

633.34

5 90

И.В. Бумбар

**УБОРКА
СОИ**



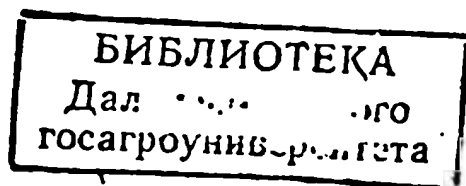
**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГОУ ВПО
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.В. Бумбар

УБОРКА СОИ

Монография

*Допущено Министерством сельского хозяйства
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по агротехническим специальностям
(№13-03-3/1190 от 27.04.2006 г.)*



Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2006

УДК 631.303

633.34
Б 90

633.34:631.3
+631.35

Бумбар И.В. УБОРКА СОИ: монография. – Благовещенск: ДальГАУ, 2006. – 240 с.

Изложены характерные особенности уборки сои в Приамурье, а также потенциал ее возделывания.

Представлены теоретические и практические материалы поиска путей совершенствования конструкции и технологического процесса работы зерноуборочного комбайна на уборке сои.

В монографии отражены результаты исследований по выбору двухфазного обмолота сои, обоснованного для комбайнов семейства «Енисей», а также показаны теоретические и экспериментальные элементы конструкции и режима работы рабочих органов жатки и ее проставки.

Систематизировано изложены основные физико-механические свойства семян, бобов и растений сои, влияющих на качество работы комбайна.

Дано описание особенностей устройства некоторых зарубежных комбайнов, качество работы роторных комбайнов ПН-100 «Простор», КЗР-10 «Полесье-Ротор», а также работа на уборке сои последних моделей комбайнов «Енисей».

В удобной для практического применения форме представлены материалы организации и контроля качества уборочных работ.

Монография включает в основном собственные исследования автора, а также работы ученых, занимающихся механизацией уборки сои.

Рецензенты:

В. Ф. Кузин,

*чл.-корр. РАСХН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор ДальГАУ;*

А. М. Емельянов,

*доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой высшей математики ДальГАУ*

Рекомендовано к печати научно-техническим советом
Дальневосточного государственного аграрного университета
(Протокол №3 от 07 марта 2006 г.).

ISBN 5-9642-

Издательство ДальГАУ, 2006

ОТ АВТОРА

Мое знакомство с «уборочной техникой» началось в 50-е годы прошлого столетия с обыкновенной косы, которая в п. Черная речка (лесопункт Дуткан) Зейского района Амурской области была незаменимой при заготовке сена на привольных пойменных лугах р. Зeya. Этот период в моей биографии отмечен записью в трудовой книжке «Рабочий на заготовке сена».

Этот труд требовал большой физической силы и выносливости, а особенно высокого мастерства в подготовке косы к работе и ее настройке. Таким опытом в нашем лесном поселке в полной мере обладал мой отец Василий Андреевич, у которого я пытался учиться ремеслу ручной косьбы, но так и не овладел вершинами мастерства учителя, наверное, не дано было от Бога.

Поступив на мехфак БСХИ в 1962 году, я впервые увидел самоходный зерноуборочный комбайн СКГ-3, занятия по изучению которого вели под руководством заведующего кафедрой сельскохозяйственных машин Алексея Тихоновича Волкова молодые выпускники И.И. Косицын и И.А. Бережной.

Мне в то время казалось, что знать устройство, а еще и работать на такой внушительