайностью зерновых на выбор технологии и уборочных машин огромное влияние оказывают погодные условия в уборочный период, размеры и расположение полей, влажность убираемой культуры, состояние почвы, возможная продолжительность работы уборочных агрегатов в течение суток и другие факторы.

И по площади посевов, и по полученной прибыли зерновые имеют наибольшее значение. Так, прибыль, полученная от продажи зерновых, составляет 66% в структуре общей прибыли полученной от реализации продукции растениеводства. Остальные 34% приходятся на долю подсолнечника, сахарная свекла принесла убытки, все кормовые культуры были использованы на нужды животноводства. Более полный анализ производства и реализации продукции можно увидеть в табл. 1.4.

Анализ производства и реализации продукции растениеводства в хозяйстве за 2005 г.

	Культура	Площадь посева, га.	Урожайность, ц./га.	Валовой сбор, ц.	Продано продукции, ц.	Выручка, тыс. руб.	Цена реализации, руб./ц.	Себестоим. продукции, т.руб.	Себестоимость руб./ц.	Прибыль (убыток), тыс. руб.	Прибыль (убыток), руб./ц.
1.	Зерновые (кроме кукурузы)	3695	21	78456	47771	1134	237	4043	84	7303	153
2.	в т.ч. озимые всего	1905	28	53519	29522	5834	198	2509	85	3325	113
3.	из них: озимая пшеница	1905	28	53519	29522	5834	198	2509	85	3325	113
4.	Яровые (кроме кукурузы)	1790	13,6	24937	18249	5512	302	1534	84	3978	218
5.	из них: яровая пшеница	70	14	993	-	-	-	-	-	-	-
6.	ячмень	860	15	12727	10917	2263	207	948	87	1315	120
7.	овес	120	17	2062	1815	316	174	102	56	214	118
8.	просо	190	13,4	2546	457	147	321	38	83	109	238
9.	гречиха	150	10	1521	167	158	946	41	245	117	701
10.	горох	400	13	5200	4893	2628	537	405	83	2223	454
11.	Кукуруза на зерно	40	58	2312	-	-	-	-	-	-	-
12.	Техническая кукуруза	1380	х	х	х	х	х	х	х	х	х
13.	в т.ч. сахарная свекла	480	97	46561	23369	1527	71	4658	218	(3131	(147)
14.	подсолнечник	900	10,3	9305	7811	4858	622	1077	138	3781	484
15.	Кормовые всего	2034	х	х	х	х	х	х	х	х	х
16.	в т.ч. кукуруза на силос и з.к	628	193	121204	-	-	-	-	-	-	-
17.	однолетние травы на з.к.	827	11,4	9387	-	-	-	-	-	-	-
18.	озимые на зеленый корм	245	82	20009	-	-	-	-	-	-	-
19.	многолетние травы	314	19	5966	-	-	-	-	-	-	-
20.	корнеплоды	20	127	2540	-	-	-	-	-	-	-

1.3. Оснащенность хозяйства сельскохозяйственной техникой

По состоянию на 1 января 2006 года в хозяйстве имеется следующий набор сельхозтехники и сельскохозяйственных орудий:

Таблица 1.5

Оснащенность хозяйства сельхозтехникой

Наименование, марка машины	Кол-во, шт.	Наименование, марка машины	Кол-во, шт.
Тракторы	66	Комбайны	35
К-701, К-700А	6	СК-5 «Нива»	9
Т-150К	2	Дон-1500	5
ДТ-75	15	Енисей-1200-1	2
Т-70С	5	КСКУ-6 «Херсонец»	1
Т-16	3	Е-281	2
Т-25	2	КСК-100А	2
МТЗ-80	19	КСС-2,6	4
МТЗ-82	6	КС-6	5
ЮМЗ-6	8	БМ-6	5
Плуги	25	Жатки	13
ПЛН-5-35	2	ЖРБ-4,2	7
ПЛН-8-35	2	ЖВП-6	2
ПЛН-4-35	12	ЖВН-6а	4
ПЛН-8-40	5	Косилки	7
Культиваторы	49	Сенокосилка КРН-2,1	1
ГУН-4	4	Сенокосилка КСФ-2,1	4
КПС-4	28	Косилка КПС-5Г	1
КПС-4г	2	Косилка КС-2,1	1
КРН-4,2	2	Грабли тракторные	6
КРН-5,6	5	ГП-14	2
КПШ-5	1	ГВК-6	1
КПШ-9	1	ГПП-6	3
КШУ-12	1	Волокуши	7
УСМК-5,4	9	ВТУ-10	5
Бороны		ВНК-11	2
БЗСС-1,0	169	Стогометатель	4
БЗТС-1,0	55	ПФ-0,8	3
ЗПБ-0,6	20	ППС-1,6	1
БДТ-7	6	Погрузчики	
БДТ-3,0	3	Погрузчик ПКУ-0,8	3
Катки	11	Погрузчик ПЭФ-1а	3
ЗККШ-6	7	Свеклопогрузчик	
ЗККШ-6а	4	СПС-4,2	3
Сцепки	29	Пресс-подборщик	3
СП-16	5	ПР-Ф-750	1
СП-11	8	ПРП-1,6	1
С-11-У	16	ПВ-6	1

Продолжение таблицы 1.5

Оснащенность хозяйства сельхозтехникой

Наименование, марка машины	Кол-во, шт.	Наименование, марка машины	Кол-во, шт.
Луцильник ЛДГ-15	1	Бульдозерные навески и отвал	7
Сеялки	43	Зернопогрузчики	8
зерновая СЗУ-3,6	9	ЗПС-100	2
зерновая СЗП-3,6	18	ЗМ-30	4
кукурузная СУПН-8	7	ЗМ-60	2
кукурузная СПЧ-6	3	Зерноочистительные	
свекловичная ССТ-126	6	машины и комплексы	
Разбрасыватели удобрений	6	К-590	1
МВУ-5	2	МС-4,5	1
МВУ-6	1	ЗАВ-20	2
МВУ-86	1	ЗАВ-40	1
РУМ-8	1	Тракторные прицепы	38
ПРТ-10	1	1ПТС-9	5
Опрыскиватели опылива-		3ПТС-12	3
тели и протравливатели		2ПТС-4	18
ОП-200	4	ПСЕ-12,5	4
ОПВ-1200	1	2ПТС-4(45)	7
Протравливатель ПС-10	2	1ПТС-2Н	1
Протравливатель «Пемикс»	1	ТТ-1	1
Автомобили грузовые	29	Спецавтомобили	16
ГАЗ-53А грузовой	3	Заправщик МОД-36-13	2
САЗ-3503 самосвал	1	Молоковоз АЦА-3,85-53А	2
САЗ-3507 самосвал	4	Хлебовоз ГЭСА-3704	1
ГАЗ-53Б самосвал	2	Агрегат для обработки	
САЗ-3503 самосвал	1	посевов на базе ГАЗ-66	1
ГАЗ-52 грузовой	1	Кран КС-2561 ЗИЛ-130	1
ЗИЛ ММЗ-554М самосвал	3	Пожарка АЦ-40/53	1
ЗИЛ ММЗ-45021 самосвал	4	Автобус КАВЗ-685	3
ЗИЛ-130Г грузовой	1	Фургон ГАЗ-53ф	2
ЗИЛ-43336 грузовой	1	УАЗ-33-03	1
КАМАЗ-5320	3	Автомобили легковые	12
КАМАЗ-55102	2	ВАЗ-2121 «Нива»	2
КАМАЗ-5511 самосвал	2	ВАЗ-2106 «Жигули»	1
КАМАЗ-5410 тягач	1	УАЗ-31512	2
Автоприцепы	9	УАЗ-31514032	1
ГКБ-8385	1	ГАЗ-3102	2
ГКБ-817 М1	1	ИЖ-2715	4
СЗАП-8551	1	Мотоциклы	3
СЗАП-83571	4	Днепр-4	1
Скотовоз ОДАЗ-99	1	ИЖ-Планета	1
1р5	1	ИЖ ЮК-5	1

Большая часть тракторов и другой сельхозтехники в хозяйстве находится в работоспособном состоянии. Наличие энергетических мощностей всего 23739 л. с.

Как уже было отмечено, всего имеется 66 тракторов всех марок, комбайнов – 35, из них 16 зерноуборочных. Число тракторов на 1000 га пашни составляет 8,2, ниже нормативной потребности (13,3 на 1000 га пашни). Количество комбайнов на 1000 га посевов зерновых равно 4,9, что так же несколько ниже нормативных значений 6,2 шт. на 1000 га посевов. Для более полного анализа работы тракторов составим табл. 1.6

Таблица 1.6

Показатели работы тракторов в СХА «XXXXXX» за 2005 г.

Наименование, марка машины	Кол-во, шт.	Всего отработано на один трактор		Годовая нара- ботка на 1 трак- тор, у.э.га.
		дней	смен	
К-701, К-700А	6	121	154	2851
Т-150К	2	125	138	1688
ДТ-75	15	128	105	1207
Т-70С	5	97	112	718
Т-16	3	57	57	77
Т-25	2	82	82	175
МТЗ-80	19	114	114	627
МТЗ-82	6	39	39	366
ЮМЗ-6л	8	98	98	584

Данные таблицы 1.6 показывают, что годовая наработка на один трактор не очень велика, несмотря на то, что их количество ниже потребного. Это связано с тем, что нередки случаи простоя техники в связи с отсутствием дорогостоящих запчастей, а также резервных запасов топлива на случаи перебоев его поставки (особенно критическим в данном отношении был последний год так, например, была сорвана вспашка зяби). Следует принять во внимание тот факт, что за последние годы снизился общий уровень механизации процессов, все чаще используется ручной труд. В целом же хозяйство недостаточно обеспечено как сельхозтехникой, так и механизаторскими кадрами. Поэтому на период полевых работ привлекаются механизаторы со стороны: из соседних хозяйств, а также иностранные граждане (преимущественно из Украины и Молдовы) путем заключения договоров.

Чтобы проанализировать аналогичным образом работу зерноуборочных комбайнов составим табл. 1.7.

Таблица 1.7

Показатели использования зерновых комбайнов в СХА «XXXXXX» в 2005 г.

Показатели	Единица измерения	Значение показателей
Общая площадь зерновых	га.	3695
Общее количество комбайнов	шт.	16
в т.ч. СК-5 "Нива"	шт.	9
Енисей – 1200-1	шт.	2
ДОН – 1500	шт.	5
из них: на свале	шт.	5
на обмолоте	шт.	13
Общее количество жаток	шт.	13
в т.ч. ЖРБ – 4,2	шт.	7
ЖВН – 6А	шт.	4
ЖВП – 6	шт.	2
Сезонная нагрузка на один комбайн	га.	231
Сезонная нагрузка на одну жатку	га.	202
Отработано всего комбайном	маш.-дней	480
Отработано всего жаткой	маш.-дней	130
Средняя дневная выработка комбайна	га.	7,7
Средняя дневная выработка жатки	га.	28,4

Данные табл. 1.7 показывают, что сезонная нагрузка на 1 комбайн составляет 231 га, среднедневная выработка комбайна 8 га. Анализ этих данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Сезонная нагрузка на комбайн выше нормативных нагрузок (сезонных на 1 комбайн).
2. Среднедневная выработка комбайнов ниже нормативных выработок.

Следствием того, что комбайны загружены выше нормы, является затягивание сроков уборки, вследствие чего имеет место увеличение потерь зерна при уборке, несвоевременное освобождение площадей под дальнейшую обработку и посев озимых культур.

1.4. Анализ постановки ТО в хозяйстве

Ремонт техники осуществляется в ремонтной мастерской. Мастерская в СХА «XXXXXX» была построена в 1988 году по типовому проекту, общей

площадью 1642 кв.м., с площадью ремонтного отделения 820 кв.м., на 18 ремонтных мест.

Для поддержания всей техники в работоспособном состоянии в хозяйстве выполняются следующие элементы планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта:

- текущий ремонт тракторов (кроме К-700 и Т-150к), комбайнов, сельскохозяйственных машин и орудий;
- устранение возникающих неисправностей;
- эксплуатационная обкатка новых и отремонтированных машин;
- проведение номерных технических обслуживаний и диагностики;
- хранение всей техники.

Хранение техники осуществляется на открытых площадках на центральном машинном дворе а, также на открытых площадках в бригадах. Несколько в стороне от ЦРМ расположено нефтехозяйство СХА «XXXXXX» и склад запчастей. Горюче-смазочные материалы поставляются в хозяйство с районной нефтебазы бензовозами-заправщиками МОД-36-13 ГАЗ-53. Нефтехозяйство имеет две заправочные колонки, для бензина и дизтоплива, а, кроме того, заправочные колонки для дизтоплива в каждой из бригад.

1.5. Анализ технологии уборки зерновых культур в хозяйстве

Для уборки зерновых культур в хозяйстве применяют в основном раздельное комбайнирование, так как прямому комбайнированию мешает большая засоренность полей, высокий хлебостой, хлебная масса часто находится в полеглом состоянии из-за летних дождей и ветров. Не исключен и способ прямого комбайнирования в зависимости от погодных условий и состояния полей.

При скашивании в валки используются жатки ЖВН-6А, ЖРБ-4,2, которые навешиваются на комбайны СК-5 "Нива", а также жатки ЖВП-6, агрегирующиеся с трактором МТЗ-80.

На подборе используются комбайны СК-5, Енисей-1200 и ДОН-1500. Незерновую часть урожая – солому, убирают по копенной технологии. Копны формируют комбайны во время подбора валков, затем их стягивают тросово-рамочной волокушей ВТУ-10 в агрегате с двумя тракторами ДТ-75М к месту

скирдования. Скирдуют копны погрузчиками ПФ-0,8 в агрегате с трактором МТЗ-80.

Анализ производственной деятельности СХА «XXXXXX» показал, что в хозяйстве недостаточно используются резервы повышения урожайности сельскохозяйственных культур: практически не вносятся органический и минеральные удобрения, допускаются нарушения чередования культур в севообороте, сроки подготовки почв, ухода за посевами, что приводит к высокой засоренности участков и низкой урожайности культур.

Процесс уборки затягивается из-за частых поломок сельскохозяйственной техники. Имевшийся резерв запчастей, практически исчерпан, а которые есть, расходятся в процессе подготовки комбайнов к уборке. Во время уборочных работ даже незначительные поломки приводят к длительному простоем в том случае если невозможно восстановить собственными силами. Нет четкого графика уборки различных сельскохозяйственных культур, расчетов потребности в уборочной технике и транспортных средствах для выполнения тех или иных работ, что приводит к простоем техники в одних местах и ее нехватке в других.

В результате плохой организации работ, нехватки техники и механизаторских кадров, сроки уборки зерна растягиваются на месяц, звено по уборке незерновой части урожая также не успевает справляться с поставленной задачей, что сдерживает работу звена послеуборочной обработки почвы, этим самым нарушается поточность процесса уборки.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

2.1. Анализ существующих технологий уборки зерновых культур

В настоящее время накоплен большой опыт уборки зерновых культур по разным технологиям. Выбирают тот или иной способ исходя из погодноклиматических условий, вида культуры, и состояния хлебостоя, а прежде всего, исходя из имеющегося парка машин.

Различные технологические схемы уборки урожая зерновых культур предусматривают большое разнообразие технических средств, технологических операций и приемов уборки. В зависимости от способа скашивания стеблей и их обмолота различают: прямое и раздельное комбайнирование, по трехфазной технологии (безотходной), а в зависимости от способа уборки не зерновой части урожая – копенную, поточную и подбор из валков. [3]

2.1.1 Комбайновые способы уборки

Для **прямого комбайнирования** используют комбайн, оборудованный хедером. В процессе работы агрегат скашивает хлебостой, обмолачивает и выделяет зерно. При этом оно поступает в бункер комбайна, а не зерновая часть выводится из молотилки. Это самый универсальный способ уборки зерновых, ряда зернобобовых культур и семенников трав.

Прямое комбайнирование начинают в фазе полной зрелости зерна. Исключение составляет уборка при прокосах и обкосах полей. Различают сплошное и выборочное комбайнирование, при этом выбирают прежде всего участки ранних посевов, а так же расположенные на возвышенностях, то есть раносозревающие поля.

По мере созревания зерновых переходят на сплошное комбайнирование, прежде всего низкорослых (высотой менее 0,5 м.), изреженных (до поверхностной плотности 300 шт./м².) и неполеглых хлебов, а также в том случае, если скашивание хлебостоя в валки недопустимо (например при установившейся дождливой, сырой погоде).

Основные условия для прямого комбайнирования – убираемые культуры должны быть сухими, равномерно созревшими, неполеглыми, а так же мало засоренными.

При **раздельном комбайнировании** убирают хлеба в конце фазы восковой спелости при влажности зерна не более 35%, скашивают рядковыми жатками в валки, затем подбирают валки зерноуборочными комбайнами, оборудованными подборщиками. В настоящее время до 55...60% площадей убирают этим способом.

Раздельным способом убирают засоренные, неравномерно созревшие участки, а также легко опыляющиеся хлеба, например озимый ячмень. Только раздельным способом убирают поля, подверженные опасности поедания насекомыми. Не рекомендуется применение раздельной уборки при урожайности пшеницы менее 10 ц/га, ячменя – 15 ц/га, а также при густоте стеблей менее 250 растений на 1 м² и высоте стеблей 55...60 см. Раздельным способом целесообразно убирать засоренные хлеба с длинной стеблей более 60 см, даже при густоте культурных растений менее 250 шт./м², так как стерня сорняков помогает поддерживать валок.

При раздельной уборке высокоурожайных хлебов оставляют стерню высотой 15...20 см, чтобы валки, лежащие на ней не прогибались, не касались земли и хорошо проветривались.

Подбирают валки со стороны колоса, укладывают их поперек направления рядков во избежание проваливания массы на землю через рядки стерни.

При достаточном количестве уборочной техники раздельный способ уборки позволяет резко сократить продолжительность уборки и обеспечить ее высокое качество на полях с любым агробиологическим состоянием хлебов.

2.1.2 Поточно-индустриальные способы уборки.

Новые поточно-индустриальные способы уборки предусматривают значительное сокращение количества полевых операций и упрощение машин с перенесением выполнения сложных прочесов обработки хлебной массы на стационарные или полустационарные пункты. В настоящее время экономически

обосновано и подкреплено конструктивными разработками несколько вариантов агропромышленных технологий уборки зерновых для различных условий.

Трехфазный способ уборки зерновых служит основой других вариантов индустриально-поточных технологий уборки всего биологического урожая и включает следующие операции: скашивание массы в валки, подбор валков подборщиком-измельчителем (уплотнителем), сбор измельченной (уплотненной) массы в транспортные емкости, отвоз ее на стационарный пункт для обработки и получение кондиционированного зерна. Солому и полосу перерабатывают в зависимости от потребностей хозяйства в различных видах кормов или закладки на хранение.

Привезенную хлебную массу сразу обрабатывают на сепараторе или сначала отправляют на сушку для снижения влажности до 20...25%. Подсушка позволяет убирать хлеба практически независимо от погодных условий, что снижает потери зерна, увеличивает его валовой сбор. С поля увозят всю скошенную массу и освобождают его для последующих работ.

Уборка зерновых в Нечерноземной зоне с подсушкой массы на стационаре перед обмолотом. Урожай зерновых с поля убирают силосными или кормоуборочными комбайнами СК-2,6, КСК-100, Е-280 и привозят на стационарный пункт автомобилями с увеличенным объемом кузова или транспортным средством на базе

ППТ-100 в агрегате с трактором Т-150К. При неблагоприятных условиях массу обрабатывают двумя последовательно расположенными комбайнами. Доставленную на стационарный пункт, измельченную хлебную массу подсушивают до необходимого состояния.

Кубанская индустриальная безотходная технология уборки зерновых. Урожай с поля убирают полевым измельчителем и перевозят в тележках типа ПТС в агрегате с трактором класса 14 кН, дозируя массу посредством серийного питателя дозатора. Затем подсушивают ее на двух сушильно-сепарирующих линиях воздухом, подогретым теплогенератором ТАУ-1,5 и обмолачивают двумя комбайнами. Полосу направляют в половоохранилище, а солому в скирдоформирователь.

Уборка зерновых по схеме "Невейка". Технология включает следующие операции: скашивание и подбор валков с помощью жатки-стогаобразователя; транспортировку урожая на стационарный пункт зерна и половы; отделение зерна от незерновой части, подачу его в зерноочистительный комплекс типа ЗАВ-40, а полосу на линию брикетирования или гранулирования; подбор валков соломы и доставку ее к местам хранения и скирдования.

В отличие от "Невейки" по технологии, разработанной УНИИМЭСХ, солому измельчают и разбрасывают по полю. Ворох, собранный полевой машиной, перерабатывают на стационарной универсальной линии. Обрабатывают ворох по новому методу сепарации – при низкоскоростных воздушных потоках. В результате повышается качество сепарации как зерновых культур, так и мелкосеменных трав. Ворох труднообмолачиваемых культур проходит через специальное терочно-домолачивающее устройство.

Уборка зерновых с обработкой массы на краю поля. Технология предусматривает следующие операции: скашивание или подбор валков зерновых жаткой-стогаобразователем с одновременной загрузкой хлебной массы в емкость; трактором перевозят емкости с собранным урожаем на край поля и укладывают его в ряд завершенных стогов; обмолот массы мобильной молотилкой высокой производительности; перевозку зерна осуществляют автотранспортными средствами повышенной грузоподъемности; скирдование соломы. [4]

Обобщенный опыт применения индустриально-поточных линий в хозяйствах показал что за счет применения более легких полевых машин для сбора всей массы урожая с поля повышается водопроницаемость почв и улучшается их плодородие, снижаются потери зерна в поле в 1,5...2,0 раза. Лучше решаются проблемы получения грубых кормов, а так же задачи транспортного обеспечения. Упрощается решение кадрового вопроса.

Вместе с тем эффективность этих способов уборки снижается с увеличением радиуса перевозки урожая с поля и в зависимости от согласования работы полевых машин, транспорта, стационарного оборудования и т.д.

Анализ многолетних данных показывает, что применение этих технологий оправдано в основном там, где комбайны работают неудовлетворительно.

Они эффективны при одновременном и полном сборе незерновой части урожая.

2.1.3 Уборка незерновой части урожая.

При прямом или раздельном комбайнировании используют различные способы уборки незерновой части урожая – соломы и половы.

Способ уборки незерновой части урожая определяет комплектацию комбайна, организацию уборочных работ и основные технико-экономические показатели уборочного процесса.

Копенная технология основана на использовании зерноуборочного комбайна с копнителем и различных соломоуборочных средств. Технология включает в себя две основные схемы уборки. По первой схеме солому вместе с половой собирают в копнитель комбайна, выгружают копны на поле, собирают их толкающей волокушей ВНК-11 в стог, либо стягивают тросово-рамочной волокушей ВТУ-10 в агрегате с двумя тракторами ДТ-75М к месту скирдования. Скирдуют копны погрузчиком ПФ-0,8 в агрегате с трактором МТЗ-80. Эту схему применяют для уборки сухих и не смешавшихся копен на сухих почвах с ровным рельефом при дальности перевозок не более 3 км.

В зонах с повышенной влажностью с малыми размерами полей, где невозможно использовать волокуши для уборки соломы, используют навесные копновозы КНУ-11 и КУН-10, которые отвозят копны на край поля и укладывают их у основания скирд. Далее скирдуют погрузчиком ПФ-0,8.

Основным достоинством комплекса машин с использованием тросово-рамочной волокуши ВТУ-10 является, то что он позволяет в напряженный период уборки быстро и с небольшими затратами труда и средств убрать солому с поля. Однако указанный комплекс машин имеет и существенные недостатки. Применение копнителя снижает сменную производительность комбайна на 10...12% и повышаются потери зерна на 10...40% при заполнении копнителя на 75...100%.

Неудовлетворительная форма и небольшая масса копен (150...200 кг), а также их разбросанность по полю не отвечает требованиям поточной технологии уборки. При стягивании потери соломы достигают 35% и более, при этом значительная часть половы (75% и более) теряется в поле. Кроме того солома при стягивании загрязняется землей на 25...30%, что не позволяет ее эффективно использовать на корм скоту.

При копнении влажной соломы не обеспечивается ее сушка, а скирдование влажной соломы приводит к ее порче. Для выполнения копенной технологии хозяйству требуется иметь большой набор машин.

Комплекс машин с применением копновозов, обладая рядом недостатков, присущих копенной технологии, позволяет вместе с тем более качественно убирать солому и полову, обеспечивать более высокую пригодность ее к скармливанию скоту.

Чтобы обеспечить **поточную технологию** уборки незерновой части урожая на комбайнах устанавливают навесные приспособления ПУН-5 для комбайна СК-5 "Нива" и ПКН-1500 для ДОН-1500. При уборке незерновой части урожая это приспособление используется для следующих технологических схем:

- сбор измельченной соломы и половы в тележки с последующей транспортировкой массы к месту складирования;
- сбор соломы и половы в прицепленную к комбайну тележку, используемую как копнитель большой емкости;
- сбор половы в тележки, укладка соломы в валок;
- сбор половы в сменные тележки и равномерное разбрасывание соломы по поверхности поля на ширину захвата жатки;
- солому укладывают в валок, поверх которого ложится полова;
- измельченную солому вместе с половой разбрасывают на ширину 9-10 м.

По сравнению с копенной технологией, поточная технология позволяет с меньшими потерями (до 12...18%) и хорошим качеством одновременно убирать урожай зерна, соломы и половы, освобождает поля для последующих работ. Вывоз с пол семян сорняков повышает общую культуру земледелия. Измельченная солома, в отличие от целой, обладает повышенной сыпучестью и имеет большую плотность (в 2...3 раза), что облегчает транспортировку.

Недостатками является снижение сменной производительности комбайна с приспособлениями на 20...25%. Эксплуатация комбайна с приспособлениями снижает срок службы комбайна на 40%. Для организации бесперебойной работы агрегатов необходимо большое количество тракторов класса 14 кН и две-три тележки на один комбайн.

Валковая технология основана на применении зерноуборочных комбайнов с валкообразователями и различных соломоуборочных машин для подбора валков. Для выполнения валковой технологии используют четыре комплекса машин при следующей организации работ:

1. Солому из валков, оставленных после прохода комбайна прессуют в прямоугольные тюки прессподборщиком ПС-1,6, затем их подбирают подборщиком тюков ГУТ-2,5 и устанавливают на поле в штабеля, которые отвозят к месту хранения штабелевозом ТШН-2,5
2. Валки подбирают рулонным прессом ПРТ-1,6. Рулоны оставляют в поле, а затем их грузят погрузчиком-стогометателем ПФ-0,8 и перевозят к месту хранения.
3. Валки соломы подбирают подборщиком стогообразователем СПТ-60 и образуют стога, которые выгружают на поле, а затем подбирают и перевозят на край поля стоговозом СП-60, где довершают их стогометателем ПФ-0,8.
4. Солому подбирают подборщиком-уплотнителем ПВ-6,0 в агрегате с тележкой 2ПТС-4 в крупные копны, которые скирдуют скирдовальным агрегатом УСА-10 и двумя погрузчиками стогометателями ПФ-0,8.

Преимуществом валковой технологии является повышенная маневренность уборочного агрегата в результате использования упрощенной конструкции комбайна. Это позволяет повысить его эффективность на 15...20%, а так же разделить повремени операции по уборке зерна и соломы. Кроме того, при валковой технологии возможна более эффективная организация группового использования зерноуборочных комбайнов с большегрузными автомобилями и организация выгрузки зерна из бункера комбайна на ходу агрегата.

В то же время валковая технология имеет ряд существенных недостатков. При подборе валков соломы почти полностью теряется полова, а семена сорняков вместе с ней рассеиваются по полю. Невысокая производительность машин для подбора соломы вызывает повышенную потребность в колесных тракторах класса 14 кН. Применение технологии ограничено в зонах, подверженных ветровой эрозии на площадях с низкой урожайностью незерновой части и в зонах с сильной увлажненностью соломы. [4]

2.2 Проектирование технологии уборки зерновых в СХА «XXXXXX»

Анализируя существующие технологии уборки зерновых культур, приходим к выводу, что в СХА «XXXXXX» применение поточно-индустриальных методов если и возможно то лишь в далекой перспективе, так как в настоящее время для них нет достаточной материально-технической базы. Наиболее приемлемым является комбайновый способ уборки зерновых культур, в особенности способ раздельного комбайнирования, так как он имеет следующие преимущества:

1. При скашивании хлебов в валки в фазе восковой спелости зерно крепко держится в колосе и меньше осыпается, чем при уборке в фазе полной спелости, хлебная масса, просохшая в валках, лучше обмолачивается, чем более влажная при прямом комбайнировании. Следовательно, раздельный способ позволяет сократить потери зерна и увеличить пропускную способность комбайнов.
2. При раздельной уборке скашивание хлебов жатками в зависимости от зональных условий и погоды начинается на 4-5 дней раньше, чем прямое комбайнирование, а подбор и обмолот валков производится на 2-5-й день после скашивания, что дает возможность ускорить окончание уборки.
3. Увеличение производительности машин на уборке хлебов раздельным способом, по сравнению с прямым комбайнированием, позволяет значительно сократить общую продолжительность уборочных работ при увеличении периода благоприятного для уборки.
4. При раздельной уборке обмолоченное зерно выходит из комбайна, как правило, более сухим и чистым, чем после прямого комбайнирования, благодаря чему на послеуборочную обработку расходуется меньше труда и средств.
5. При раздельной уборке солома и солома выходят из комбайна достаточно сухими и могут немедленно скирдоваться. Поле освобождается от соломы и соломы раньше, чем при прямом комбайнировании, и могут своевременно выполняться последующие работы, связанные с подготовкой поля под урожай будущего года.

Несмотря на эти преимущества, отдельная уборка не должна вытеснить прямое комбайнирование.

На прямой уборке комбайн может хорошо и высокопроизводительно работать в том случае, если хлеб полностью зрелый, сухой и незасоренный. Убирать хлеб прямым комбайнированием после наступления полной зрелости нужно в самые короткие сроки; в противном случае возможны потери, которые возрастают с каждым днем задержки уборки.

Если хлеб созревает быстро и одновременно, то его выгоднее всего убирать прямым комбайнированием.

Поэтому для СХА «XXXXXX» наиболее эффективно использовать совместно отдельное и прямое комбайнирование, что позволит сократить сроки уборки и уменьшить затраты на уборку.

2.3. Технологические расчеты

2.3.1 Расчет производительности жатвенных агрегатов

Производительность жатвенного агрегата:

$$W_{\text{он}} = 0,1 \cdot b \cdot B_k \cdot V_p \cdot t \cdot T_{\text{см}}, \quad (2.1)$$

где $\beta = 0,93$ – коэффициент использования ширины жатки; [1]

B_k – конструктивная ширина захвата жатки;

$V_p = 4,9$ км/ч – скорость, принятая по агротехническим допускам;

$T_{\text{см}} = 10$ ч – время смены;

τ – коэффициент использования времени смены, $\tau = 0,7$; [1]

Тогда производительность агрегата при скашивании гороха в валки жаткой ЖРБ – 4,2:

$$W_{\text{он}} = 0,1 \cdot 0,93 \cdot 4,2 \cdot 4,9 \cdot 0,7 \cdot 10 = 14,7 \text{ га/день.}$$

Производительность агрегата при скашивании зерновых в валки жаткой ЖВН – 6А:

$$W_{\text{он}} = 0,1 \cdot 0,93 \cdot 6 \cdot 4,9 \cdot 0,7 \cdot 10 = 19,1 \text{ га/день}$$

Таким образом, агрегат СК – 5 "Нива" + ЖРБ-4,2 будет скашивать за день 14,7 га, а СК – 5 "Нива" + ЖВН – 6А будет скашивать 19,1 га.

2.3.2 Расчет производительности комбайнов при прямой уборке хлебов

Скорость движения комбайнов при прямом комбайнировании и подборе валков ограничивается пропускной способностью молотилки. Пропускная способность (q_n) комбайна нередко будет выше максимально возможных подач убираемой зерновой культуры, поскольку скорость движения комбайна ограничена величиной $v_{\max} = 2 - 2,2$ м/с (при больших скоростях резко снижаются показатели качества работы жаток и подборщиков, возрастают нагрузки на всю конструкцию машины и напряжённость труда оператора).

Определяем максимально допустимую скорость движения комбайна исходя из пропускной способности при прямом комбайнировании по формуле:

$$V_{p_{\max}} = \frac{10 \cdot q_n}{B_p \cdot H}, \quad (2.2)$$

где q_n – допустимая пропускная способность машины, кг/с;

B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

H – биологическая урожайность культуры, т/га;

$$B_p = \beta \cdot b_k, \quad (2.3)$$

где β – коэффициент использования ширины захвата жатки, ($\beta = 0,93$); [1]

b_k – конструктивная ширина захвата, м.

$$H = h \cdot (1 + \delta_e), \quad (2.4)$$

где h – урожайность зерна, т/га;

δ_e – коэффициент соломистости.

Для примера определим предельную скорость движения комбайна СК-5 "Нива" при прямом комбайнировании озимой пшеницы при следующих условиях: $b_k = 5$ м; $h = 2,8$ т/га; $\delta_e = 1,2$; $\beta = 0,93$; $q_n = 5$ кг/с.

По формуле (2.4) определим биологическую урожайность:

$$H = 2,8 \cdot (1 + 1,2) = 6,16 \text{ т/га};$$

$$B_p = 0,93 \cdot 5 = 4,65 \text{ м};$$

$$V_{p_{\max}} = \frac{10 \cdot 5}{4,65 \cdot 6,16} = 1,75 \text{ м/с}$$

Аналогично рассчитываем предельную скорость для комбайнов СК-5 "Нива", и ДОН-1500 с жатками 5 и 6 м., для всех остальных культур, т.е. для тех, которые составляют напряженный период уборки. Полученные результаты в табл. 2.1

Таблица 2.1

**Предельные скорости комбайна при прямом
комбайнировании с оптимальной загрузкой молотилок, м/с**

Марка комбайна	Культура					
	озимая пшеница	яровая пшеница	ячмень	горох	овес	посо
СК-5 "Нива" с хе- дером	1,75 (2,2)*	3,49 (2,2)	3,26 (2,2)	3,85 (2,2)	2,88 (2,2)	3,64 (2,0)
ДОН-1500 с хеде- ром	2,33 (2,6)	4,65 (2,6)	4,34 (1,6)	5,13 (2,8)	3,83 (1,7)	4,86 (2,4)

* - в скобках даны допустимые по агротребованиям скорости

Производительность комбайна при прямом комбайнировании

$$W_{\text{он}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot t \cdot T_{\text{см}}, \quad (2.5)$$

где τ – коэффициент использования времени смены, $\tau = 0,65$;

$T = 10$ ч - продолжительность смены

Дневная выработка комбайна СК-5 "Нива" при уборке озимой пшеницы прямым комбайнированием будет равна

$$W_{\text{он}} = 0,36 \cdot 4,65 \cdot 1,75 \cdot 0,65 \cdot 10 = 19 \text{ га/см.}$$

Аналогично определим дневную выработку комбайнов, используя таблицу 2.1, с учетом расчетных и допустимых по агротребованиям скоростей, выбираем меньшее значение, полученные результаты для всех марок и по видам культур заносим в табл. 2.2

Таблица 2.2

**Дневная выработка комбайнов при уборке зерновых
прямым комбайнированием, га/смену**

Марка комбайна	Культура					
	озимая пшеница	яровая пшеница	ячмень	горох	овес	посо
СК-5 "Нива"	19,04	25,6	23,9	23,94	23,94	22,85
ДОН-1500	25,85	33,9	20,9	36,6	22,2	31,34

2.3.3 Расчет производительности комбайнов при раздельной уборке хлебов

Скорость перемещения комбайна при подборе валков из условия оптимальной загрузки молотилки определяется по формуле:

$$V_m = q_n / \alpha, \quad (2.6)$$

где q_n – номинальная пропускная способность молотилки комбайна, кг/с;

α – погонный вес валка.

$$\alpha = 10^{-2} \cdot \beta \cdot B_k \cdot h \cdot (1 + \delta_c), \quad (2.7)$$

По формулам (2.6) и (2.7) найдем скорость перемещения комбайна СК-5 "Нива" при подборе озимой пшеницы, скошенной валковой жаткой ЖВН-6А. При следующих условиях: $B_k = 6$ м; $\beta = 0,93$; $h = 2,8$ т/га; $\delta_c = 1,2$; $q_n = 5$ кг/с.

$$\alpha = 10^{-2} \cdot 0,93 \cdot 6 \cdot 28 \cdot (1 + 1,2) = 3,44 \text{ кг/м}$$

$$V_m = 5 / 3,44 = 1,45 \text{ м/с}$$

Аналогично проводим расчеты для остальных марок комбайнов по различным культурам и для валков, уложенных жатками ЖВН-6А, результаты заносим в таблицу 2.3

Таблица 2.3

Допустимые скорости движения комбайнов при подборе валков, м/с

Марка комбайна	Культура					
	озимая пшеница	яровая пшеница	ячмень	горох	овес	просо
СК-5 "Нива"	1,45 (2,2)*	2,9 (2,2)	2,72 (2,2)	3,21** (2,2)**	2,39 (2,2)	3,04 (2,2)
ДОН-1500	1,98 (2,6)	4,65 (2,6)	4,34 (1,7)	-	3,83 (1,75)	4,86 (2,4)

* - в скобках даны допустимые по агротребованиям скорости

** - горох скашивается в валки с помощью жатки ЖРБ-4,2

Дневная производительность комбайнов при подборе валков определяется аналогично дневной производительности при прямом комбайнировании по формуле (2.5)

Например, для комбайна ДОН-1500 при подборе валков озимой пшеницы, скошенной жаткой ЖВН-6А

$$W_{\text{дн}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot t \cdot T_{\text{см}}, \quad (2.8)$$

$$W_{\text{дн}} = 0,36 \cdot 5,58 \cdot 1,98 \cdot 0,65 \cdot 10 = 25,8 \text{ га/см.}$$

Аналогично проводим расчеты для остальных марок комбайнов и по различным культурам с учетом расчетных и допустимых по агротребованиям скоростей, выбираем меньшее значение, полученные результаты для всех марок и по видам культур заносим в табл. 2.4

Таблица 2.4

Дневная выработка комбайнов при подборе валков, га/см

Марка комбайна	Культура					
	озимая пшеница	яровая пшеница	ячмень	горох	овес	просо
СК-5 "Нива"	18,9	20,2	23,9	23,9	23,9	19
ДОН-1500	25,8	33,9	22,2	36,6	22,9	31,3

2.3.4 Расчет необходимого количества уборочной техники

Для расчета необходимого количества уборочной техники в напряженный период производим распределение культур, в зависимости от вида уборки, прямое или раздельное комбайнирование. Для этого составим табл. 2.5

Таблица 2.5

Распределение культур по способам уборки

Культура	Площадь уборки, га		
	Общая	в т.ч. прямое комбайнирование	в т.ч. раздельное комбайнирование
Озимая пшеница	1900	500	1400
Яровая пшеница	70	70	-
Ячмень	860	300	560
Овес	120	-	120
Горох	400	-	400
Всего	3350	870	2580

Потребное количество комбайнов определим по формуле

$$n = \frac{П_n}{Д \cdot В}; \quad (2.9)$$

где $П_n$ – суммарная площадь полей, га;

$Д$ – планируемое количество дней работы машины;

$В$ – средняя дневная выработка, га

Количество комбайнов при прямом комбайнировании, при $П_n = 830$ га, $В = 24,2$ га/день, из таблицы 2.2

Из условий наименьших потерь, а так же учитывая ограниченные материально-технические возможности хозяйства, планируем срок уборки $Д = 10$ дней

$$n = \frac{870}{10 \cdot 24,2} = 3,6 \text{ шт.}, \text{ принимаем } 4 \text{ комбайна.}$$

Количество комбайнов при подборе валков при $П_n = 2580$ га, $В = 24,8$ га/день, $Д = 15$ дней

$$n = \frac{2580}{15 \cdot 24,8} = 6,94 \text{ шт.}, \text{ принимаем } 7 \text{ комбайнов}$$

Всего для уборки хозяйству необходимо иметь 11 комбайнов ДОН-1500.

Для скашивания гороха в валки жаткой ЖРБ-4,2 при $П_n = 400$ га, $В = 14,7$ га/день, $Д = 5$ дней.

$$n = \frac{400}{5 \cdot 14,7} = 5,44 \text{ шт.}, \text{ принимаем } 6 \text{ жаток.}$$

Для скашивания зерновых в валки определяем количество жаток ЖВН-6А при $P_n = 2180$ га, $B = 19,1$ га/день, $D = 10$ дней

$$n = \frac{2180}{10 \cdot 19,1} = 11,41 \text{ шт.}, \text{ принимаем } 12 \text{ жаток.}$$

Для агрегатирования жаток, хозяйству необходимо иметь 18 комбайнов СК-5 «Нива» и Енисей-1200.

Всего в хозяйстве для скашивания в валки, прямого комбайнирования, подбора и обмолота валков необходимо в наличии иметь 33 комбайна.

2.3.5 Расчет количества транспортных средств, для вывоза зерна с полей от комбайнов

При групповой работе агрегатов транспорт закрепляется за всей группой. Расчет потребности в транспорте для непрерывной работы агрегатов может быть выполнен по средним величинам.

При наличии у агрегата технологической емкости, количество транспортных средств равно:

$$n_m = \frac{t_{об} \cdot n_k}{t_{\phi} \cdot n_{\phi}}, \quad (2.10)$$

где $t_{об}$ - среднее время оборота транспортного средства, мин;

n_k – количество технологических агрегатов в группе, шт;

t_{ϕ} – время заполнения технологической емкости и ее разгрузки, мин;

n_{ϕ} – количество технологических емкостей, вмещающихся в кузов транспортного средства, шт.

Среднее время оборота транспортного средства

$$t_{об} = t_{\partial z} + t_{\partial x} + t_z + t_p + t_{вз}, \quad (2.11)$$

где $t_{\partial z}$, $t_{\partial x}$, t_z , t_p , $t_{вз}$ – соответственно время движения с грузом и без груза, загрузки, разгрузки и взвешивания транспортного средства, мин

$$t_{\partial z} = \frac{60 \cdot S}{V_{\partial z}}; \quad t_{\partial x} = \frac{60 \cdot S}{V_{\partial x}}; \quad (2.12)$$

где S – расстояние на которое необходимо переместить груз, км

$V_{\partial z}$, $V_{\partial x}$ – скорость движения транспортного средства соответственно с грузом и без груза, км/ч.

Для выбора расстояния выберем наиболее удаленное от зернотока поле: расстояние составляет 14 км.

Скорость движения с зерном $V_{\partial z} = 25$ км/ч, без зерна $V_{\partial x} = 40$ км/ч [16]

$$t_{\partial z} = \frac{60 \cdot 14}{25} = 33,6 \text{ мин},$$

$$t_{\partial x} = \frac{60 \cdot 14}{40} = 21 \text{ мин.}$$

Время загрузки транспортных средств на поле составляет

$$t_z = t_{\partial} \cdot n_{\partial} + t_{\text{пер}} \cdot (n_{\partial} - 1), \quad (2.13)$$

где t_{∂} – время выгрузки технологической емкости агрегата, мин;

$t_{\text{пер}}$ – время переезда транспортного средства от одного комбайна к другому, мин

n_{∂} – количество емкостей до полной загрузки транспортного средства:

$$n_{\partial} = \frac{G_{\text{мп}}}{V_{\partial} \cdot \gamma_{\text{м}}}, \quad (2.14)$$

где $\gamma_{\text{м}}$ – плотность материала, км/м³;

$G_{\text{мп}}$ – грузоподъемность транспортного средства, кг;

V_{∂} – вместимость технологической емкости, м³.

Выбираем автомобиль ЗИЛ ММЗ-554М и комбайн Дон-1500:

$$\gamma_{\text{м}} = 780 \text{ км/м}^3; \quad [1]$$

$$G_{\text{мп}} = 5500 \text{ кг}; \quad [12]$$

$$V_{\partial} = 6 \text{ м}^3; \quad [12]$$

$$\text{тогда } n_{\partial} = \frac{5500}{6 \cdot 780} \approx 1,2;$$

$$\text{принимаем } t_{\text{пер}} = 3 \text{ мин} [11]$$

$$t_{\partial} = \frac{V_{\partial} \cdot \gamma_{\text{м}} \cdot l}{60 \cdot W_{\text{ш}}}, \quad (2.15)$$

где V_{∂} – объем бункера комбайна, м³;

λ – коэффициент заполнения бункера, $\lambda = 0,95$;

$W_{\text{ш}}$ – производительность выгрузного шнека, кг/с, ($W_{\text{ш}} = 40$ кг/с)

$$t_{\partial} = \frac{6 \cdot 0,95 \cdot 780}{60 \cdot W_{\text{ш}}} \approx 2 \text{ мин};$$

$$t_3 = 3 \cdot 1,2 + 2 \cdot (1,2 - 1) = 4 \text{ мин}$$

принимаем $t_p = 7,6$ мин, $t_{\text{вз}} = 4$ мин [11]

Время заполнения и выгрузки технологической емкости

$$t_{\text{об}} = t_m + t_{\text{в}}, \quad (2.16)$$

где t_m – время заполнения технологической емкости, мин;

$t_{\text{в}}$ – время выгрузки технологической емкости, мин.

$$t_m = \frac{V_{\text{об}} \cdot g_m \cdot l}{60 \cdot U_m \cdot B_p \cdot V_p}, \quad (2.17)$$

где U_m – урожайность культуры, кг/м³;

B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

V_p – рабочая скорость агрегата, м/с.

$$t_{\text{об}} = \frac{6 \cdot 0,95 \cdot 780}{60 \cdot 0,28 \cdot 5,58 \cdot 1,6} = 29,7 \text{ мин};$$

$$t_{\text{об}} = 29,7 + 2 = 31,9 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ооб}} = 33,6 + 21 + 4 + 7,6 + 4 = 70,2 \text{ мин.}$$

$$n_m = \frac{70,2 \cdot 11}{29,7 \cdot 1,2} = 21,67 \text{ шт.}$$

Полученное значение округляем в большую сторону, так как производительность технологических аппаратов определяет сроки выполнения полевых работ, и они не должны простаивать из-за недостатка транспортных средств. Поэтому принимаем 22 автомобиля.

2.3.6 Проектирование подготовки поля для уборки зерновых

Для оптимизации движения агрегата и рациональной организации труда выполняется проектирование подготовки поля.

При проектировании подготовки поля решают следующие задачи:

- выбор направления и способа движения;
- выбор вида поворота агрегата;
- расчет ширины поворотной полосы;
- определение ширины загона и их количества;
- оценка выбранного способа движения.

Рассмотрим подготовку на примере поля, имеющего неправильную форму с приблизительными размерами: 1700 х 675 м.

Движение агрегатов будет направлено вдоль большей стороны поля, так как основная обработка проводилась вдоль меньшей стороны в противоэрозийных целях.

Все расчеты будем проводить для комбайна Дон-1500.

Находим ширину поворотной полосы:

$$E_{min} = 1,1 \cdot R_0 + \varepsilon + d_k, \quad (2.18)$$

где R_0 – радиус поворота, м;

ε – длина выезда агрегата, м;

d_k – кинематическая ширина агрегата, м.

$$R_0 = r_0 \cdot k_r, \quad (2.19)$$

где r_0 – радиус поворота при скорости движения 5 км/ч;

k_r – коэффициент изменения радиуса поворота в зависимости от скорости движения агрегата на повороте.

$R_0 = 10$ м – радиус поворота комбайна Дон-1500. [1]

$$d_k = 0,5 \cdot b_0 \cdot n_0 + 0,5 = 0,5 \cdot 6 \cdot 1 + 0,5 = 3,5 \text{ м.}$$

$$\varepsilon = l_k, \quad (2.20)$$

где $l_k = 6$ – кинематическая длина агрегата, м

$$E_{min} = 1,1 \cdot 10 + 6 + 3,5 = 20,5 \text{ м.}$$

Определим фактическую ширину поворотной полосы. Вначале определим количество проходов агрегата для обработки E_{min}

$$n = \frac{E_{min}}{B_p}, \quad (2.21)$$

где B_p – рабочая ширина захвата, м

$$B_p = \beta \cdot b_k = 0,93 \cdot 6 = 5,58 \text{ м.}$$

$$n = \frac{20,5}{5,58} = 3,7$$

Полученное значение округляем до целого числа $n_0 = 4$

Тогда фактическая ширина поворотной полосы составит:

$$E_\phi = n_0 \cdot B_p, \quad (2.22)$$

$$E_\phi = 4 \cdot 5,58 = 22,3 \text{ м.}$$

Определяем оптимальную ширину загона:

$$C_{onm} = \sqrt{a \cdot B_p \cdot L_p}, \quad (2.23)$$

где L_p – рабочая длина гона, м;

α – коэффициент, зависящий от скорости движения, $\alpha = 2$. [16]

$$L_p = L_n - 2E_\phi, \quad (2.24)$$

где L_n – длина стороны поля, вдоль которой движется агрегат, м;

$$L_p = 1700 - 2 \cdot 22,3 = 1655,4 \text{ м.}$$

$$C_{onm} = \sqrt{2 \cdot 5,58 \cdot 1655,4} = 135,9 \text{ м.}$$

Находим количество загонов:

$$n_3 = B_n / C_{onm}, \quad (2.25)$$

где B_n – длина стороны поля, перпендикулярная движению агрегата, м;

$$n_3 = 675 / 135,9 = 4,97$$

отсюда принимаем $n_{30} = 5$, тогда фактическая ширина загонки

$$C_\phi = B_n / n_{30} = 675 / 5 = 135 \text{ м.}$$

Правильность выбора рационального способа движения агрегата оценивается коэффициентом рабочих ходов:

$$j = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (2.26)$$

где L_x – средняя длина холостого поворота агрегата на загоне, м

$$L_x = 1,7 \cdot R_0 + C_\phi / 2 + 2 \cdot \varepsilon = 1,7 \cdot 10 + 135 / 2 + 2 \cdot 6 = 96,5 \text{ м.}$$

$$j = \frac{1655,4}{1655,4 + 96,5} = 0,94.$$

Правильность разметки поля дает возможность проводить прямолинейные прокосы, что в свою очередь способствует прямолинейному движению агрегатов. В данном случае конфигурация поля получается прямоугольной, за счет уборки с более засоренных краев поля озимой пшеницы на корм скоту.

Разметку проводят учетчик с подсобным рабочим. При разметке пользуются двухметровыми окрашенными деревянными вешками, которые устанавливают по длине гона на расстоянии 300...400 м. друг от друга, при этом комбайнеру должно быть хорошо видно одновременно не менее двух вешек. Первую вешку ставят на расстоянии 5...8 м от края поля. Первый проход делает

наиболее опытный комбайнер. Предварительные прокосы и обкосы делают жатками ЖВН-6А.

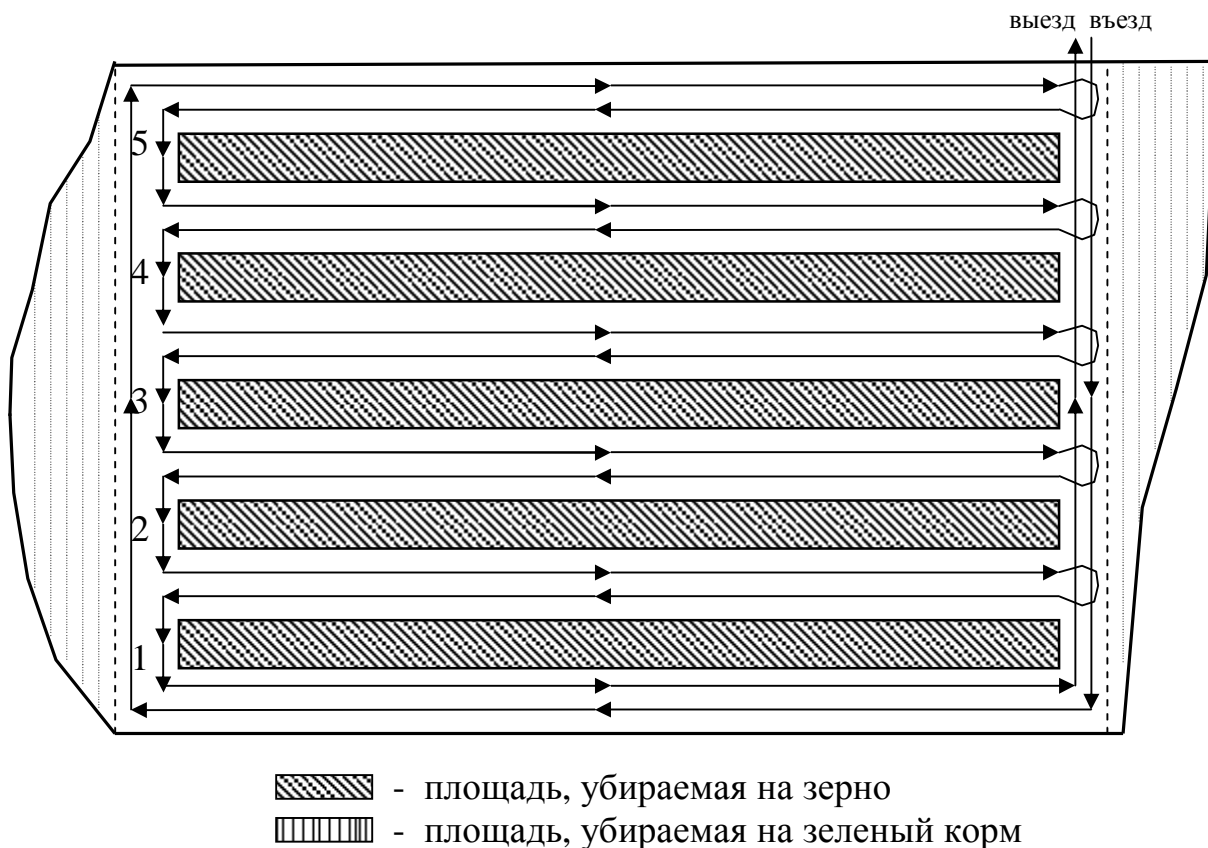


Рис 2.1 Схема движения прокосчика

Жатка начинает обкос около загона №1 на низком срезе (10...12 см), двигаясь вокруг всего поля против часовой стрелки. На одном конце загонов агрегат делает разворот и расширяет проход. Затем на конце загона переходит ко второму, таким образом поле разбивается на загонки.

При больших размерах хлебного поля противопожарные пропашки делают двойным проходом агрегата ДТ-75М + ПН-4-35.

Размер загонов должен быть не менее полной суточной производительности жатки или комбайна на прямой уборке. Последовательность движения комбайна в загоне показана на рис. 2.2

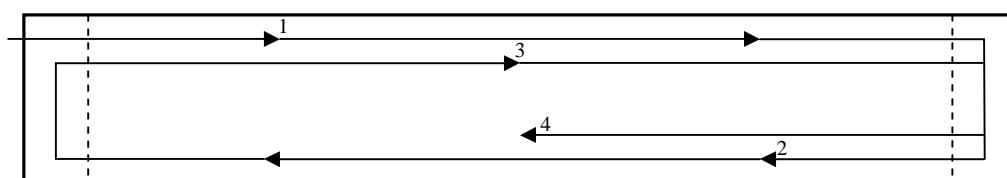


Рис 2.2 Схема движения комбайна в загоне

2.3.7. Расчет потребности СХА «XXXXXX» в семенном материале

Для посева культур на следующий год необходимо обеспечить хозяйство семенным материалом с учетом нормы высева и средней урожайности культур.

Произведем расчет потребности в семенах для основных зерновых культур. Озимая пшеница высевается с нормой высева 210 кг/га. Необходимо засеять озимой пшеницей 1900 га. Отсюда определяем требуемое количество семян

$$n = F \cdot A, \quad (2.27)$$

где F – норма высева семян, ц/га;

A – площадь посева, га.

$$n = 2,1 \cdot 1900 = 3990 \text{ ц.}$$

С учетом средней урожайности зерновых, посеянных на семенные цели, определим площадь, которую необходимо засеять, чтобы получить семенной материал на следующий год.

$$F_n = n / U, \quad (2.28)$$

где U – средняя урожайность семенного зерна в хозяйстве, ц/га.

$$F_n = 3990 / 32 = 124,7 \text{ га.}$$

Далее с учетом (2.27) и (2.28) производится расчет для остальных основных культур. Результаты заносятся в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Потребность в семенном материале

Показатели	Культура					
	озимая пшеница	яровая пшеница	ячмень	горох	овес	просо
Площадь посева, га	1900	70	860	400	120	190
Урожайность, ц/га	32	21	28	20	18	14
Норма высева, ц/га	2,1	2,1	2,0	2,8	1,8	0,4
Количество семян, ц	3990	147	1720	1120	216	76
Площадь под семена, га	124,7	7	61,4	56	12	5,4

Общая площадь под семенной материал составляет 266,5 га. Для уборки этой площади понадобится 2 комбайна, при этом нагрузка на один комбайн составит 133,2 га.

3. РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДОРАБОТКИ КОЛОСОВОГО ВОРОХА КОМБАЙНА ЕНИСЕЙ-1200-1, С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА НАИЛУЧШЕГО КАЧЕСТВА

3.1. Биологические особенности обмолота зернового колоса.

Известно, что наиболее спелое и биологически ценное зерно располагается в средней части колоса. Оно хорошо вымолачивается при небольшой частоте вращения барабана. При этом оно не травмируется. В верхней и нижней частях колоса находится менее ценное зерно, которое можно вымолотить только при высокой частоте вращения.

Это объясняется биологическими особенностями развития колоса, в котором зерно созревает неравномерно. Первым созревает наиболее крупное зерно, расположенное в середине колоса, и к моменту уборки оно имеет менее прочную связь с колосом, нежели зерно в верхней и нижней частях колоса. При скашивании хлебостоя такое зерно легко выбивается мотовилом, шнеком и наклонным транспортером, некоторая часть этого зерна оказывается вне зоны днища жатки и представляет потери свободным зерном жаткой. Установлено, что для вымолачивания зерна из средней части колоса нужно приложить силу, в 10, и более раз меньше силы, требуемой для вымолачивания зерна из нижней и верхней части колоса. Созревшие крупные зерна из средней части колоса, особенно когда хлебостой переставляет, осыпаются уже от ударов колосьев друг о друга, вызываемых ветром со скоростью 3...4 м/с, а тем более от ударов планок мотовила. Для полного обмолота зерна из нижней и верхней частей колоса требуется окружная скорость молотильного барабана до 32 м/с.

Существуют рекомендованные практикой окружные скорости для барабанов. В реальных условиях идут на компромисс, настраивая барабан таким образом, чтобы обеспечивать максимальный вымолот зерна при его минимальном повреждении (считается допустимым если дробление зерна для фуражных целей не превышает 2%, для семенных – 1%). При этом известно, что даже если зерно не дробится, то незаметные глазу травмы снижают его качество и уменьшают всхожесть, а семена, с поврежденным зародышем, практически нельзя определить и выделить на этапе сортировки.

3.2. Анализ существующих технологий и комбайнов с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством.

Зерновые комбайны создавались с учетом большей пропускной способности, такие как Дон-1500А, Б и др. с бильным молотильно-сепарирующим устройством, при этом, хотя потери зерна и удалось сократить, но повреждаемость увеличилась. Поэтому были изготовлены комбайны, рабочие органы которых принципиально отличаются от имеющихся, такие как СК-10, «Дон-Ротор», ДОН-2600, а также ряд комбайнов зарубежного производства с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами. [14]

Комбайны с роторными молотильно-сепарирующими устройствами имеют большую производительность, чем с классической схемой молотилки (при этом в три-пять раз меньше травмируется зерно, и потери у них так же более низкие). Наряду с рядом положительных качеств, прежде всего более высокой производительностью они и имеют и ряд недостатков: большая металлоемкость машин, что создает высокую техногенную нагрузку на почву и ведет к ее переуплотнению и снижению урожайности в последующие годы; плохая маневренность и приспособленность к уборке небольших площадей; высокая энергоемкость и стоимость машин.

Поэтому на данный момент времени, наибольшее развитие в России получили комбайны с классической конструкцией молотильно-сепарирующего устройства, в котором присутствует конструкция по доработке колосового вороха. Т.е. в основной массе зерно вымолачивается барабаном, а остальное – при помощи разнообразных устройств дополнительного обмолота.

Совершенствованию обработки колосового вороха уделяется внимание в практике комбайностроения как у нас в стране, так и за рубежом. Существуют многочисленные изобретения (патенты) в которых предложены разнообразные конструкции устройств по доработке колосового вороха. Предложенные схемы доработки вороха можно классифицировать по группам:

1. Устройства для обмолота колосового вороха основным барабаном;
2. Устройства, реализующие комбинированный способ обмолота колосового вороха;

3. Устройства для обмолота колосового вороха домолачивающим аппаратом с подачей вороха на очистку, соломотряс или очистку и соломотряс одновременно.
4. Устройства для обмолота колосового вороха домолачивающим аппаратом в едином потоке.

Как уже было сказано, зерноуборочные комбайны не в состоянии обеспечить полного вымолота зерна из колосьев. Часть колосков обрывается и попадает в молотильный аппарат для повторного обмолота.

У комбайна СК-4 был установлен отражатель впереди барабана, а также отбойный битей квадратного сечения. При постановке кольцевого отбойного битей на комбайне СК-4 колосовой ворох разделяется на два потока. Один (97%) подается на битей в зазор между верхней панелью молотильной камеры и барабаном, и направляется отражателем крышки люка барабана на хлебную массу, поступающую из приемной камеры в молотилку комбайна. Часть колосков обмолачивается и выделяется вместе с другими мелкими примесями через подбарабанье, а некоторое их количество выносятся на соломотряс. Второй поток (3%) из пространства между барабаном и отбойным битей подается на соломотряс. Постановка битей квадратного сечения на комбайне СК-4А позволила исключить второй поток, и весь ворох идет одним потоком в молотилку комбайна. Часть колосков повторно попадают в молотильный аппарат, обмолачиваются, а остальные воздушным потоком барабана выносятся из молотильного аппарата и после некоторого числа обращений попадают в бункер или выносятся вместе с полой.

В дальнейшем было предложено колосовой ворох для повторного обмолота направлять в молотильный зазор барабана (рис 3.1,в) или поперх основного потока хлебной массы в транспортер наклонной камеры жатки (рис 3.1, г).

Недостатком подобных схем является то, что необмолоченные колосья повторно направляются в молотильный аппарат и дополнительно загружают его, снижая при этом пропускную способность комбайна. Для того чтобы уменьшить дополнительную нагрузку, было предложено сделать окно с решеткой 2 (рис 3.1,д) для более интенсивного выделения зерна и мелкой фракции

колосового вороха решетка имеет волнистый профиль. Выделенное зерно через решетку 2 направляется по лотку на очистку, минуя молотильный аппарат.

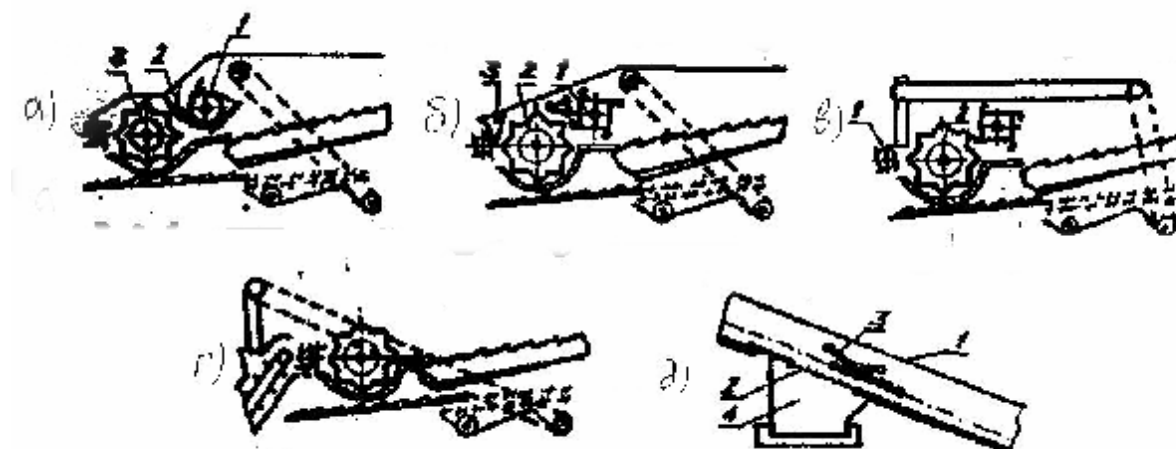


Рис 3.1 Устройства для обмолота колосового вороха основным барабаном

- а) 1 – отбойный битей; 2 – отражатель; 3 – барабан
- б) 1 – отбойный битей; 2 – отражатель; 3 – барабан
- в) 1 – приемный битей; 2 – барабан
- д) 1 – транспортер; 2 – решетка; 3 – пружина; 4 - лоток

А. Шпокас (8) предложил днище колосового элеватора заменить решетом, а под ним поставить дополнительный элеватор (рис 3.2). Зерно через решето поступает в дополнительный элеватор, который подает зерно в шнек, откуда оно поступает на стрясную доску.

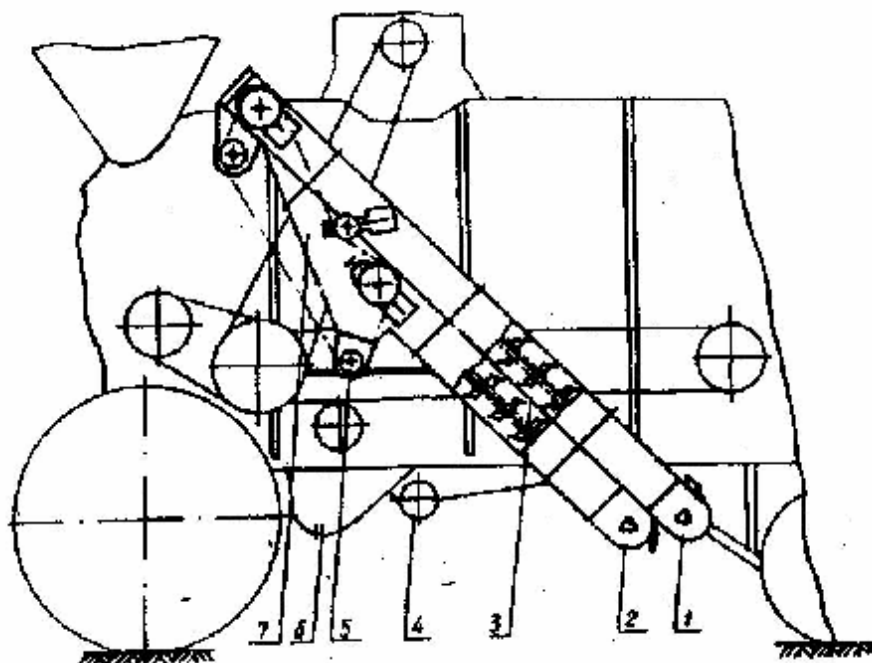


Рис 3.2 Колосовой элеватор с устройством для выделения зерна

- 1 и 2 – элеватор; 3 – решето; 4 – зерновой шнек; 5 – шнек; 6 – вентилятор; 7 – сборник

С целью снижения загрузки молотильного аппарата А. П. Тарасенко и др. (9) предложено устройство для доработки колосового вороха, позволяющего разделить его на две части (рис. 3.3).

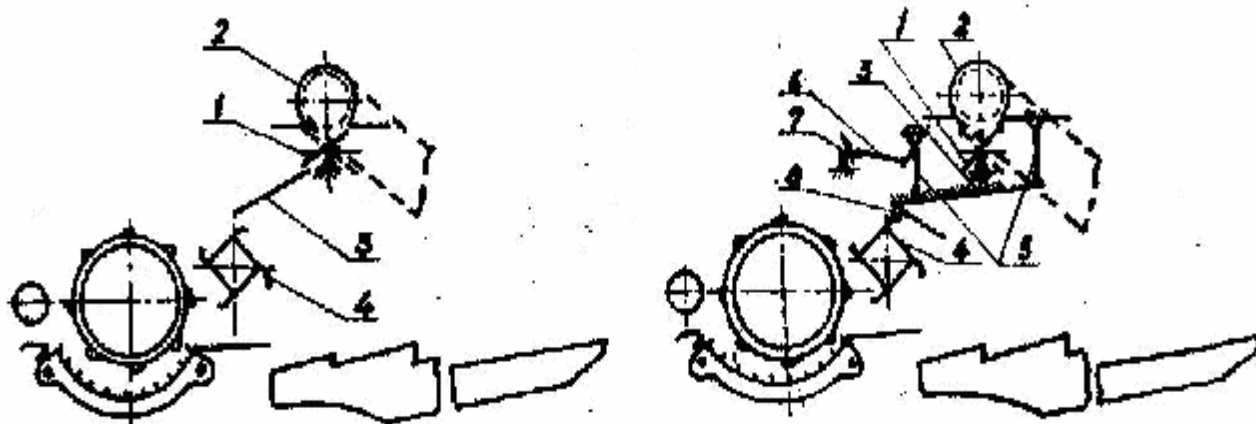


Рис 3.3 Устройства для изменения направления подачи колосового вороха и его разделения

1 – поворотная заслонка; 2 – колосовой шнек; 3 – решето; 4 – отбойный битер; 5 – подвески; 6 – шатун; 7 – кривошип; 8 – щиток.

Оно состоит из поворотной заслонки и решета. Поворотная заслонка закреплена на оси и может занимать два положения. Колосовой ворох шнеком 2 выбрасывается на поворотную заслонку. Если заслонка установлена в первом положении, то ворох направляется на решето 3, где он разделяется на две части. Обмолоченное зерно, попавшее в колосовой ворох, и мелкие примеси просыпаются сквозь решето и поступают на соломотряс и очистку. Недомолоченные колосья проходят по решету и подаются на битер, который направляет массу на повторный обмолот. Выделение обмолоченного зерна и мелких примесей до подачи вороха на повторный обмолот позволяет снизить дробление зерна в 2 раза.

Ко второй группе относится устройство для дополнительной переработки колосового вороха, расположенное в общем, с молотильным аппаратом, кожухе и установленное в верхней его части под малым колосовым шнеком 1 (рис 3.4), и которое выполнено в виде встречно вращающихся валцов 2 с установленной под ними поворотной заслонкой 3 и дополнительного подбарабана 5 бильного барабана.

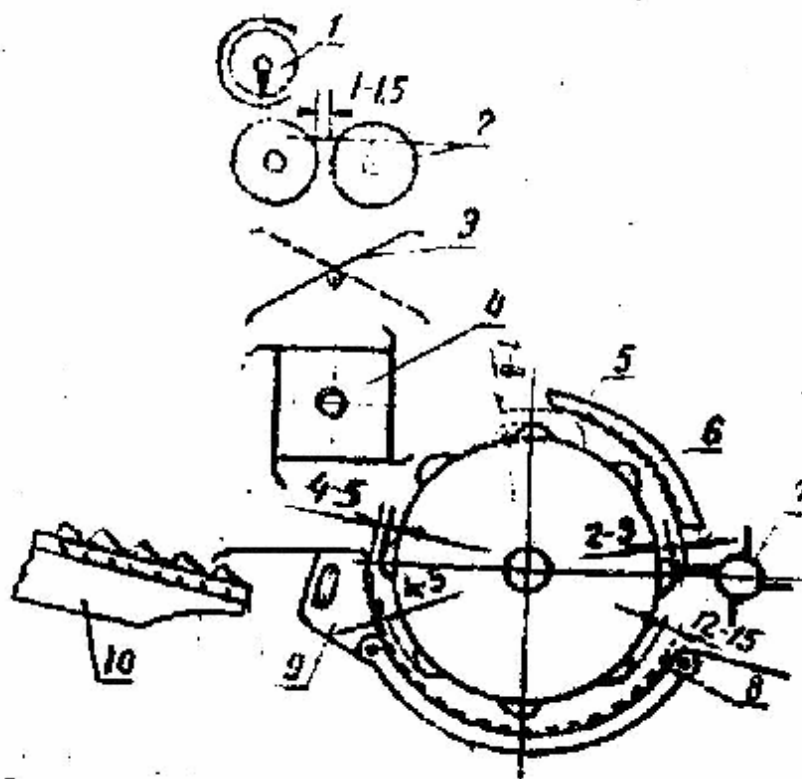


Рис 3.4 Устройство для комбинированного обмолота колосового вороха
 1 – колосовой шнек; 2 – вальцы; 3 – заслонка; 4 – отбойный битей; 5 – дополнительное подбарабанье; 6 – барабан; 7 – приемный битей; 8 – дека.

Этим устройством можно обработать по трем схемам. В первом случае недомолоченный продукт транспортирующими органами подается в малый колосовой шнек 1, а затем – к встречно вращающимся вальцам, и дополнительно перетираются ими. Выделенное зерно и солома по заслонке направляются в соломотряс. Вторая и третья схемы применимы при увлажненной хлебной массе. Первая схема относится к третьей группе домолачивающих устройств, когда ворох из домолачивающего устройства направляется на соломотряс. Преимущество этой схемы состоит в том, что колосовой ворох не загружает основной молотильный аппарат. Недостатком является то, что при нормальной подаче хлебной массы в молотильный аппарат, а так же при поступлении на соломотряс увеличенного количества измельченной соломы колосовой ворох дополнительно загружает соломотряс. В результате увеличиваются потери свободного зерна в солому.

К третьей группе устройств, получивших наибольшее распространение, можно отнести следующий ряд конструктивных решений (рис 3.5).

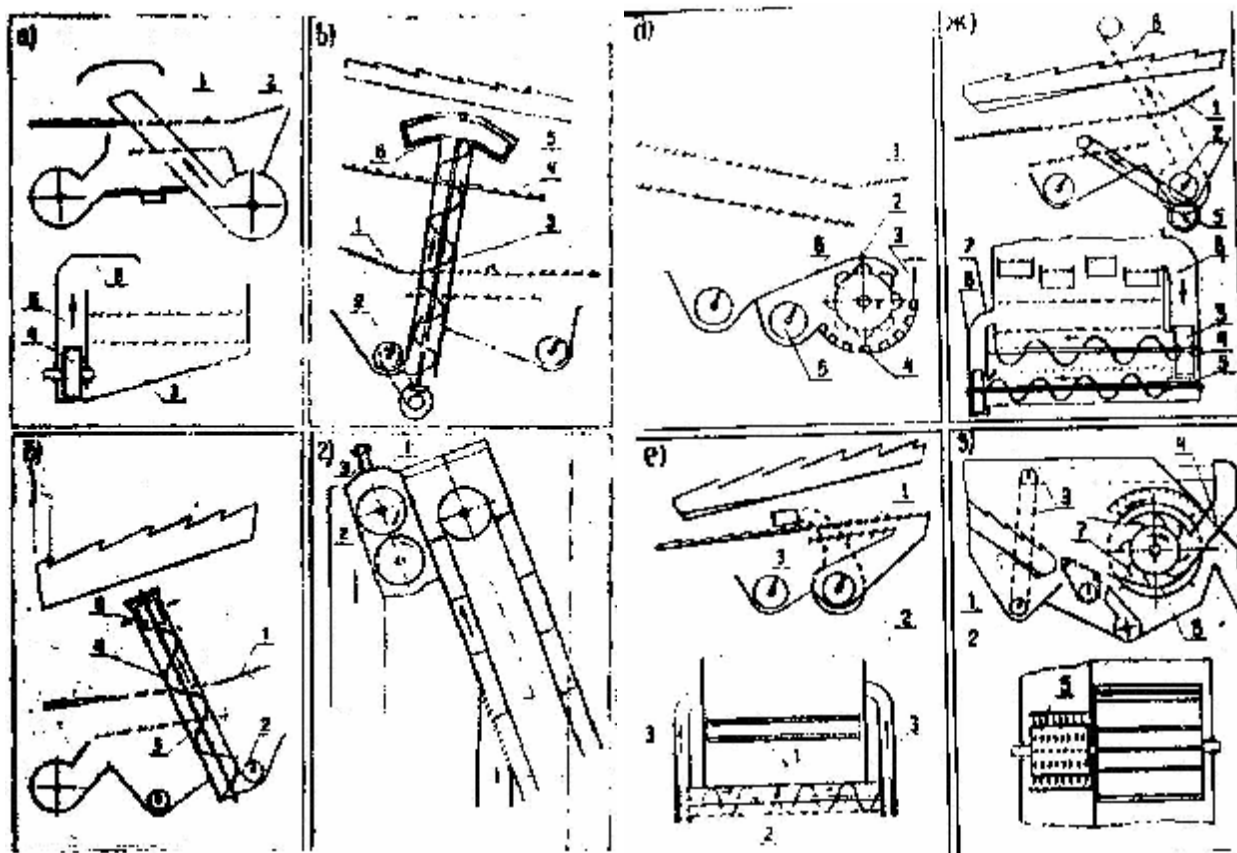


Рис 3.5. Устройства для обмолота колосового вороха домолачивающим аппаратом

- а) 1 – решето очистки; 2 – решетка; 3 – собирающая камера; 4 – вентилятор; 5 – возвратный канал; 6 – дефлекторная пластина
 б) 1 – решетка; 2 – домолачивающее устройство; 3 – шнек; 4 – шероховатая поверхность; 4 – лопатка
 в) 1 – решетка; 2 – горизонтальный шнек; 3 – наклонный шнек; 4 – транспортирующая доска; 5 – домолачивающее устройство; 6 – волнистая поверхность
 г) 1 – корпус; 2 – вальцы; 3 – нажимное устройство
 д) 1 – решетка; 2 – бильный барабан; 3 – клапан; 4 – подбарабанье глухого типа; 5 – транспортирующий шнек; 6 – кожух
 е) 1 – решетка; 2 – шнек; 3 – вентилятор
 ж) 1 – решетка; 2 – обмолачивающий ротор; 3 – вентилятор; 4 – решетчатое подбарабанье; 5 – шнек; 6 – вентилятор; 7 и 8 – транспортирующие каналы
 з) 1 – желоб; 2 – шнек; 3 – транспортирующие органы; 4 – патрубок; 5 – молотильный барабан; 6 – подбарабанье; 7 – гибкие элементы.

В Англии (15) предложено устройство (рис 3.5,а), включающее решетку 8 собирающую камеру 3, вентилятор 4 всасывающего действия, возвратный клапан 5 и дифлекторную пластину 6. Колосовой ворох проходит по решету 1 очистки комбайна и через решетку 2 выделяется в собирающую камеру 3, а из нее в камеру вентилятора 4. Отсюда ворох лопастями вентилятора подается через возвратный канал 5 на дифлекторную пластину. Взаимодействуя с лопастями вентилятора и дифлекторной пластиной, необмолоченный продукт домолачи-

вается. Также в Англии была предложена и другая конструкция (рис 3.5,б). Выделенные на решетке 1, колоски шнеком подаются в домолачивающее устройство. Проходя между шнеком 3 и шероховатой поверхностью 4, колоски обмолачиваются, а затем лопатками 5 обмолоченный продукт подается снова на очистку комбайна. В Англии предложено и еще одно устройство (17) (рис 3.5,в), состоящее из решетки 1, горизонтального шнека 2, наклонного шнека 3, домолачивающего устройства 5, перепускного канала, транспортирующей доски 4. Колосовой ворох, выделенный на решетке 1, горизонтальным и наклонным шнеками подается в камеру домолота. Перетирающие стержни, взаимодействуя с каналами, обмолачивают их на конусной поверхности.

Б. Кутепов и др. (2) предлагают домолачивающее устройство (рис. 3.5,г), состоящее из корпуса 1, двух обрезанных валцов 2, смонтированных на подшипниках направляющих и нажимного устройства 3, регулирующего степень сжатия обмолачиваемой массы. При проходе между валцами ворох сжимается, связь зерна с колосьями нарушается, и они выделяются.

Для обмолота колосового вороха в Германии (13) предложено устройство (рис 3.5,д), при работе которого ворох выделяется через решетку и попадает в приемную камеру домолачивающего устройства. Проходя через молотильный зазор колоски обмолачиваются.

В Англии (12) предложено недомолоченные колоски домолачивать шнеком (рис 3.5,е), имеющим правое и левое направление витков. Колосовой ворох выделяется на решетке 1 очистки и подается на домолачивающий шнек, шнеком колоски перетираются и ворох направляется на решета очистки.

С целью снижения загрузки комбайна в нашей стране предложено для дополнительного обмолота колосьев разделять колосовой ворох на две части. Мелкий ворох с зерном направляется на очистку, а крупный не содержащий зерна на соломотряс (рис 3.5,ж).

К преимуществам схем с автономной домолачивающей системой можно отнести следующее: не перегружается основной молотильный аппарат, что способствует увеличению производительности комбайна, снижению травмирова-

ния зерна. Недостатком является то, что продукты обмолота колосового вороха подаются вторично на очистку или на соломотряс.

Р. Э. Арнольд предложил домолачивающий аппарат устанавливать параллельно основному (рис 3.5,з). Устройство содержит транспортирующие органы 3, патрубков 4, молотильный барабан 5 и подбарабанье 6 глухого типа. Домолачивающее устройство расположено в концевой части основного молотильного барабана. Домолачивающий барабан отличается от основного барабана тем, что имеет гибкие лопатки из прорезиненного материала, вместо железных уголков. Эти лопатки за счет их гибкости и большей относительной длины обеспечивают контакт с рабочей поверхностью подбарабанья. Колосовой ворох, выделяемый на очистке комбайна, шнеком 2 и другими транспортирующими органами подается на домолачивающее устройство, где происходит обмолот. Недостатком является то, что часть ширины молотилки занимает домолачивающее устройство, а это уменьшает пропускную способность комбайна.

К этой же группе можно отнести и устройство, для раздельного сбора и обработки вороха поступающего с соломотряса и очистки (рис 3.6).

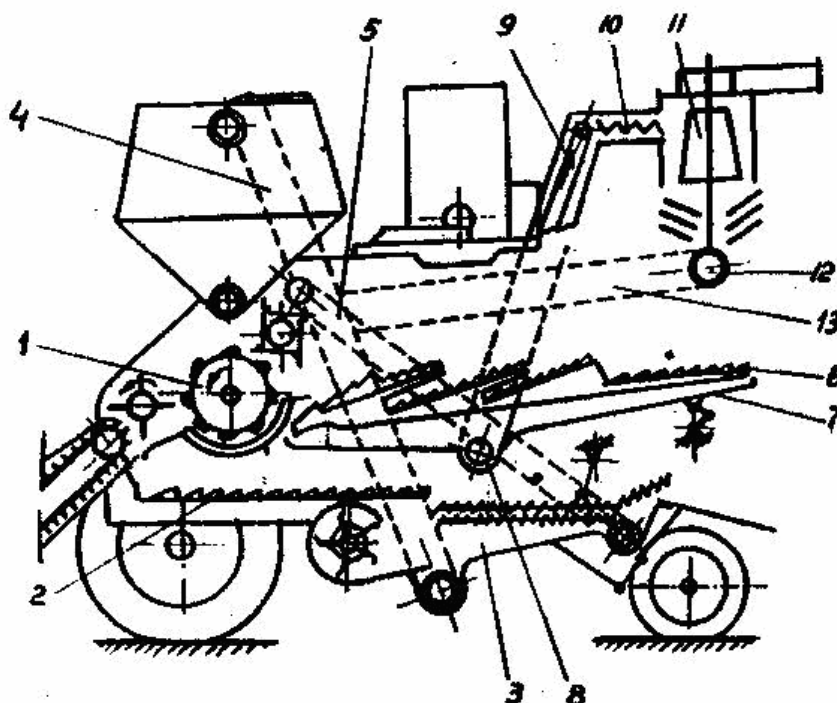


Рис 3.6 Молотильно-сепарирующее устройство

1 – молотильный аппарат; 2 – стрясная доска; 3 – ветро-решетная очистка; 4 и 5 – элеваторы; 6 – соломотряс; 7 – сборник мелкого вороха; 8 – транспортер; 9 – элеватор; 10 – приемник; 11 – домолачивающее устройство; 12 – приемник зерна; 13 – элеватор.

В Германии предложены устройства для обмолота колосового вороха до-молачивающим аппаратом в едином потоке (рис 3.7,а и 3.7,б).

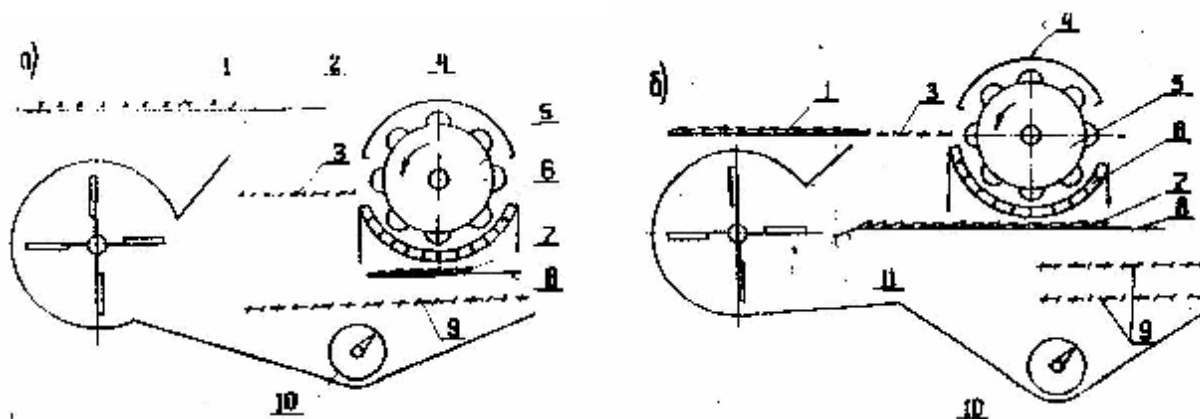


Рис 3.7 Устройство для обмолота колосового вороха

а) 1 – транспортная доска; 2 – удлинитель; 3 – решетчатая часть; 4 – кожух; 5 – бильный барабан; 6 – подбарабанье; 7 – транспортная доска; 8 – пальцевая решетка; 9 – решето; 10 – шнек; 11 – воздушная заслонка.

Здесь продукты обмолота проходят по транспортной доске очистки комбайна, зерно выделяется на решетной части 3, а необмолоченные колоски попадают в домолачивающее устройство. Выделенное зерно и солома направляются на транспортную доску 7 и вместе с зерном, выделенным на решете 3, попадают на решето 9. Чистое зерно транспортируется шнеком 10, а солома выводится воздушным потоком из комбайна. Преимущество устройства в том, что колосовой ворох проходит очистку один раз. Однако оно занимает место в начале решета, что требует довольно значительного изменения конструкции комбайна.

Большинство вышеприведенных схем позволяет снизить травмирование зерна за счет более мягких, «щадящих» режимов работы молотильного барабана (иными словами, чтобы уменьшить травмирование, выгодно снизить частоту вращения барабана). Тогда колосья не будут обмолачиваться полностью. Так совершенно «безопасна» окружная скорость до 20 м/с., но она не обеспечивает обмолот. Поэтому в практике пользуются частотой вращения, при которой и дробление и недомолот получаются относительно наименьшими. А нельзя ли для посевных целей обмолачивать хлебную массу при малой частоте вращения барабана? Оказывается, можно.

Учеными Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства (ВИИМ) Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ) был предложен двойной обмолот двухбарабанным молотильным аппаратом. Первый барабан вымолачивает зерно только из средней части. Оно через деку отводится в первый бункер. Второй барабан домолачивает колосья, в верхней и нижней частях которых, остается менее ценное зерно, обычно мелкое и щуплое, которое затем поступает во второй бункер.

Эта идея была частично использована конструкторами Красноярского комбайнового завода при создании комбайна СКД-5 «Сибиряк». В этом комбайне применено двухбарабанное молотильно-сепарирующее устройство. Здесь первый барабан работает при пониженной частоте вращения и увеличенных зазорах (частота вращения первого барабана должна быть меньше частоты вращения второго барабана на $200..300 \text{ мин}^{-1}$, а молотильные зазоры на $3...4 \text{ мм}$ больше). Вымолоченное, наиболее ценное зерно выходит через деку. Между барабанами действуют промежуточный битер и сепарирующая решетка. Они тоже выделяют около 5 % зерна.

Второй барабан работает на жестком режиме. Это значит, что его частота вращения высокая (например, для пшеницы $1050...1200 \text{ мин}^{-1}$). Зазоры между ним и декой малые – на выходе $3...6 \text{ мм}$, на входе $15...18 \text{ мм}$. Дека второго барабана сепарирует от 15 до 20 % зерна. Следовательно, на долю соломотряса приходится лишь 5...10%, т. е. меньше, чем в однобарабанном молотильном аппарате. Это дало возможность укоротить клавиши.

Двухбарабанное устройство применено в комбайне «Сибиряк» не для выделения биологически наиболее ценного зерна. Здесь были достигнуты следующие цели: уменьшить механическое повреждение зерна; увеличить производительность комбайна; иметь возможность надежно убирать влажные хлеба.

Данная схема получила продолжение в комбайне следующего поколения «Енисей-1200» с двухбарабанным молотильным устройством. Помимо двухбарабанных модификаций, семейство комбайнов «Енисей» включает в себя «Енисей-1200-1» с одним барабаном, который максимально унифицирован с основной моделью (данная модификация имеется в хозяйстве в количестве двух

единиц). Комбайн «Енисей» интересен тем, что подбичники у него менее высокие чем, например, у комбайнов ДОН-1500 и СК-5 «Нива» и с более пологой лобовой поверхностью. Такая конструкция позволяет обеспечить более «мягкий» обмолот зерна, и снизить его травмирование.

3.3. Технологический процесс работы комбайна

Технологический процесс работы комбайна на прямом комбайнировании протекает следующим образом (рис 3.8)

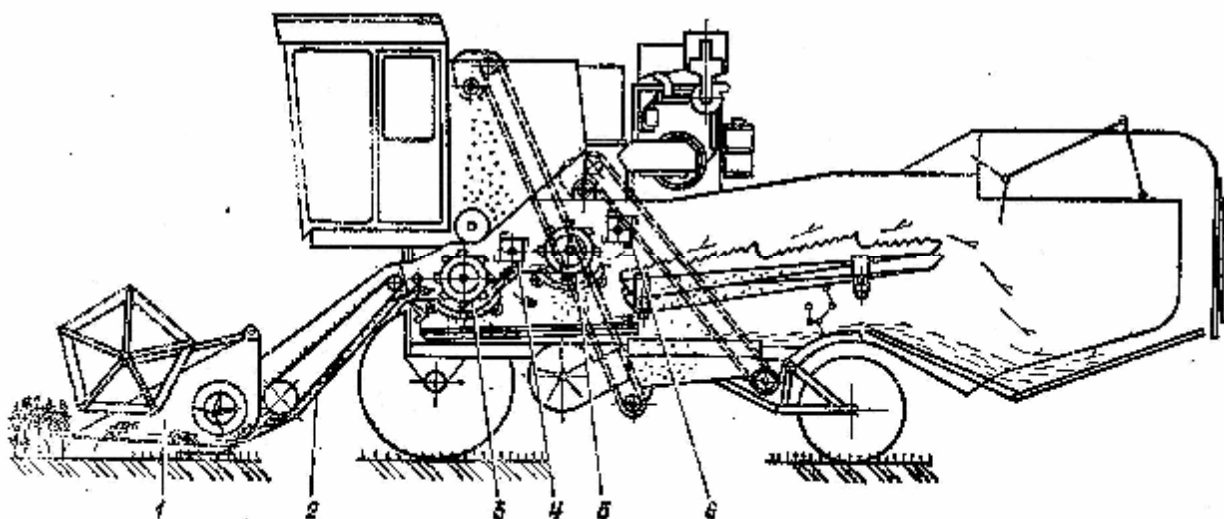


Рис. 3.8. Схема технологического процесса в комбайне «Енисей»

1 – корпус жатки; 2 – корпус наклонной камеры; 3 – первый барабан; 4 – промежуточный бичер; 5 – второй барабан; 6 – отбойный бичер.

Хлебная масса при движении комбайна лопастями мотовила подводится к режущему аппарату. Срезанные стебли планками мотовила укладываются на платформу жатки, а затем шнеком перемещаются к центральной части, где имеется пальчиковый механизм.

Пальчиковый механизм направляет их к приемному бичеру молотилки. Поступившая от бичера под первый молотильный барабан масса проходит первую ступень обмолота. Первый барабан, отрегулированный на меньшую чем второй барабан частоту вращения и больший зазор между бичами и планками подбарабанья, вымолачивает и сепарирует через подбарабанье, в основном, наиболее спелое и крупное зерно. Из первого молотильного барабана хлебная масса направляется на промежуточный бичер, который воздействует лопастями на слой хлебной массы, выделяет через промежуточную решетку получен-

ное зерно и направляет слой не полностью обмолоченной хлебной массы в молотильный зазор второго барабана.

Второй барабан, отрегулированный на большую чем первый частоту вращения и меньший молотильный зазор, производит окончательный вымолот зерна из хлебной массы, выделение зерна через подбарабанье второго барабана.

Затем хлебная масса отбойным битером подается на решетку второго подбарабанья и далее на соломотряс, где идет окончательное отделение зерна.

Соломистый ворох выносится соломотрясом в измельчитель, а зерновой ворох, попадающий на очистку через решетные поверхности подбарабанья и соломотряса, состоит из необмолоченных колосьев, свободного зерна и незерновых компонентов, собирается на стрясной доске очистки, подается на верхнее жалюзийное решето, где происходит его разделение. Часть зерна просыпается на нижнее решето очистки, а остальное идет сходом на удлинитель. Необмолоченные колосья через решето не просыпаются и поступают на удлинитель. На удлинителе большая часть свободного зерна и необмолоченных колосьев просыпаются и поступают в колосовой шнек, а оставшееся зерно идет сходом в измельчитель и теряется. На нижнем решете зерно просыпается и идет в зерновой шнек и далее в бункер, а небольшая его часть сходом в колосовой шнек. Легковесные примеси выносятся воздушным потоком в измельчитель. Масса, попадая в колосовой шнек, транспортируется им в колосовой элеватор. Колосовым элеватором ворох, состоящий из необмолоченных колосьев и свободного зерна, подается в домолачивающее устройство, где колосья дополнительно обмолачиваются и попадают на повторную очистку.

Отличие в конструкции модификации комбайна «Енисей-1200-1» состоит только в том, что он имеет только один барабан (который вращается с частотой близкой к частоте вращения второго барабана «Енисей-1200») и, следовательно, соломистый ворох попадает из него непосредственно на удлиненные клавиши соломотряса.

В связи с недостатками вышеуказанных способов предлагается разделить зерно, получаемое от обмолота основным барабаном и домолачивающим устройством, путем выделения необмолоченного колосового вороха в прицеп.

3.4. Описание предлагаемой конструкции

3.4.1. Изменения в конструкции комбайна

Предлагаемый комбайн предназначен для работы на семенных участках и получения семенного материала зерновых, зернобобовых и крупяных культур.

Изменения в конструкции, по сравнению с базовой, заключаются в следующем:

- в комбайне установлен колосовой шнек аналогичный базовому, но имеющий противоположную навивку (левую). Он приводится в движение цепью колосового элеватора, работающего «вхолостую».
- на выходном отверстии колосового шнека установлен вентилятор, транспортирующий массу, выходящую из колосового шнека по колосопроводу в прицеп 2ПТС-4, агрегатируемый с комбайном. Конструктивно вентилятор состоит из сварного корпуса, крылача вентилятора, установленного на валу подшипниковой опоры, которая в свою очередь присоединяется к передней (съемной) крышке корпуса вентилятора при помощи болтового соединения. Снятие передней крышки позволяет легко произвести очистку вентилятора в случае его забивания.
- вентилятор приводится в движение посредством ременной передачи от заднего контрприводного вала, но не непосредственно, а через промежуточный контрприводной вал. Контрприводной вал крепится к раме комбайна посредством пластины с прорезями, позволяющими регулировать его положение, т. е. он является натяжным устройством для ремней.
- для привода вентилятора изменена также конструкция шкива установленного на заднем контрприводном валу. Вместо одноручьевого шкива, установлен двухручьевого, с разным расчетным диаметром ручьев.

3.4.2. Переоборудование комбайна.

Переоборудование комбайна состоит из следующих операций:

- 1) так как ворох будет подаваться в правую сторону, то изменяется конструкция правого подшипникового узла, т.е. устанавливается новый корпус правого подшипника для вала колосового шнека, а старый вместе с флянцем удаляется посредством сварочных и слесарных операций.

- 2) устанавливается двухручьевый шкив на вал заднего контрпривода
- 3) вынимается шнек с правой навивкой и на его место устанавливается шнек с левой навивкой.
- 4) на выходе колосового шнека устанавливается корпус вентилятора, который крепится с помощью болтовых соединений к раме комбайна;
- 5) устанавливается труба колосопровода, которая так же крепится болтами к выходному отверстию корпуса вентилятора и к измельчителю;
- 6) к раме комбайна крепится опорная плита контрпривода вентилятора, на ней крепится стойка с прорезями позволяющими изменить положение контрпривода вентилятора по отношению к валу вентилятора и заднего контрпривода, и тем самым регулировать натяжение ремней;
- 7) производится установка ремней и регулировка их натяжения.

В дальнейшем комбайн может использоваться на обмолоте зерна не для семенных целей. Для этого производится обратное переоборудование, при котором приводные ремни вентилятора снимаются и шнек меняется на стандартный.

3.4.3. Изменения в технологическом процессе работы комбайна.

В связи с вышеприведенными, конструктивными изменениями, в технологическом процессе так же происходят следующие изменения:

- 1) колосовой шнек с левой навивкой вместо подачи вороха в элеватор (т.е. в левую сторону), направляет его в противоположную (правую) сторону, в полость загрузки вентилятора.
- 2) вентилятор, вращаясь с большой скоростью, воздушным потоком выносит недомолоченные колосья, свободное зерно и прочие остатки по трубе колосопровода в прицепленный к комбайну прицеп 2ПТС-4.
- 3) после наполнения прицеп 2ПТС-4 отцепляется и прицепляется порожний. Прицеп с массой транспортируется трактором МТЗ-80. При этом целесообразно использовать один трактор МТЗ-80 в качестве вспомогательного агрегата для двух комбайнов, работающих на одном поле.

В дальнейшем полученный колосовой ворох можно использовать на корм скоту, или обмолотить на стационарном пункте.

4. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ

4.1. Технологический и конструктивный расчет винтового конвейера

4.1.1. Технологический расчет шнека.

Исходными данными для расчета является производительность, характеристика транспортируемого груза, длина перемещения и угол наклона [8].

Диаметр и шаг винта определяется по заданной производительности, которую можно записать в виде:

$$Q_p = 3,6 \cdot F \times v \times r_m, \quad (4.1)$$

где Q – производительность, т/ч;

F – площадь поперечного сечения груза в желобе, м²;

v – скорость груза, м/с;

r_m – плотность соломы с половой, кг/м³.

Площадь поперечного сечения груза в желобе с учетом коэффициента заполнения желоба y будет [8]:

$$F = \frac{p \cdot D_s^2}{4} \cdot y, \quad (4.2)$$

где D_s – диаметр винта, м

y – коэффициент заполнения желоба, $y = 0,25$ [8]

Скорость перемещения груза вдоль оси вала S и частоты его вращения n ,

$$v = (S \times n) / 60 \quad (4.3)$$

Подставим в формулу (4.1) значения F и v получим:

$$Q_p = 3,6 \cdot \frac{p \cdot D_s^2}{4} \cdot y \cdot \frac{S \cdot n}{60} \cdot r_m, \quad (4.4)$$

$$Q_p = 0,047 \times D_s^2 \times S \times n \times r_m,$$

В формулу производительности входят три параметра шнека, которые необходимо определить, чтобы найти диаметр шнека, надо уравнение (4.4) решить относительно D_s , задавшись двумя другими величинами S , n .

Обычно шаг винта определяют в зависимости от диаметра винта [8], т. е.

$$S = K_s \times D_s, \quad (4.5)$$

где $K_s = 0,8 \dots 1,0$ для сыпучих, зернистых и гранулированных грузов [8] тогда

$$Q_p = 0,047 \times K_s \times D_s^3 \times n \times r_m \times y, \quad (4.6)$$

отсюда:

$$D_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{Q_p}{0,047 \cdot K_{\varepsilon} \cdot n \cdot r_m \cdot y}}, \quad (4.7)$$

Из условий работы молотильного аппарата необходимо найти производительность шнека.

Производительность комбайна Енисей-1200-1 оценим по пропускной способности, т.е. $Q_k = 8,6$ т/ч (при соотношении массы зерна к соломе 1 : 1,5) или $q = 6$ кг/с.

Шнек передвигает недомолоченные колосья, свободное зерно и некоторое количество соломистой массы:

$$Q_p = (0,25 \dots 0,3) \cdot Q_k,$$

$$Q_p = 0,25 \cdot 8,6 \approx 2,5 \text{ т/ч}$$

Плотность колосового вороха приблизительно равна $r_m = 200 \dots 300 \text{ м}^3$.

$$D_{\varepsilon} = \sqrt[3]{\frac{2,5}{0,047 \cdot 0,9 \cdot 345 \cdot 250 \cdot 0,25}} = 0,14 \text{ м.}$$

по ГОСТ 2037-75 выбираем диаметр $D = 150$ мм. [8]

Частота вращения винта зависит от перемещаемого груза, максимальную частоту (мин^{-1}) можно определить по эмпирической зависимости [8]

$$n_{\max} = \frac{A_{\varepsilon}}{\sqrt{D_{\varepsilon}}}, \quad (4.8)$$

где A_{ε} – коэффициент, который выбирают в зависимости от транспортируемого груза [8]:

$$n_{\max} = \frac{140}{\sqrt{0,16}} = 350 \text{ мин}^{-1},$$

получим: $n = 345 \text{ мин}^{-1} < n_{\max} = 350 \text{ мин}^{-1}$.

Определим шаг винта по формуле (4.5)

$$S = 1 \cdot 0,15 = 0,15 \text{ м.}$$

Угол наклона винтовой линии

$$\gamma = \arctg (S / D) = 45^{\circ}.$$

Потребность мощности (кВт) на валу винта для горизонтального конвейера определяется по следующей формуле:

$$N = Q_p / 367 \times L \times w_0' \quad (4.9)$$

где L - длина транспортирования, м.

w_0' - коэффициент сопротивления перемещения груза, $w_0' = 1,3$

$$N = 2,5 / 367 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 1,063 \text{ кВт.}$$

4.1.2. Конструкционный расчет шнека

Для прочностного расчета элементов винтового конвейера необходимо знать величину крутящего момента T на валу винта и осевой силы P , действующей на него.

Величину крутящего момента (Н · м) можно определить:

$$T = N_0 / w \quad (4.10)$$

где $w = p \times n / 30 = 3,14 \cdot 345 / 30 = 36,1 \text{ с}^{-1}$,

$$T = 1,063 \cdot 10^3 / 36,1 = 29,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Осевая сила P находится по формуле:

$$F_a = T / (r \times \text{tg} (c + r)) \quad (4.11)$$

где r – приведенный радиус, т.е. радиус на котором действует сила P , ориентировочно $r = (0,7 \dots 0,8) \cdot D_b / 2$ [8]

c - угол подъема винтовой линии на радиус r , принимаем $\chi = 20^\circ$

r - угол трения груза о поверхность винта, при $f = 0,3$, $r = \arctg f = 17^\circ$

$$F_a = 29,4 / 0,06 \cdot \text{tg} (20 + 17) = 650,25 \text{ Н}$$

Расчет выполняем по двум направлениям (вдоль осей x и y):

1) Сложное сопротивление от скручивающего момента T , и изгибающего на длине между опорами M [10].

2) На продольное сжатие (растяжение) от силы P , действующей на радиусе r

1.) Приблизительно оценим диаметр вала шнека при $[t] = 15 \text{ МПа}$.

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [t]}} \quad (4.12)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{29,4 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 21,4 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр вала $d = 25 \text{ мм}$.

Определяем радиальную нагрузку на выходном конце вала под звездочкой цепной передачи по формуле:

$$F_M = 125 \cdot \sqrt{T} \quad (4.13)$$

$$F_M = 125 \cdot \sqrt{29,4} = 677,77 \text{ Н.}$$

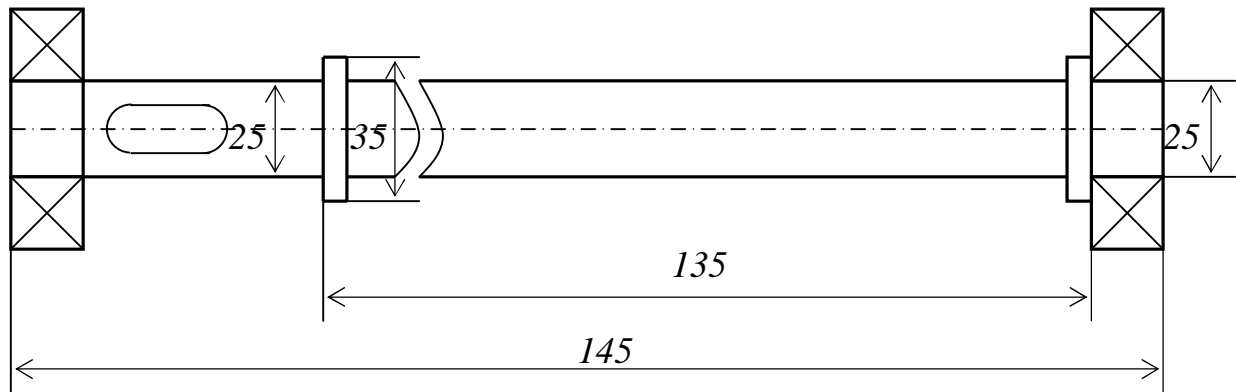


Рис. 4.1. Вал винтового конвейера (шнека)

Принимаем вес шнека 25 кг, тогда равномерная нагрузка на длине l составляет:

$$q = 25 \cdot 9,81 / 1,35 = 181,67 \text{ Н/м.}$$

Определяем реакции в опорах и строим эпюры изгибающих и крутящих моментов (рис. 4.2). При F_M , направленном в противоположную сторону действия силы q (худший случай).

Находим реакции опор

$$\Sigma M_B = 0$$

$$q \cdot (1,35^2 / 2) - F_M \cdot 1,35 + R_A \cdot 1,45 = 0$$

$$R_A = (-181,67 \cdot (1,35^2 / 2) + 677,77 \cdot 1,35) / 1,45 = 516,86 \text{ Н.}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$-R_A + F_M - q \cdot 1,35 + R_B = 0$$

$$R_B = -677,77 + 181,67 \cdot 1,35 + 516,86 = 84,34 \text{ Н.}$$

Строим эпюру изгибающих моментов:

$$M_{Z1} = R_A \times z_1 \quad 0 \leq z_1 \leq 0,1$$

$$z_1 = 0 \quad M_{Z1} = 0$$

$$z_1 = 0,1 \quad M_{Z1} = 516,86 \cdot 0,1 = 51,69 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{Z2} = -R_B \times z_2 + q \times z_2^2 / 2 \quad 0 \leq z_2 \leq 1,35$$

$$z_2 = 0 \quad M_{Z2} = 0$$

$$z_2 = 1,35 \quad M_{Z2} = -84,34 \times 1,35 + 181,67 \times 1,35^2 / 2 = 51,69 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

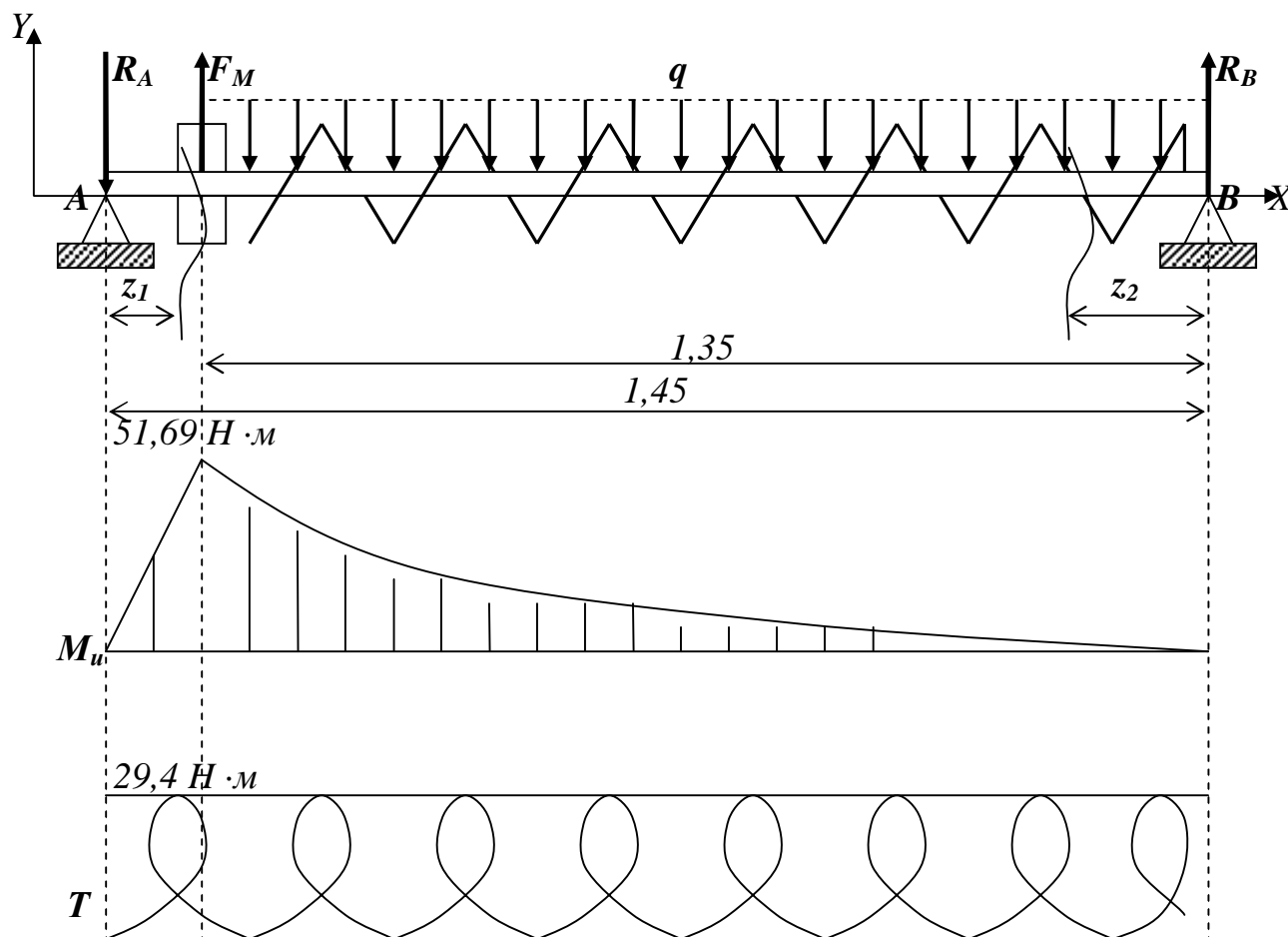


Рис. 4.2. Расчетная схема для вала винтового конвейера

Проверяем вал на прочность для выбранного диаметра при сложном сопротивлении.

Нормальные напряжения (изгиба)

$$s_{max} = M_{max} / W \quad (4.14)$$

$$W = p \times d^3 / 32 \quad (4.15)$$

$$W = 3,14 \cdot 25^3 / 32 = 1,53 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$s_{max} = 51,69 \cdot 10^3 / 1,53 \cdot 10^3 = 33,78 \text{ МПа}$$

Касательные напряжения (кручения)

$$t_{max} = M_{кр} / W_p \quad (4.16)$$

$$W_p = p \times d^3 / 16 \quad (4.17)$$

$$W_p = 3,14 \times 25^3 / 16 = 3,07 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$t_{max} = 29,4 \cdot 10^3 / 3,07 \cdot 10^3 = 9,58 \text{ МПа.}$$

Для проверки прочности вала воспользуемся IV-ой теорией прочности.

$$s_{эквIV} = \sqrt{s^2 + 3 \cdot t^2} \leq [s] \quad (4.18)$$

$$s_{эквIV} = \sqrt{33,78^2 + 3 \cdot 9,58^2} = 202,94 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{эквIV}} = 202,94 < [\sigma] = 240 \text{ МПа.}$$

Вал удовлетворяет условиям прочности.

2.) Рассмотрим второе направление (вдоль оси X) на расстоянии r от оси.

Напряжение в любом сечении данного вала под действием внешней растягивающей силы может быть определено по формуле:

$$s_{\text{max}} = P / F, \quad (4.19)$$

где P – внешняя сила, Н

F – площадь сечения, м^2 .

$$F = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \cdot 25^2 / 4 = 490,6 \text{ мм}^2$$

$$s_{\text{max}} = 650,25 / 490,6 = 1,33 \text{ МПа.}$$

Для стали 30 предел прочности на растяжение $[\sigma] = 60 \text{ МПа}$.

$$s_{\text{max}} = 1,33 < [\sigma] = 60 \text{ МПа}$$

Полное удлинение вала определяются по формуле:

$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{E \cdot F} \quad (4.20)$$

$$\Delta l = \frac{650,25 \cdot 1,45 \cdot 10^3}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 490,6} = 0,004 \text{ мм}$$

Предельная длина, при которой стержень не должен разрушаться под действием внешней силы составляет $\pm 2\%$

$$\Delta l = \frac{0,004}{1,45} \cdot 100\% = 0,0003\%$$

Вал шнека устойчив при растяжении.

4.1.3. Подберем подшипники для вала шнека.

Назначаем шарикоподшипники радиально-упорные однорядные легкой серии (36205) паспортные данные: $C = 13100 \text{ Н}$, $C_0 = 9240 \text{ Н}$. Выполняем проверочный расчет только подшипника опоры A , как более нагруженного

Определяем эквивалентную нагрузку по формуле:

$$P_r = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_A) \cdot K_r \cdot K_\sigma \quad (4.21)$$

где F_r , - радиальная нагрузка, Н;

F_A – осевая нагрузка, Н;

x – коэффициент радиальной нагрузки;

y – коэффициент осевой нагрузки,;

V – коэффициент вращения, зависящий от того, какое кольцо подшипника вращается (при вращении внутреннего кольца $V = 1$);

K_δ коэффициент безопасности, учитывающий характер нагрузки, $K_\delta = 1,3$

K_t – температурный коэффициент, $K_m = 1$ при t до 100°C .

по [9] выбираем

$$F_A / C_0 = 650,25 / 9240 = 0,07$$

тогда $e = 0,39$ и далее при $V = 1$

$$F_A / V \cdot F_r = 650,25 / 516,86 = 1,26 > e = 0,39$$

при этом $X = 0,45$, $Y = 1,41$

Найдем эквивалентную динамическую нагрузку по формуле (4.21)

$$P_r = (1 \cdot 0,45 \cdot 516,86 + 1,41 \cdot 650,25) \cdot 1,3 \cdot 1 = 1494,27 \text{ Н.}$$

Эквивалентную долговечность L_{hE} определим из выражения

$$L_{hE} = K_{HE} L_h, \quad (4.22)$$

где K_{HE} – коэффициент режима нагрузки, при III режиме $K_{HE} = 0,18$

L_h – суммарное время работы подшипника, ч. Для машин работающих с перерывами обычно берут $L_h \geq 8000$ ч. тогда

$$L_{hE} = 0,18 \cdot 20000 = 3600 \text{ ч.}$$

При известном L_{hE} находим ресурс

$$L_E = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot L_{hE} \quad (4.23)$$

где n – частота вращения вала, мин^{-1} ;

$$L_E = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 345 \cdot 3600 = 72,5 \text{ млн. об.}$$

находим динамическую грузоподъемность по следующей формуле

$$C = P_r \cdot \sqrt[p]{\frac{L_E}{a_1 \cdot a_2}}, \quad (4.24)$$

где P_r – эквивалентная нагрузка, Н;

p – для шариковых $p = 3$, для роликовых $p = 3,33$

a_1 – коэффициент надежности, в нормальных условиях принимают $a_1 = 1$

a_2 – обобщенный коэффициент для шариковых принимают $a_2 = 0,8$.

$$C = 1494,27 \cdot \sqrt[3]{\frac{72,5}{1 \cdot 0,8}} = 6724,22 \text{ Н.}$$

$C = 6724,22 < C_{\text{пасп}} = 13100$, следовательно подшипник нас удовлетворяет.

4.2. Расчет пневмотранспортной установки.

4.2.1. Технологический расчет

Колосовым шнеком вся масса транспортируется в зону загрузки вентилятора. Таким образом производительность вентилятора должна быть равна производительности шнека. $Q_k = 2,5$ т/ч. Скорость движения воздуха v_g , определяем при $\varphi = 2,0$ – коэффициент, зависящий от сложности схемы транспортера:

$$v_g = 2,0 \times v_{кр}, \quad (4.25)$$

где $v_{кр}$ – скорость витания материала, принимаем равной наибольшей критической скорости компонента удаляемого вороха (в нашем случае это зерно пшеницы, имеющее $v_{кр} = 9 \dots 11,5$ м/с).

$$v_g = 2,0 \cdot 11,5 = 23 \text{ м/с},$$

По заданной производительности установки Q_k , кг/с определяем расход воздуха, м³/с,

$$Q_g = Q_k / (3,6 \cdot m \times \gamma_g), \quad (4.26)$$

где m – коэффициент массовой концентрации смеси, для зерна $m = 3 \dots 25$, для колосового вороха принимаем $m = 3$.

γ_g – удельная масса воздуха, $\gamma_g = 1,24$ кг/м³.

$$V_g = \frac{2,5}{3,6 \cdot 3 \cdot 1,24} = 0,185 \text{ м}^3/\text{с} = 667 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Диаметр трубопровода:

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_g}{\rho \cdot v_g}}, \quad (4.27)$$

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,185}{3,14 \cdot 23}} = 0,109 \text{ м}$$

Принимаем $d_t = 120$ мм.

Динамический напор:

$$h_d = \gamma_g \cdot v_g^2 \times (1 + 0,72 \cdot \mu). \quad (4.28)$$

$$h_d = 1,24 \cdot 23^2 \times (1 + 0,72 \cdot 3) = 2072,8 \text{ Па}.$$

Статический напор (4.29):

$$h_c = h_m + h_{\text{м}} + h_n = l \cdot \left[\frac{L \cdot e}{d_m} \cdot \frac{g_g \cdot v_g^2}{2} \cdot (1 + c \cdot m) + \sum x \frac{g_g \cdot v_g^2}{2} \cdot (1 + c \cdot m) + m \cdot g_g \cdot g \cdot H \right]$$

где h_m – потери на трение от давления воздуха по длине трубопровода, Па.

h_m – местные потери, Па.

h_n – потери давления на подъем груза, Па

$l = 0,0125 + 0,011 / d_m = 0,104$ – коэффициент сопротивления трению [8].

$C = 0,68$ – коэффициент, зависящий от концентрации смеси, скорости и характера потока груза [8]

$Le = 4,5$ м – длина транспортирования, м

$Sx = 0,18$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений всех элементов трубопровода. Так как имеется одно колено с углом около 135° и отношением радиуса закругления к диаметру трубопровода равном 2.

$H = 3,0$ м – высота транспортирования, м.

Получаем статический напор по формуле (4.29)

$$h_c = 0,104 \cdot \frac{4,5}{0,12} \cdot \frac{1,24 \cdot 20^2}{2} \cdot (1 + 0,68 \cdot 3) + 0,18 \cdot \frac{1,24 \cdot 20^2}{2} \cdot (1 + 0,68 \cdot 3) + 3 \cdot 1,24 \cdot 9,81 \cdot 3 = 4177,5 \text{ Па}$$

Полный напор $h_o = h_\partial + h_c = 2072,8 + 4177,5 = 6520,3$ Па.

Необходимая мощность привода воздуходувной машины, Вт

$$N_n = \frac{h_o \cdot V_\partial}{h_m \cdot h_{np} \cdot h_{nod}}, \quad (4.30)$$

где h_m, h_{np}, h_{nod} – КПД соответственно воздуходувной машины ее привода и опорных подшипников вала вентилятора.

$$N_n = \frac{6520,3 \cdot 0,185}{0,7 \cdot 0,9 \cdot 0,95} = 1932 \text{ Вт}$$

Диаметр вентилятора ограничен условием сохранения геометрической проходимости комбайна, т.е. $2r \leq 60$ см. Итак мы можем выбрать в качестве прототипа вентилятор ВПЗ-0,72, [8], имеющий следующие параметры:

$V_\partial = 0,2$ м/с, $h_n = 9810$ МПа, $n = 2900$ мин⁻¹.

4.2.2. Определение конструктивных параметров крылача вентилятора.

Так как $H_0 = 6520$ Па, то вентилятор относится к числу вентиляторов высокого давления ($3000 < H < 15000$ Па). Для таких вентиляторов верно соотношение $\text{tg } \alpha_2 - \text{tg } \alpha_1 < 0$ или $\text{tg } \alpha_2 < \text{tg } \alpha_1$. (см. рис. 4.3) []

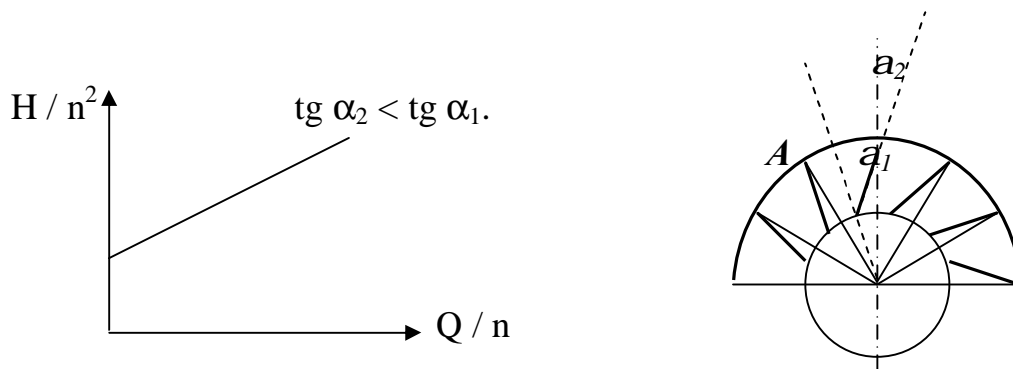


Рис. 4.3. Схема к определению параметров крылача вентилятора

Основные соотношения лопастей криволинейного вентилятора: радиус лопасти r_1 и r_2 и угол a_1 и a_2 при выходе, скорость частицы: Абсолютная v_a , окружная u_1 и u_2 и проекция абсолютной скорости частицы воздуха на направление, радиусом вектора v_{r1} , v_{r2} .

Напор (теоретическое давление) определяется уравнением Эйлера, которое устанавливает зависимость между теоретическим давлением, окружной скоростью и скоростью движения частицы. []

$$H_m = r \times (u_2 v_{r2} - u_1 v_{r1}); \quad (4.31)$$

где r - плотность воздуха, $r = 1,26 \text{ кг/м}^3$.

Заменив в уравнении v_{r2} и v_{r1} на окружные скорости u_2 и u_1 для точки A (см. рис. 4.3): $v_{r1} = u - v_n \times \tg a$, определив v_n через производительность $Q = 2 \times p \times r \times b \times v_n$ и преобразовав, получим зависимость:

$$H_m = r \cdot \left[\left(\frac{p \cdot n}{30} \right)^2 (r_2^2 - r_1^2) - \frac{Q \cdot n}{60 \cdot b} \cdot (\tg a_2 - \tg a_1) \right],$$

$$\text{или } \frac{H_m}{n^2} = r \cdot \left[A - B \cdot \frac{Q}{n} \cdot (\tg a_2 - \tg a_1) \right]; \quad (4.32)$$

где $A = (p/30)^2 \times (r_2^2 - r_1^2)$, $B = 1/(60 \times b)$.

Новый вентилятор с параметрами Q_x , H_{mx} , N_x , r_x , b_x , n_x выбирается таким, чтобы он был подобен известному вентилятору с параметрами Q , H_m , N , r , b , n . (Q – расход воздуха, H_m - напор, N – мощность на привод, r – внешний радиус лопасти, b – ширина лопасти, n – частота вращения).

В подобных вентиляторах, очевидно должны сохраняться одинаковыми отношения линейных размеров, площадей, а также и угловые размеры.

Соотношение напоров, расходов и расходуемой энергии для подобных вентиляторов выражается через соотношение размеров в виде []:

$$\frac{H_{mx}}{H_m} = \frac{r_x^2}{r^2} \cdot \frac{n_x^2}{n^2}; \Rightarrow r_x = r \cdot \frac{n}{n_x} \cdot \sqrt{\frac{H_{mx}}{H_m}}; \quad (4.33)$$

$$r_x = 0,335 \cdot \frac{2900}{2900} \cdot \sqrt{\frac{6520}{9810}} = 0,273 \text{ м.}$$

$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{r_x^2 \cdot b_x}{r^2 \cdot b} \cdot \frac{n_x}{n}; \Rightarrow b_x = b \cdot \frac{Q_x}{Q} \cdot \frac{r^2 \cdot n}{r_x^2 \cdot n};$$

$$b_x = 0,1 \cdot \frac{0,18}{0,2} \cdot \frac{0,335^2 \cdot 2900}{0,272^2 \cdot 2900} = 0,13 \text{ м.}$$

4.2.3. Конструктивный расчет вала вентилятора.

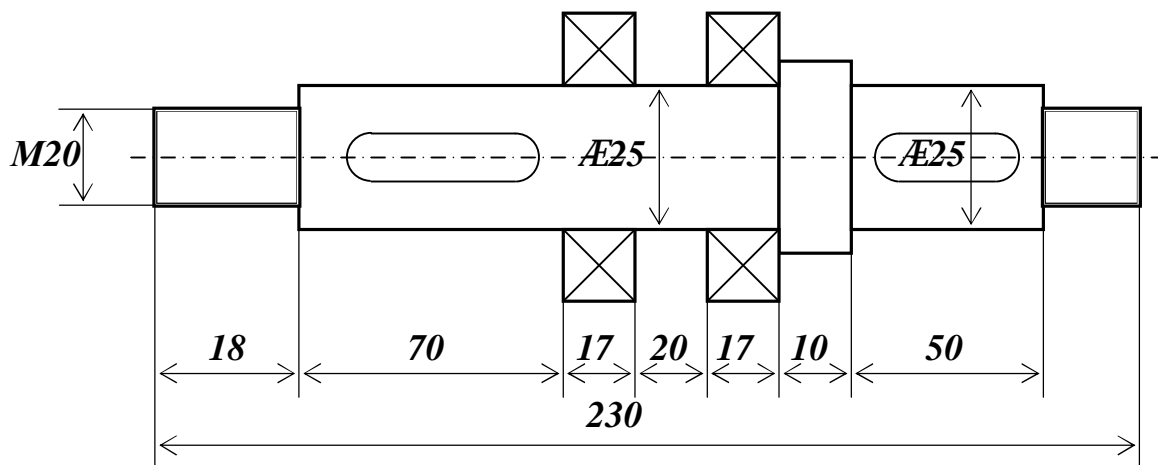


Рис. 4.4. Схема для расчета вала вентилятора.

Конструктивный расчет ведем аналогично расчету шнека. Крутящий момент на валу вентилятора при $n = 2900 \text{ мин}^{-1}$ и мощности привода $N = 1,9 \text{ кВт}$ находим по формуле (4.10)

$$w = p \times n / 30 = 3,14 \cdot 2900 / 30 = 303,5 \text{ с}^{-1}$$

$$T = 1932 / 303,5 = 6,36 \text{ Н/м}$$

Средний диаметр вала, при $[\tau] = 12 \dots 20 \text{ МПа}$ находим по формуле (4.12):

$$d = \sqrt[3]{\frac{6,36 \cdot 10^3}{0,2 \cdot [20]}} = 16,9 \text{ мм,}$$

Принимаем диаметр в месте посадки подшипников, шкива ременной передачи и ротора вентилятора равным 25 мм (рис. 4.4).

Определяем радиальную нагрузку на выходных концах вала для шкива и ротора вентилятора (4.13):

$$F_m = 125 \cdot \sqrt{6,36} = 315,2 \text{ Н.}$$

Определяем реакции в опорах и строим эпюры моментов (рис. 4.5)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$- R_B \cdot 0,036 + F_p \cdot 0,084 - F_m \cdot 0,043 = 0$$

$$R_B = (315,2 \cdot 0,084 - 315,2 \cdot 0,043) / 0,036 = 359,0 \text{ Н}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$- F_p + R_B + R_A - F_m = 0;$$

$$R_A = F_p - R_B + F_m = 315,2 - 359,0 + 315,2 = 271,4 \text{ Н}$$

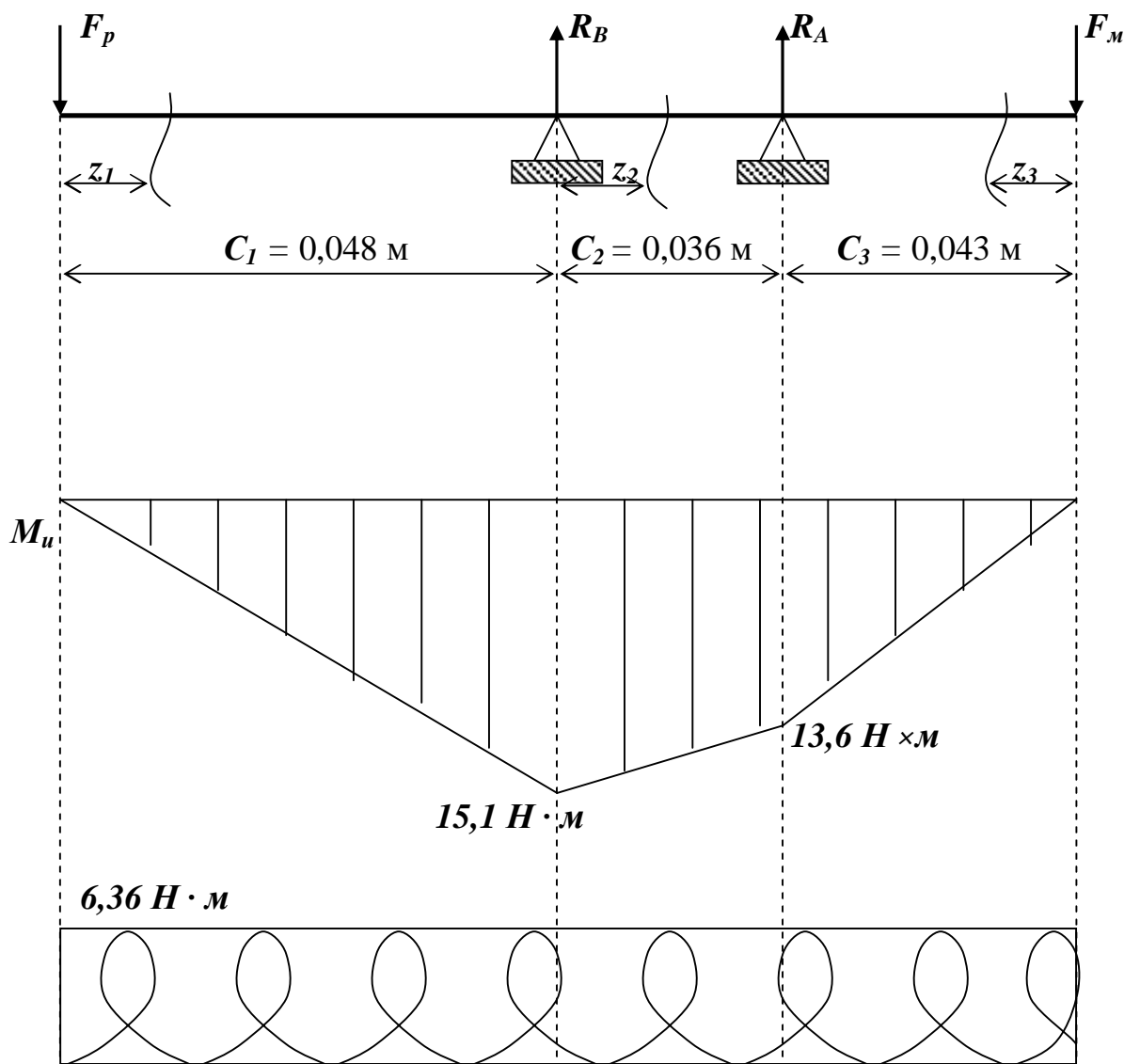


Рис. 4.5. Схема для определения реакций в опорах

$$M_{Z1} = - F \cdot z_1 \quad 0 \leq z_1 \leq 0,048$$

$$z_1 = 0 \quad M_{Z1} = 0$$

$$z_1 = 0,048 \quad M_{Z1} = - 315,2 \cdot 0,048 = - 15,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{Z2} = -F_p \times (0,048 + z_2) + R_B \times z_2 \quad 0 \leq z_1 \leq 0,036$$

$$z_2 = 0 \quad M_{Z2} = 0$$

$$z_2 = 0,036 \quad M_{Z2} = -315,2 \cdot (0,048 + 0,036) + 359 \cdot 0,036 = -13,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{Z3} = -F_m \times z_3 \quad 0 \leq z_1 \leq 0,043$$

$$z_3 = 0 \quad M_{Z3} = 0$$

$$z_3 = 0,043 \quad M_{Z3} = -315,2 \cdot 0,043 = -13,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Проверяем жесткость вала. Для определения прогиба средний диаметр принимаем равным $d = 25$ мм.

$$J = p \times d^4 / 64 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

Прогиб от сил F_m и F_p составляет [9]

$$y = \frac{F_m \cdot c^2 (l + c)}{3 \cdot E \cdot J} + \frac{F_p \cdot d^2 \cdot (l + d)}{3 \cdot E \cdot J} \quad (4.34)$$

$$y = \frac{315,2 \cdot 43^2 (36 + 43)}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^4} + \frac{315,2 \cdot 48^2 \cdot (36 + 48)}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^4} = 0,009 \text{ мм}$$

Допускаемый прогиб для валов общего назначения составляет

$$[y] = (0,002 \dots 0,003) \cdot l,$$

где l – расстояние между опорами, м, $l = 0,036$ м.

$$[y] = 0,002 \cdot 0,036 = 0,072 \text{ мм}$$

$$y = 0,009 < [y] = 0,072 \text{ мм}.$$

Условие жесткости выполняется

Проверим вал на прочность при изгибе и кручении.

Нормальные напряжения

Для расчета воспользуемся формулами 4.14, 4.15

$$W = 3,14 \cdot 25^3 / 32 = 1,53 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{\max} = 15,1 \cdot 10^3 / 1,53 \cdot 10^3 = 9,87 \text{ МПа}.$$

Касательные напряжения

Расчет ведем по формулам 4.16, 4.17

$$W_p = 3,14 \times 25^3 / 16 = 3,07 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$\tau_{\max} = 6,36 \cdot 10^3 / 3,07 \cdot 10^3 = 2,07 \text{ МПа}.$$

Для проверки прочности вала воспользуемся формулой 4.18

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq [\sigma]$$

$$s_{\text{экв}} = \sqrt{9,87^2 + 3 \cdot 2,07^2} = 10,5 \text{ МПа}$$

Принимаем материал вала сталь 45, улучшенная, для которой $s_{\sigma} = 750$ МПа, $s_m = 450$ МПа, находим $[s] = 0,8 \cdot s_m = 360$ МПа.

$$s_{\text{экв}} < [s]$$

Таким образом, вал удовлетворяет условиям прочности

Просчитаем напряжения в опасном сечении под вентилятором, ослабленным шпоночным пазом.

При совместном действии напряжений кручения и изгиба запас сопротивления усталости можно определить по формуле:

$$s = s_s \cdot s_t / \sqrt{s_s^2 + s_t^2}; \quad (4.35)$$

$$s_s = \frac{s_{-1}}{s_a \cdot K_s / (K_d \cdot K_f) + y_s \cdot s_m}; \quad (4.36)$$

$$s_t = \frac{t_{-1}}{t_a \cdot K_t / (K_d \cdot K_f) + y_t \cdot s_m}; \quad (4.37)$$

где $\sigma_a \tau_a$ – амплитуды переменных составляющих [9],

$\sigma_m \tau_m$ – постоянные составляющие [9].

$$\begin{aligned} \sigma_m &= 0; & \sigma_a &= M / (0,1 \cdot d^3); \\ \tau_m &= \tau_a = 0,5 \cdot \tau = 0,5 \cdot T / (0,2 \cdot d^3) \end{aligned} \quad (4.38)$$

значения ψ_{σ} и ψ_{τ} – зависят от механических характеристик материала [9], в нашем случае можно принять $\psi_{\sigma} = 0,1$ и $\psi_{\tau} = 0,05$;

σ_{-1} и τ_{-1} – пределы выносливости [9]

$$\begin{aligned} \sigma_{-1} &\approx (0,4 \dots 0,5) \cdot \sigma_{\sigma}; \\ \tau_{-1} &\approx (0,2 \dots 0,3) \cdot \sigma_{\sigma}; \\ \tau_{\sigma} &\approx (0,55 \dots 0,65) \cdot \sigma_{\sigma}; \end{aligned} \quad (4.39)$$

K_{σ} и K_{τ} – эффективные коэффициенты концентрации напряжений при изгибе и кручении. Для шпоночного паза $K_{\sigma} \approx 1,7$, $K_{\tau} \approx 1,4$,

K_d и K_F – масштабный фактор и фактор шероховатости поверхности. Для вала из стали 45 – $K_d = 0,88$, $K_F = 1$ [9]

Используя формулы (4.38), (4.39) находим:

$$\begin{aligned} \sigma_a &= 15,1 \cdot 10^3 / (0,1 \cdot 25^3) = 9,6 \text{ МПа} \\ \tau_m &= \tau_a = 0,5 \cdot \tau = 0,5 \cdot 6,36 \cdot 10^3 / (0,2 \cdot 25^3) = 1 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

$$\sigma_{-I} = 0,4 \cdot 750 = 300 \text{ МПа};$$

$$\tau_{-I} = 0,2 \cdot 750 = 150 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\sigma} = 0,6 \cdot 750 = 450 \text{ МПа}.$$

$$s_s = \frac{300}{9,6 \cdot 1,7 / (0,88 \cdot 1) + 0,1 \cdot 0} = 16,1;$$

$$s_t = \frac{150}{1 \cdot 1,4 / (0,88 \cdot 1) + 0,05 \cdot 1} = 9,14;$$

$$s = 16,1 \cdot 9,14 / \sqrt{16,1^2 + 9,14^2} = 7,95 > [s] = 1,5$$

Вал удовлетворяет условиям прочности и в опасном сечении.

4.1.3. Подборка подшипники для вала пневмотранспортной установки.

Подбираем подшипники под вал ротора вентилятора. Учитывая относительно небольшую осевую силу, выбираем радиальные, однорядные легкой серии (205) с следующими характеристиками $C = 11000 \text{ Н}$, $C_0 = 7090 \text{ Н}$.

Рассчитываем подшипник только для опоры В, как более нагруженной.

Учитывая, незначительное влияние осевой силы, имеем $X = 1$, $Y = 0$. Найдем эквивалентную динамическую нагрузку по формуле (4.21)

$$P_r = 1 \cdot 1 \cdot 516,86 \cdot 1,3 \cdot 1 = 671,92 \text{ Н}.$$

Эквивалентную долговечность L_{hE} определим из выражения (4.22)

$$L_{hE} = 0,18 \cdot 20000 = 3600 \text{ ч}.$$

При известном L_{hE} находим ресурс L_E по формуле (4.23)

$$L_E = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 345 \cdot 3600 = 626,4 \text{ млн. об.}$$

находим динамическую грузоподъемность по следующей формуле (4.24)

$$C = 671,92 \cdot \sqrt[3]{\frac{626,4}{1 \cdot 0,8}} = 6186,46 \text{ Н}.$$

$C = 6186,46 \text{ Н} < C_{\text{пасп}} = 11000 \text{ Н}$, следовательно выбранный подшипник нас удовлетворяет.

4.3. Расчет вала контрпривода вентилятора.

Так как обороты вентилятора составляют 2900 мин^{-1} , а вала заднего контрпривода только 459 мин^{-1} , то передаточное отношение для привода вентилятора $i = n_g / n_{з.к} = 2900 / 459 = 6,3$

Произведем разбивку по ступеням: $i = i_I \cdot i_{II}$; где $i_I = 2$, $i_{II} = 3,15$.

Определение мощности на каждом валу:

$$P_6 = 1932 \text{ Вт};$$

$$P_{к.6} = P_6 / \eta_{рем} = 1932 / 0,93 = 2077 \text{ Вт};$$

$$P_{з.к} = P_{н.к} / \eta_{рем} = 2077 / 0,93 = 2233 \text{ Вт}.$$

Определим частоту вращения каждого вала:

$$n_6 = 2900 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{к.6} = n_6 / i_I = 2900 / 3,15 = 921 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{з.к} = 459 \text{ мин}^{-1}.$$

Определение угловых скоростей на каждом валу:

$$\omega_6 = p \times n_6 / 30 = 3,14 \cdot 2900 / 30 = 303,5 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{к.6} = p \times n_{к.6} / 30 = 3,14 \cdot 921 / 30 = 96,4 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{з.к} = p \times n_{з.к} / 30 = 3,14 \cdot 459 / 30 = 48,0 \text{ с}^{-1}.$$

Определение крутящего момента на каждом валу:

$$T_6 = 6,36 \text{ Н/м};$$

$$T_{н.к} = P_{к.6} / \omega_{н.к} = 2077 / 96,4 = 21,55 \text{ Н/м};$$

$$T_{з.к} = P_{з.к} / \omega_{з.к} = 2233 / 48,0 = 46,52 \text{ Н/м}.$$

4.3.2. Проектировочный расчет вала контрпривода вентилятора.

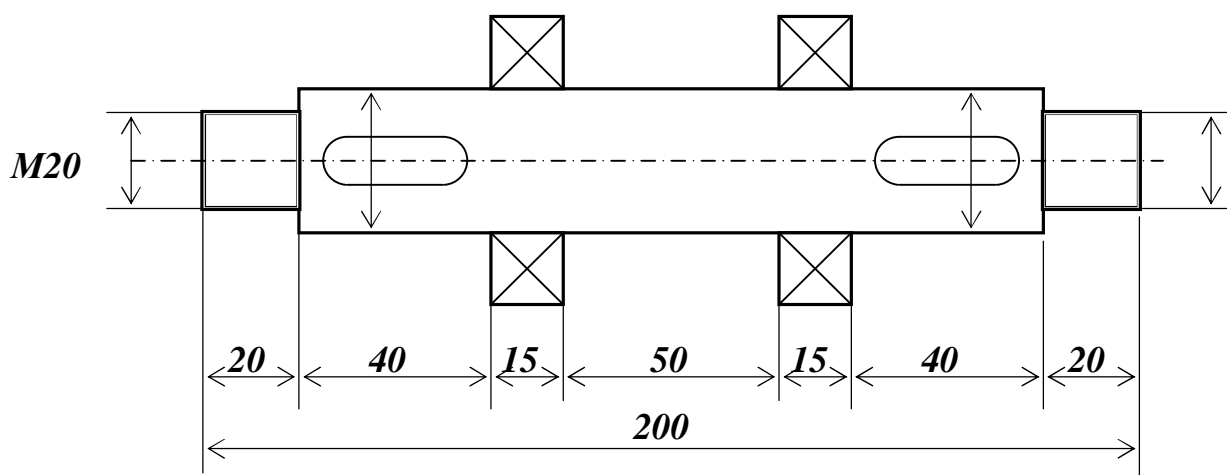


Рис. 4.6. Схема для расчета вала контрпривода.

Конструктивный расчет ведем аналогично предыдущим.

Средний диаметр вала, при $[\tau] = 12...20 \text{ МПа}$ находим по формуле (4.12):

$$d = \sqrt[3]{\frac{21,55 \cdot 10^3}{0,2 \cdot [20]}} = 21,06 \text{ мм},$$

Принимаем диаметр в месте посадки подшипников, и шкивов равным 25 мм (рис. 4.6). Оцениваем его размеры:

Определяем радиальную нагрузку на выходных концах вала для шкива и ротора вентилятора (4.13):

$$F_1, F_2 = 125 \cdot \sqrt{21,55} = 580,27 \text{ Н.}$$

Определяем реакции в опорах и строим эпюры моментов (рис. 4.7)

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$- R_B \cdot 0,067 + F_1 \cdot 0,1 - F_2 \times 0,033 = 0;$$

$$R_B = (580,27 \times 0,1 - 580,27 \times 0,033) / 0,067 = 580,27 \text{ Н.}$$

$$\Sigma F_y = 0;$$

$$- F_1 + R_B + R_A - F_2 = 0;$$

$$R_A = F_1 - R_B + F_2 = 580,27 - 580,27 + 580,27 = 580,27 \text{ Н.}$$

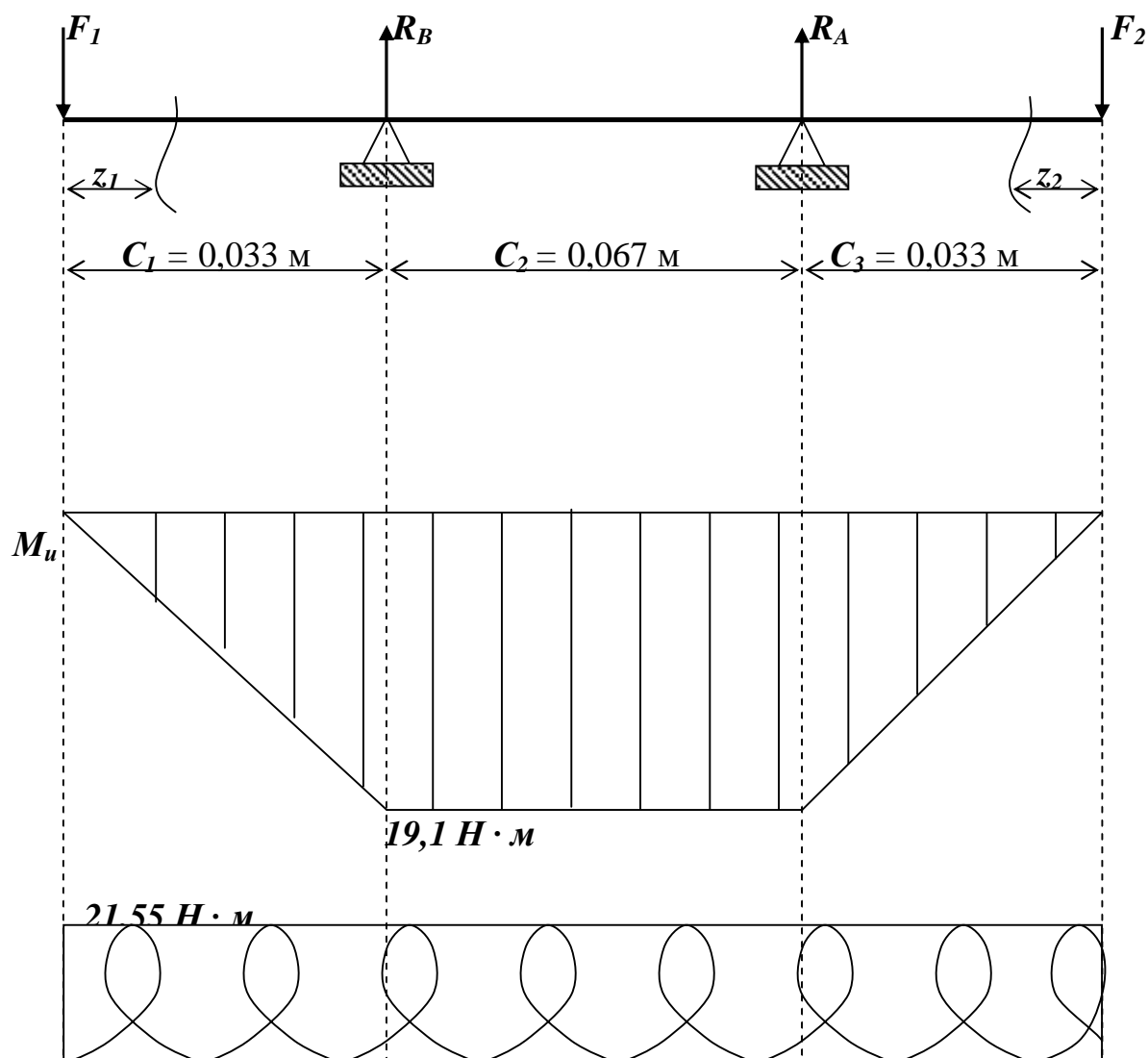


Рис. 4.7. Схема для определения реакций в опорах

$$M_{Z1} = -F_1 \times z_1; \quad 0 \leq z_1 \leq 0,033;$$

$$z_1 = 0; \quad M_{Z1} = 0;$$

$$z_1 = 0,033; \quad M_{Z1} = -580,27 \cdot 0,033 = -19,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{Z2} = -F_p \times (0,033 + z_2) + R_B \times z_2; \quad 0 \leq z_2 \leq 0,067;$$

$$z_2 = 0; \quad M_{Z2} = 0;$$

$$z_2 = 0,067; \quad M_{Z2} = -580,27 \cdot (0,033 + 0,067) + 580,27 \cdot 0,067 = -19,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{Z3} = -F_2 \times z_3; \quad 0 \leq z_3 \leq 0,033;$$

$$z_3 = 0; \quad M_{Z3} = 0;$$

$$z_3 = 0,033; \quad M_{Z3} = -580,27 \cdot 0,033 = -19,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Проверяем жесткость вала. Для определения прогиба средний диаметр принимаем равным $d = 25 \text{ мм}$.

$$J = p \times d^4 / 64 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

Прогиб от сил F_m и F_p составляет (4.34)

$$y = \frac{580,27 \cdot 33^2 (67 + 33)}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^4} + \frac{580,27 \cdot 33^2 \cdot (67 + 33)}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^4} = 0,01 \text{ мм}$$

Допускаемый прогиб для данного вала:

$$[y] = 0,002 \cdot 0,067 = 0,134 \text{ мм}$$

$$y = 0,01 < [y] = 0,134 \text{ мм}.$$

Условие жесткости выполняется

Проверим вал на прочность при изгибе и кручении.

Нормальные напряжения.

Для расчета воспользуемся формулами 4.14, 4.15

$$W = 3,14 \cdot 25^3 / 32 = 1,53 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{max} = 19,1 \cdot 10^3 / 1,53 \cdot 10^3 = 12,5 \text{ МПа}.$$

Касательные напряжения. Расчет ведем по формулам 4.16, 4.17

$$W_p = 3,14 \times 25^3 / 16 = 3,07 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$\tau_{max} = 21,55 \cdot 10^3 / 3,07 \cdot 10^3 = 7,02 \text{ МПа}.$$

Для проверки прочности вала воспользуемся формулой 4.18

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{12,5^2 + 3 \cdot 7,02^2} = 17,44 \text{ МПа}$$

Принимаем материал вала сталь 45, улучшенная, для которой $s_s = 750$ МПа, $s_m = 450$ МПа, находим $[s] = 0,8 \cdot s_m = 360$ МПа.

$$s_{эке} < [s]$$

Таким образом, вал удовлетворяет условиям прочности

При подборе подшипников воспользуемся тем фактом, что вал вентилятора и промежуточный вал близки по нагрузочным и конструктивным параметрам и примем те же подшипники, что и для вала вентилятора – однорядные легкой серии (205).

4.4. Расчет ременных передач.

Расчетный диаметр шкива, установленного на валу вентилятора принимаем равным $d_s = 140$ мм.

На промежуточном валу устанавливается два шкива. Диаметр большего из них равен $d_{II\text{ к.в}} = d_s \cdot i_{II} = 140 \cdot 3,15 = 441$ мм. Принимаем 450 мм. Диаметр меньшего шкива принимается равным $d_{I\text{ к.в}} = 140$ мм. Тогда диаметр шкива на валу заднего контрпривода равен $d_{з.к} = d_{I\text{ к.в}} \cdot i_I = 140 \cdot 2 \approx 280$ мм.

Мощность, передаваемая первым ремням, составляет около $P_I = 2,23$ кВт. Принимаем ремень сечения **Б**, при этом максимальная мощность, передаваемая одним ремнем в условиях типовой передачи при частоте вращения меньшего шкива $n = 920 \text{ мин}^{-1}$, составляет 2,75 кВт.[9].

Мощность, передаваемую одним ремнем в условиях эксплуатации, можем определить по формуле:

$$P_p = P_0 \times C_a \times C_l \times C_i / C_p \quad (4.40)$$

где C_a – коэффициент угла обхвата;

C_l – коэффициент длины ремня;

C_i – коэффициент передаточного отношения, $C_i = 1,125$ при $i = 2$;

C_p – коэффициент режима нагрузки $C_p = 1,2$ – при умеренных колебаниях.

По рекомендации [9], а также исходя из конструктивных особенностей, предварительно принимаем величину межосевого расстояния, $a \approx 600$ мм.

Длина ремня определяется как:

$$l \approx 2 \times a + 0,5 \times p \times (d_2 + d_1) + (d_2 - d_1)^2 / (4a); \quad (4.41)$$

$$l \gg 2 \cdot 600 + 0,5 \cdot p \cdot (280 + 140) + (280 - 140)^2 / (4 \cdot 600) = 1867 \text{ мм};$$

Принимаем длину ремня 1800 мм.

При заданной длине ремня межосевое расстояние:

$$a = \frac{2 \cdot l - p \cdot (d_2 + d_1) + \sqrt{[2 \cdot l - p \cdot (d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8}; \quad (4.42)$$

$$a = \frac{2 \cdot 1800 - 3,14 \cdot (280 + 140) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - 3,14 \cdot (280 + 140)]^2 - 8 \cdot (140)^2}}{8} \approx 570 \text{ мм}$$

При этом получаем угол обхвата:

$$\alpha = 180 - 57 \cdot (d_2 - d_1) / a; \quad (4.43)$$

$$\alpha = 180^\circ - 57 \cdot (280 - 140) / 570 = 166^\circ;$$

Получаем $C_I = 0,95$, $C_a = 0,96$.

$$P_p = 2,75 \cdot 0,96 \cdot 0,95 \cdot 1,125 / 1,2 = 2,25 \text{ кВт.}$$

Таким образом: $P_I = 2,23 \text{ кВт} \leq P_p = 2,25 \text{ кВт.}$

Ресурс наработки находим по формуле, при среднем режиме нагрузки (умеренные колебания) $T_{cp} = 2000 \text{ ч.}$

$$T = T_{cp} \times K_I \times K_2; \quad (4.44)$$

где K_I – коэффициент режима нагрузки, $K_I = 1$;

K_2 – коэффициент климатических условий, $K_2 = 1$;

$$T = T_{cp} = 2000 \text{ ч.}$$

Аналогичным образом находим параметры второй передачи:

Диаметры шкивов $d_{II \text{ к.в.}} = 450 \text{ мм}$ и $d_6 = 140 \text{ мм}$

Принимаем длину ремня 1800 мм. и

При заданной длине ремня межосевое расстояние (4.42):

$$a = \frac{2 \cdot 1800 - 3,14 \cdot (450 + 140) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - 3,14 \cdot (450 + 140)]^2 - 8 \cdot (310)^2}}{8} \approx 410 \text{ мм}$$

$$2 \times (d_1 + d_2) \approx a \approx 0,55 \times (d_1 + d_2) + h, \quad (4.45)$$

где h – высота поперечного сечения ремня, $h = 10,5 \text{ мм}$ для ремня сечения **Б**.

$$2 \times (450 + 140) \approx 410 \approx 0,55 \times (450 + 140) + 10,5;$$

$$1180 \approx 410 \approx 335.$$

При этом получаем угол обхвата меньшего шкива по формуле (4.43):

$$\alpha = 180^\circ - 57 \cdot (450 - 140) / 410 = 137^\circ;$$

Получаем $C_l = 0,95$, $C_a = 0,88$, $C_i = 1,14$ при $i = 3,15$ [9];

Максимальная мощность, передаваемая одним ремнем в условиях типовой передачи при частоте вращения меньшего шкива $n = 2900 \text{ мин}^{-1}$, составляет 3,7 кВт.[9], тогда по формуле (4.40)

$$P_p = 3,7 \cdot 0,95 \cdot 0,88 \cdot 1,14 / 1,2 = 2,9 \text{ кВт.}$$

Таким образом $P_{II} = 2,1 \text{ кВт} \leq P_p = 2,9 \text{ кВт.}$

Ресурс наработки: $T = T_{cp} = 2000 \text{ ч.}$

Итак, получаем два ремня **B-1800T**.

4.5. Расчет шпоночных соединений.

Для расчета шпоночных соединений обычно используют формулу проверки на напряжение смятия:

$$s_{см} = 4 \times T / (h \times l_p \times d) \leq [s_{см}]; \quad (4.46)$$

где h – высота шпонки;

l_p – рабочая длина шпонки;

d – диаметр вала.

T – крутящий момент на валу.

Ранее нами были определены крутящие моменты на валах:

- 1) вентилятора: $T_v = 6,36 \text{ Н/м};$
- 2) контрпривода вентилятора: $T_{н.к} = 21,55 \text{ Н/м};$
- 3) дополнительный, на валу заднего контрпривода: $T_{з.к} = 46,52 \text{ Н/м.}$

Диаметр вала в месте посадки шкива для вала вентилятора, и контрпривода вентилятора принят равным 25 мм. Диаметр вала заднего контрпривода равен 30 мм. Для таких валов высота шпонки h , берется равной 7 мм. Принимаем рабочую длину шпонки во всех случаях равной 25 мм.

Для неподвижных соединений допускают $[s_{см}] = 80...150 \text{ МПа.}$

Тогда для вала вентилятора имеем:

$$s_{см} = 4 \times 6,36 / (0,007 \cdot 0,025 \cdot 0,025) \gg 6 \text{ МПа} \leq [s_{см}];$$

Для вала контрпривода вентилятора имеем:

$$s_{см} = 4 \times 21,55 / (0,007 \cdot 0,025 \cdot 0,025) = 19,7 \text{ МПа} \leq [s_{см}];$$

Итак, можем принять шпонки: 8 х 7 х 25 ГОСТ 23360-78.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

5.1. Лицо ответственное за обеспечение требований охраны труда и безопасность выполнения работ при уборке зерновых, его обязанности.

Ответственным за проведение уборочных работ назначается бригадир тракторно-полеводческой бригады.

Он обязан:

- принимать участие в разработке и выполнении мероприятий по улучшению условий труда, обеспечению безопасности и безаварийному использованию сельскохозяйственной техники;
- следить за обеспечением работающих людей спецодеждой, средствами индивидуальной защиты;
- проводить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и вести записи в журнале инструктажа на рабочем месте;
- не допускать к работе на тракторах, комбайнах и транспортных средствах лиц, находящихся в нетрезвом состоянии, а так же лиц, не имеющих прав на управление этими машинами и не ознакомленных с правилами техники безопасности;
- следить за исправным состоянием тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин, а также за наличием и исправностью средств пожаротушения, предохранительных устройств, ограждений и средств индивидуальной защиты, предусмотренных правилами техники безопасности и не допускать к работе машины, которые не соответствуют требованиям безопасности;
- обеспечение безопасности труда при техническом обслуживании машин в полевых условиях и хранении машин;
- знать приемы оказания первой помощи при несчастных случаях и обучить им рабочих;
- участвовать в расследовании несчастных случаев, оформлять акты формы Н-1 и принимать меры к устранению причин, вызывающих травматизм.[15]

5.2. Расчет потребного количества средств индивидуальной защиты при уборке зерновых культур

Для обеспечения нормальной работоспособности и высокой производительности механизаторы должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты.

На основании норм бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений, выбираем средства индивидуальной защиты и заносим их в табл. 5.1

Таблица 5.1

Необходимое количество средств индивидуальной защиты для рабочих

Профессия	Число рабочих	Спецодежда, спецобувь, защитные средства	Срок носки	Количество
Комбайнер	2	Костюм х/б	12 мес.	2
		Очки защитные	до износа	2
		Рукавицы комбинированные	6 мес.	4 пары
		Респираторы	до износа	1

5.3. Характеристика вредных производственных факторов и меры по их устранению

В процессе уборки зерновых могут быть следующие вредные производственные факторы:

- высокая температура в рабочей зоне;
- загазованность;
- высокая запыленность;
- повышенный уровень шума;
- повышенная вибрация.

Высокая температура в рабочей зоне пагубно влияет на здоровье человека. Снижается работоспособность, ухудшается самочувствие. Температура в рабочей зоне не должна превышать $+22^{\circ}\text{C}$, относительная влажность не более 40...60 %, скорость движения воздуха – 0,4 м/с.

Для создания этих условий в кабине комбайна устанавливаются кондиционеры, вентиляторы и другие средства. Тонированные стекла, жалюзи защи-

щают от нагревания металлические части и предохраняют глаза от ослепления от действия солнца.

Загазованность оказывает вредное влияние на зрение, органы обоняния, легкие и вызывает различные заболевания: нагноение глаз, ухудшение зрения, легочные и раковые заболевания. Поэтому на рабочем месте не должно быть вредных газов – это можно обеспечить хорошей герметизацией кабины, хорошим воздухообменом.

Воздух рабочей зоны в условиях сельскохозяйственного производства чаще всего загрязнен пылью. Наиболее интенсивно она образуется при комбайновой уборке различных культур.

Пыль оказывает вредное воздействие на дыхательные пути, легкие, глаза и кожу. Вследствие чего могут возникнуть такие заболевания, как: катар дыхательных путей, хронические воспалительные процессы дыхательных путей, силикоз легких, туберкулез, воспалительные процессы кожи и слизистой оболочки глаз.

Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны составляет $4,0 \text{ мг/м}^3$. Для защиты от пыли применяют респираторы, очки и перчатки. В кабинах тракторов, комбайнов устанавливают противопылевые фильтры, герметизируют кабину.

Продолжительный шум вызывает у человека головную боль, головокружение, а также может привести к заболеванию нервной системы, сердечнососудистой системы, к развитию тугоухости, нарушению функций желудочно-кишечного тракта и обменных процессов в организме.

Наибольший допустимый уровень звукового давления 99 дБ на среднегеометрической частоте 63 Гц для постоянных рабочих мест и зон в производственных помещениях и в кабинах мобильных машин.

Метод защиты от шума в каждом конкретном случае выбирают отдельно. Наиболее рациональным считается метод борьбы с шумом, основанный на уменьшении в источнике его возникновения. Снижение шума машин добиваются главным образом путем повышения точности изготовления деталей и подбора материалов с незначительными упругими колебаниями, для понижения шума кабину трактора герметизируют шумопоглощающими материалами.

К человеку вибрация передается в момент контакта с вибрирующим объектом. Длительное действие общей вибрации на организм человека приводит к расстройству нервной системы, нарушению функциональных свойств сосудов и вестибулярного аппарата.

В условиях современного высокомеханизированного сельского хозяйства источниками вибрации являются, прежде всего, мобильные сельскохозяйственные агрегаты и т.д.

Наибольшее допустимое среднеквадратичное значение виброскорости - 0,2 м/с и ее логарифмического уровня 132 дБ.

Методы борьбы с вибрацией – в источнике ее возникновения. Нужно добиваться равномерности нагрузки, действующей на рабочие органы, заменить, где это возможно, кривошипные механизмы на равномерно вращающиеся, наиболее эффективны в этом случае механизмы с гидроприводом. Повышать класс точности обработки и чистоты поверхности сопрягаемых деталей.

Чаще всего для уменьшения вредоносного воздействия вибрации используют виброизоляцию, как способ вибрационной защиты, заключающийся в уменьшении передачи вибрации от источников возбуждения к защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. Снижение вибрации возможно за счет снижения давления в шинах при движении по полю. [5]

5.4. Возможные опасные ситуации при эксплуатации агрегата. Технические мероприятия по их устранению

При эксплуатации агрегата необходимо обратить внимание, чтобы все вращающиеся части были ограждены защитными щитками.

При движении агрегата могут возникнуть следующие опасные ситуации: опрокидывание агрегата на косогорах, при подъеме и спуске агрегата необходимо учитывать углы подъема и спуска, во избежание опрокидывания, на поворотах возможно опрокидывание агрегата, если его скорость движения равна скорости опрокидывания, при поворотах необходимо учитывать чтобы агрегат проходил по полевым дорогам "динамическому коридору". Рассмотрим некоторые из опасных ситуаций.

5.4.1. Расчет продольной устойчивости комбайна «Енисей-1200».

Продольная устойчивость комбайна обеспечивается, если удерживающий момент силы $G \cdot h_{ц} \cdot \cos \beta$ будет больше опрокидывающего момента $G \cdot h_{ц} \cdot \sin \beta$, т.е.

$$G \cdot h_{ц} \cdot \cos \beta < G \cdot h_{ц} \cdot \sin \beta, \quad (5.1)$$

где G – вес комбайна, кг;

$h_{ц}$ – высота центра тяжести, $h_{ц} = 1,3$ м;

a – расстояние от передней оси комбайна до вертикали, проходящей через центр тяжести, $a = 1,18$ м.

При спуске комбайн будет находиться в состоянии устойчивости, если соблюдается условие:

$$\operatorname{tg} \beta < a/h_{ц} \text{ или } \beta < \arctg (a / h_{ц}) \quad (5.2)$$

$$\beta < \arctg (1,18 / 1,3) \approx 43^{\circ},$$

$\beta \approx 43^{\circ}$ – статический угол.

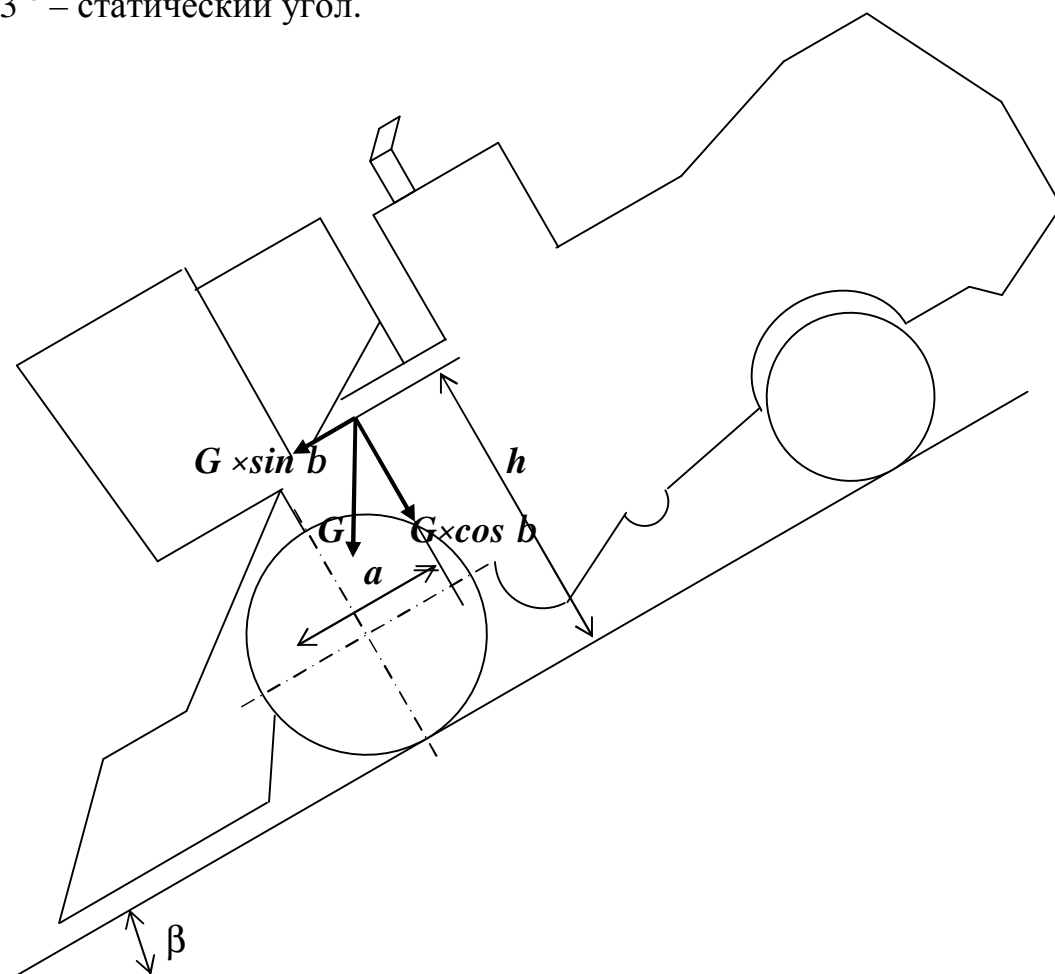


Рис. 5.1. Схема к расчету продольной устойчивости комбайна Енисей-1200

Для исключения опрокидывания комбайна при выполнении работ необходимо определить скорость опрокидывания на повороте. Скорость опрокидывания равна:

$$V_0 = \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2 \cdot h}}, \quad (5.3)$$

где V_0 – критическая скорость, с которой комбайн может двигаться по горизонтальному участку без опрокидывания, м/с;

B – колея комбайна, м; $B = 2,4$ м

g – ускорение сводного падения, м/с²;

R – радиус поворота, м; $R = 10$ м;

$$V_0 = \sqrt{\frac{2,4 \cdot 9,81 \cdot 10}{2 \cdot 1,3}} = 8,5 \text{ м/с.}$$

Определим радиус поворота с учетом критической скорости, м;

$$R = (1 + C_1 \cdot V_0) \cdot L \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{\text{ср}}, \quad (5.4)$$

где C_1 – коэффициент относительности увеличения радиуса поворота на единицу прироста скорости движения, $C_1 = 0,12$;

L – продольная база комбайна, м; $L = 3,54$ м [7];

$\alpha_{\text{ср}} = 30^\circ$ – средний угол поворота колес комбайна;

$$R = (1 + 0,12 \cdot 8,5) \cdot 3,54 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ = 12,2 \text{ м.}$$

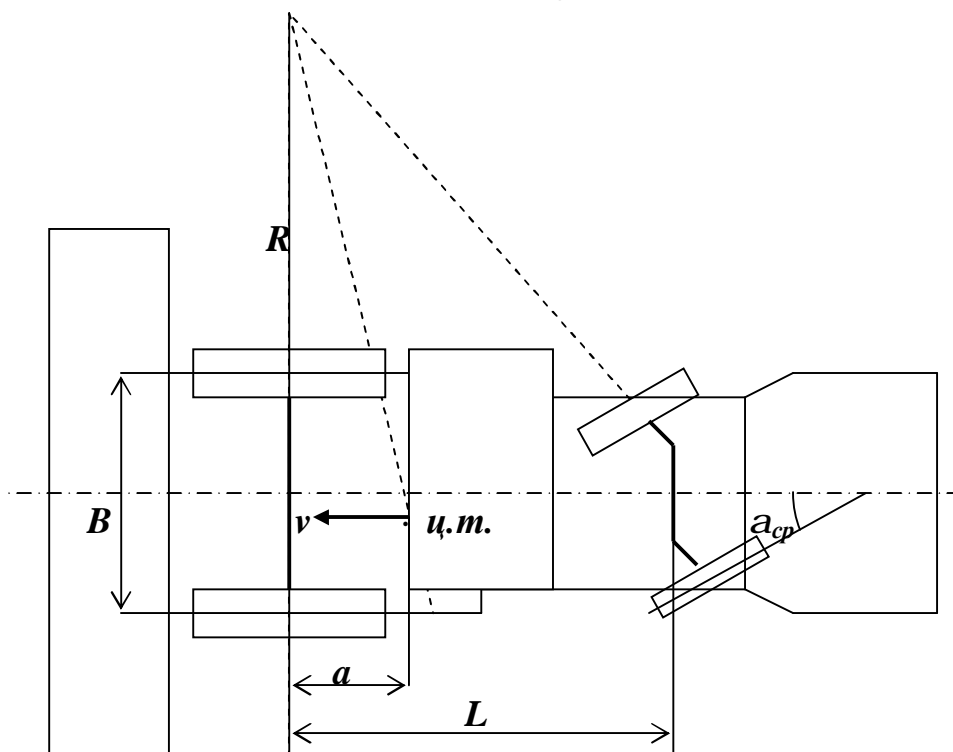


Рис. 5.2. Схема к определению скорости поворота

5.4.2. Расчет продольной устойчивости при движении на подъем и спуск.

Расчетная схема для определения продольной устойчивости агрегата при движении на подъем и на спуск представлена, на рис. 5.3.

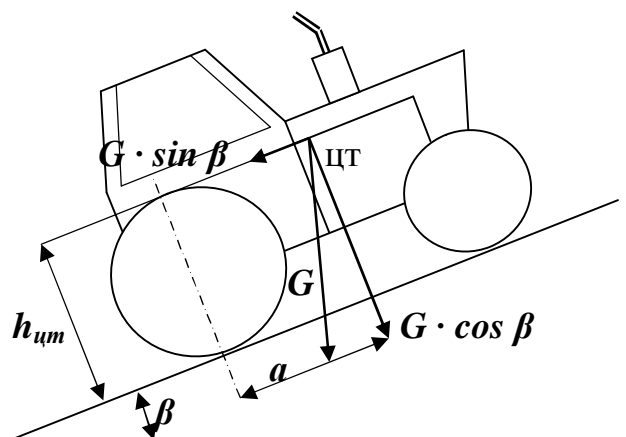


Рис. 5.3. Схема расчета продольной устойчивости

Продольная устойчивость обеспечивается, при:

$$G \cdot h_{\text{цт}} \cdot \sin \beta \leq G \cdot a \cdot \cos \beta, \quad (4.1)$$

где G – вес агрегата;

$h_{\text{цт}}$ – высота центра тяжести, м;

a – расстояние от задней оси трактора до вертикали, проходящей через центр тяжести, м;

β – угол подъема, град.

При подъеме агрегат устойчив, если соблюдается условие:

$$\operatorname{tg} \beta \leq a / h_{\text{цт}}$$

$$\text{или } \beta \leq \arctg a / h_{\text{цт}}, \quad (4.2)$$

$$a = 0,814 \text{ м}, \quad h_{\text{цт}} = 0,85 \text{ м}. [1]$$

Наибольший угол подъема равен:

$$\beta = \arctg 0,814 / 0,85 = 43,7^\circ.$$

При спуске критический угол равен:

$$\operatorname{tg} \beta_1 \leq (L - a) / h_{\text{цт}}$$

$$\text{или } \beta_1 \leq \arctg [(L - a) / h_{\text{цт}}], \quad (4.3)$$

где L – база трактора, $L = 2,37 \text{ м}$ [1].

$$\beta_1 = \arctg \frac{2,37 - 0,814}{0,85} = 61,3^\circ.$$

Составим расчетную схему для определения скорости опрокидывания:

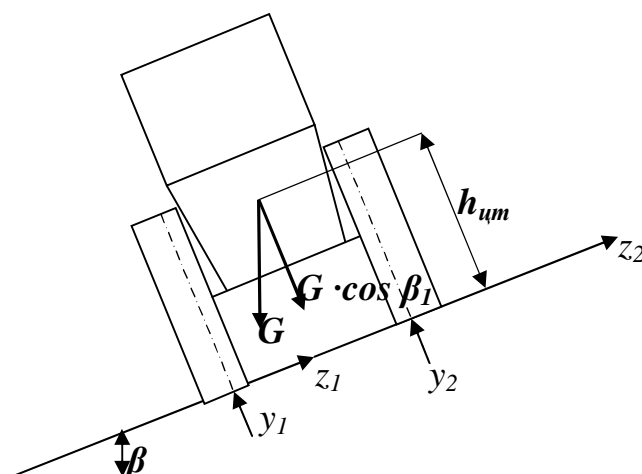


Рис. 5.4. Схема расчета скорости опрокидывания

Скорость опрокидывания найдем по формуле:

$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \operatorname{tg} \beta_n}, \quad (4.4)$$

где R – кинематический радиус поворота, м;

β_n – угол начала поперечного опрокидывания, град.

Определим β_n из уравнения моментов относительно возможной оси O' опрокидывания

$$G \cdot h_{cm} \cdot \sin \beta_n - 0,5 \cdot B \cdot G \cdot \cos \beta_n = 0, \quad (4.5)$$

где G – вес машины, кг;

h_{cm} – расстояние от земли до точки центра масс, м.

тогда
$$\operatorname{tg} \beta_n = 0,5 B / h_{cm}, \quad (4.5)$$

где B – поперечная база, $B = 1,8$ м;

$$h_{cm} = 0,85 \text{ м [1]}$$

$$\beta_n = \operatorname{arctg} (0,5 \cdot B / h_{cm});$$

$$\beta_n = \operatorname{arctg} \frac{0,5 \cdot 1,8}{0,85} = 46,7^\circ$$

$$\operatorname{tg} \beta_n = 1,06;$$

$$R = 4,3 \text{ м};$$

$$v = \sqrt{9,8 \cdot 4,3 \cdot 1,06} = 6,7 \text{ м/с} = 24 \text{ км/ч}$$

Расчет динамического коридора произведем согласно расчетной схеме:

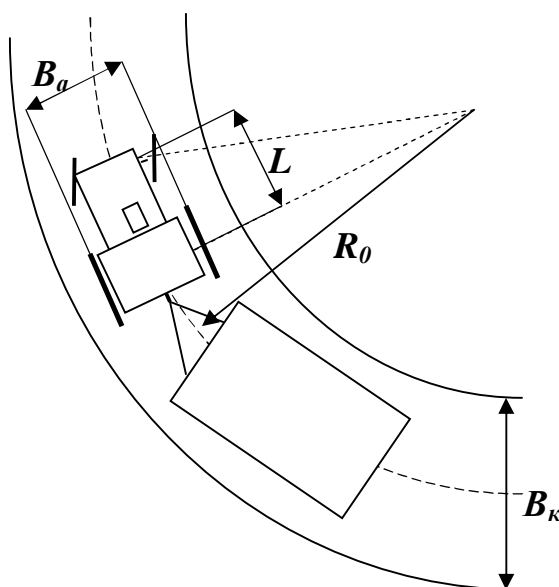


Рис. 5.5. Схема расчета динамического коридора

Динамический коридор равен:

$$B_{k\text{-max}} = \sqrt{\left(R_0 + \frac{B_a}{2}\right)^2 + (L + C)^2} + \frac{B_a}{2} + C_k - R_0, \quad (4.6)$$

где $L + C$ – длина трактора, м;

B_a – ширина трактора, м;

R_0 – радиус кривизны поворота, $R_0 = 4,16$ м;

$C_k = 1,7$ м.

$$B_{k\text{-max}} = \sqrt{\left(4,16 + \frac{1,97}{2}\right)^2 + 3,815^2} + \frac{1,97}{2} + 1,7 - 4,16 = 4,93 \text{ м.}$$

5.5. Организация пожарной безопасности на уборке

При подготовке агрегата к уборке на нем необходимо установить проверенные и исправные противопожарные средства: два огнетушителя на площадке обслуживания двигателя, две лопаты под площадкой входа в кабину, две швабры на жатке.

Значительную опасность в пожарном отношении представляют работы по ежесменному техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, тракторов и комбайнов, к которым так же иногда привлекаются учащиеся старших классов. Выпускные трубы двигателей, самоходных шасси и косилок, тракторов, автомобилей и комбайнов необходимо защищать надежными искрогасителями

или искроулавливателями, металлическими щитками или сеткой. Работа тракторов на уборке урожая без капотов (с открытым двигателем) и искрогасителей запрещается. Необходимо следить за исправностью медно-асбестовых прокладок между блоком двигателя, выхлопными коллекторами и выхлопной трубой.

Двигатель необходимо ежедневно чистить и не допускать скопления пыли, соломы. Выхлопную трубу во избежание искрения также необходимо регулярно очищать от нагара. Не допускать течи из системы смазки, питания и гидросистемы. Тракторы и другие самоходные машины с электрическим пуском необходимо оборудовать выключателями для отключения аккумуляторов от потребителей тока. Клеммы аккумуляторов, стартера, генератора должны быть защищены от возможности появления короткого замыкания при попадании на них токопроводящих предметов.

При длительном ремонте агрегата, его необходимо вывести из хлебного массива на расстояние не менее чем 30 м.

Во время уборки необходимо поставить на каждый край поля бочки с водой, также на краю поля должен находиться трактор с плугом.

Категорически запрещается:

- начинать уборку большого массива не разбитого на участки, по площади равные дневной выработке (30 – 50 га.) продольными и поперечными прокосами шириной не менее 8 м и не имеющего пропашек по середине прокосов шириной не менее 4 м;
- выгружать зерно из комбайнов в машины, выхлопные трубы которых не оборудованы искрогасителями;
- применять ведра для заправки топливных баков;
- хранить на комбайне топливо и смазочные материалы в количествах, превышающих сменную потребность;
- разводить костры и сжигать пожнивные остатки ближе 200 м. от хлебного массива;
- курить, выполнять сварочные работы, применять все виды открытого огня в хлебных массивах и на расстоянии ближе 30 м;
- работать со слабо натянутыми клиноременными передачами. [15]

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕНИЯ НЕОБМОЛОЧЕННОГО КОЛОСОВОГО ВОРОХА НА КОМБАЙНЕ ЕНИСЕЙ-1200-1

Проектом предусматривается установка вентилятора для удаления недомолоченного колосового вороха в прицеп 2 ПТС-4 с целью снижения содержания щуплого и травмированного зерна в общей массе, для того чтобы получить посевной материал высокого качества.

Цель экономического обоснования проектируемого мероприятия:

Определить экономическую целесообразность использования вентилятора для удаления недомолоченного колосового вороха, установленного на комбайне Енисей-1200-1.

Характеристика ожидаемых результатов:

Применение разработанной системы на комбайне Енисей-1200-1 позволит получить следующие результаты:

- получение наиболее ценного, крупного зерна, вымолоченного с наименьшими усилиями из средней части колоса, без его дополнительной сепарации;
- снижение травмирования зерна, за счет более мягкого режима его вымолота и, соответственно, повышение его посевных качеств;
- экономия эксплуатационных издержек на приобретение посевного материала.

Выбор объекта для сравнения:

Объектом для сравнения проектной разработки является базовый вариант комбайна Енисей-1200-1 с измельчителем.

Исходная информация для оценки проекта:

Исходная информация представлена в таблицах 6.1 и 6.2. Основанием для оценки работ по переоборудованию (Табл. 6.1) являются цены указанные в прайс-листах на сайтах фирм ООО «Транстайр» и ООО «Агроснаб», а так же нормы по оплате труда в СХА «XXXXXXX» Воробьевского района.

При расчете используем следующие литературные и электронные источники: 1. Горланов С. А., Злобин Е. В. **Экономическая оценка проектных разработок в АПК: Учебно-методическое пособие. Часть 1. Методические указания.** – Воронеж: ВГАУ, 2002. – 66 с.;

2. **Примеры оценки вложений** в формате **Microsoft Excel** с сайта экономического факультета ВГАУ.

В табл. 6.1. указана исходная информация для оценки проекта

Таблица 6.1

Исходная информация для оценки проекта

Показатели	Фактически	По проекту
Площадь уборки, га	266,5	266,5
Урожайность в бункерном весе, ц/га	30	30
Производственные затраты, р./га	6187,5	6211,81
Цена семян зерновых (в среднем), р./ц	2370	2370
Потери семян при уборке, %	2,5	2
Марка основной с.-х. машины	Енисей-1200-1	Енисей-1200-1
Балансовая стоимость с.-х. машины, р.:	760875	760875
Стоимость дополнительного оборудования, р.	0	17009,14
Общая стоимость, р.	760875	777884,14
Количество машин, шт.	2	2
Норма амортизации, %	11,1	11,1
Норма отчислений на ремонт, ТО, замену шин и хранение, %	10,3	10,3
Норма выработки, га/час	1,40	1,40
Расход топлива, кг/га	10,1	10,1
Комплексная цена топлива, р./кг	18,5	18,5
Годовая загрузка на данной операции, ч	170	170
Кол-во работников, обслужив. с.-х. машину	2	2
Уровень оплаты труда механизаторов, р./чел.-ч	45,7	45,7

В качестве объекта для сравнения взят комбайн, работающий по такой же схеме (измельченная солома поступает в прицеп 2 ПТС-4, и идет затем на корм скоту). Основные потери семян при уборке складываются из потерь недомолотом, а так же дробления зерна. Используемая в проекте схема позволяет снизить дробление за счет более мягкого режима обмолота, при этом фуражное зерно идет на корм скоту вместе с мякиной.

Стоимость переоборудования комбайна приведена в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Стоимость разработанной конструкции

Показатели	Кол-во	Цена, р.	Стоимость, р.
1. Комплектующие материалы (шт.)			
Вентилятор в сборе (аналог проекта)	1	7799	7799
Колосопровод	1	3549	3549
Шнек колосовой с левой навивкой	1	1110	1110
Контрпривод вентилятора	1	1697	1697
Ремни клиновые	2	57,5	115
Дополнительные материалы (болты, гайки, электроды и т.п.)	1	230	230
2. Затраты труда (чел.-ч) и оплата труда на изготовление и монтаж			
Затраты труда на сварных работах, чел.-ч	2	50	100
Затраты труда на слесарных работах, чел.-ч	2	23,82	47,64
Затраты труда на монтаж оборудования, чел.-ч	6	23,82	142,92
Итого затраты труда и фонд оплаты труда, р.	10	-	290,56
Итого прямых затрат, р.			14790,56
Накладные расходы (15%), р.			2218,58
Всего затрат, р.			17009,14

Затраты труда при уборке мы можем видеть в таблице 6.3

Таблица 6.3

Затраты труда при уборке

Показатели	Варианты	
	базовый	по проекту
Площадь уборки, га	266,50	266,50
Норма выработки, га/час	1,40	1,40
Время работ, ч	190,36	190,36
Количество работников, чел	2,00	2,00
Затраты труда, чел.-ч	380,71	380,71
Затраты труда на единицу площади, чел.-ч/га	1,43	1,43
Экономия затрат труда, чел.-ч/га		0,00
Экономия затрат труда на всю площадь, чел.-ч		0,00
Уровень оплаты труда, чел.-ч	45,70	45,70
Затраты на оплату труда, р.	17398,64	17398,64
Экономия фонда оплаты труда, р.		0,00

Затраты на уборку на семена увеличились, что можно видеть из табл. 6.4.

Таблица 6.4

Затраты при уборке зерновых культур на семена

Показатели	Варианты		
	базовый	по проекту	в т. ч. проектная конструкция
Всего прямая оплата с начислениями, р.	17398,64	17398,64	1888,0 1751,9
Затраты на содержание основных средств			
- амортизация	94570,69	96684,79	
- ремонт	175509,57	175509,57	
- ГСМ	49795,53	49795,53	
Итого затрат, р.	337274,42	339388,52	3640,0
Накладные расходы (15%), р.	50591,16	50908,28	
Всего затрат, р.	387865,59	390296,80	
Перерасход затрат, р.		2431,22	
Производственные затраты в расчете на 1 га, р.	6187,50	6211,81	
Относительная экономия затрат, р. в расчете на 1 га площади уборки в расчете на всю уборочную площадь		-24,31 -0,09	

Таблица 6.5

Расчет себестоимости продукции

Показатели	Варианты	
	базовый	по проекту
Потери семян при уборке, %	2,5	2
Урожайность в бункерном весе, ц/га	30	30,00
Урожайность в весе после доработки, ц/га	29,25	29,4
Площадь, га	266,5	266,5
Валовой сбор в весе после доработки, ц	7795,125	7835,1
Затраты, отнесенные на семена зерновых, р./га	6187,50	6211,81
в том числе дополнительные затраты на эксплуатацию комбайна, р./га	1265,5701	1273,50
Себестоимость продукции (в оценке по весу после доработки), р./ц	211,5	211,3
Относительная экономия затрат, р.:		
в расчете на 1 ц		0,3
в расчете на всю продукцию после доработки		1967,06

Для справки:

Продолжение Табл. 6.6.

Экономия от снижения себестоимости при неизменном валовом сборе

Валовой сбор после доработки, ц	7795,1	7835,1
Себестоимость продукции (в оценке по весу после доработки), р./ц	211,5	211,3
Экономия от снижения себестоимости, р.:		
в расчете на 1 ц		0,3
в расчете на неизменный валовой сбор		1967,0

Эффект от разработанной конструкции мы можем видеть из табл. 6.6

Таблица 6.6

Годовой инвестиционный эффект от использования разработки

Показатели	по проекту
Дополнительная продукция, ц	39,97
Цена семян зерновых, р./ц	2370,00
Стоимость дополнительной продукции, р.	94740,75
Себестоимость семян зерновых, р./ц	211,29
Себестоимость дополнительной продукции, р.	8446,16
Дополнительный чистый доход, р.	86294,59
Амортизация капитальных вложений, р.	1888,01
Экономия от снижения себестоимости семян зерновых, р.	1966,97
Инвестиционный эффект за год, р.	90149,57

Показатели эффективности при различных ставках банковского процента по кредиту приведены в таблице 6.7

Таблица 6.7

Показатели сравнительной эффективности проекта по вариантам банковского %

Показатели	Варианты изменения банковского процента				
	10	15	20	30	40
Срок эксплуатации (Т), лет	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Совокупные вложения в проект, р.	19 440	19 440	19 440	19 440	19 440
в т.ч.: капитальные вложения, р.	17 009	17 009	17 009	17 009	17 009
текущие вложения, р.	2 431	2 431	2 431	2 431	2 431
Годовой экономический эффект, р.	90 150	90 150	90 150	90 150	90 150
Эффект за срок эксплуатации, р.	1 224 184	1 513 237	1 875 012	2 886 138	4 431 088
Коэффиц. эффективности вложений	0,585	0,622	0,661	0,743	0,828
Цена спроса на ресурсы для реализации проекта, р.	519 174	430 156	363 390	272 162	214 466
Срок окупаемости вложений, лет	0,23	0,24	0,24	0,25	0,27

Показатели экономической эффективности проекта использования вентилятора для удаления недомолоченного колосового вороха, установленного на комбайне Енисей-1200-1 можно видеть в таблице 6.8.

Таблица 6.8

Показатели экономической эффективности проекта

Показатели	Варианты	
	базовый	по проекту
Срок эксплуатации, лет	9,00	9,00
Количество машин в расчетах, ед.	2,00	2,00
Норма выработки, га/ч	1,40	1,40
Норма расхода топлива, кг/ч	14,14	14,14
Площадь уборки, га	266,50	266,50
Урожайность в бункерном весе, ц/га	30,00	30,00
Урожайность в весе после доработки, ц/га	29,25	29,40
Экономия затрат, р.: в расчете на 1 ц продукции		0,25
на весь валовой сбор		1966,97
Совокупные вложения в проект, р.		19 440
в т.ч.: капитальные вложения, р.		17 009
текущие вложения, р.		2 431
Годовой экономический эффект, р.		90 150
Эффект за срок эксплуатации, р.		1 875 012
Коэффициент эффективности вложений		0,661413571
Цена спроса на ресурсы для реализации проекта, р.		363 390
Срок окупаемости вложения, месяцев		3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем проекте была проанализирована возможность применения реконструированной системы доработки колосового вороха, для получения семенного материала лучшего качества в условиях Сельхозартели «XXXXXX» Воробьевского района, Воронежской области. Данная конструкция позволяет снизить содержание травмированного и дробленого зерна в ворохе и соответственно повысить выход и качество семенного материала. Применение конструкции дает в указанном хозяйстве годовой экономический эффект 90 тыс. рублей и может быть использовано в других хозяйствах области, имеющих большие площади посева зерновых культур и использующих в качестве семенного материала зерно, выращенное на своих полях.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Будько Ю. В. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – Мн.: Ураджай, 1991. – 336 с.
2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высш. шк., 1995. – 416 с.
3. Шашин Э. В. Состояние и перспективы развития технологий и технических средств для уборки зерновых культур. – М.: Россельхозиздат, 1988.
4. Шашин Э. В. Технология уборки зерновых комбайновыми агрегатами. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 207 с.
5. Канарев Ф. М. и др. Охрана труда. – М.: Агропромиздат, 1988. – 351 с.
6. Карпенко А. Н. и др. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 527 с.
7. Карпенко А. Н. и др. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1991. – 560 с.
8. Листопад Г. Е. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
9. Ерохин М. Н. и др. Проектирование и расчет подъемно-транспортующих машин сельскохозяйственного назначения. – М.: Колос, 1999. – 228 с.
10. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов для студентов факультета механизации сельского хозяйства. – ВГАУ, 1992. – 60 с.
11. Методические указания к курсовому проекту по эксплуатации МТП.: Белгород, 1995. – 64 с.
12. Морозов А. Ф. Зерноуборочные комбайны. Альбом. – М.: Агропромиздат, 1991. – 208 с.
13. Решетов Д. Н. Детали машин: Атлас конструкций – М.: Машиностроение, 1992. – 352 с.
14. Серый Г. Ф. Зерноуборочные комбайны. М.: Агропромиздат, 1986.–248 с.
15. Справочник Охрана труда в с.-х. М.: Агропромиздат, 1989. – 430 с.
16. Фере Н. Э. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1978 – 385 с.

17. Кутепов Б, Крохалев А, Байбора А, Домолачивающие устройства зернового комбайна// Техника в сельском хозяйстве, - 1973 г. №6
18. Шпокас А. Исследование работы колосового элеватора комбайна СК-5 «Нива» на холмистых полях// н. тр./ Литовская с.-х. Академия – ХХУ/, - 3
19. Тарасенко А. П., Орехов Н. И., Белоусов А. П. Снижение повреждения зерна при обмолоте // Техника в сельском хозяйстве – 1974 - №7.
20. А.С. 244780 СССР М, кл³ А 01 F 12/30 Устройство для домолота колосьев. /И. Я. Чумаченко.
21. А.С. 946448 СССР М, кл³ А 01 F 12/44 Молотильно-сепарирующее устройство/ Ю. Н. Ярмашов, Н. И. Кленин, В. М. Халанский (СССР) - № 854627 30-15: заявлено 13.11.79, опубликовано 30.07.82 Бюл № 28-2с
22. Patent 2037446 (BRD) Mahdrescher, 1969.
23. Patent 2029903 (BRD) Mahdrescher, 1967.
24. Patent 3472235 (USA) Tresching machines /Cornelis Ven der Leby – 1969.
25. Patent 978700 (British) Combine Harvesters /I. A. Frienddahi – 1963.
26. Patent 976873 (British) Tresching machines, 1961
27. Patent 982852 (British) Tresching machines, 1963
28. Patent 1136202 (British) Combine Harvesters, 1966
29. Patent 328533 (British) Combine Harvesters, 1962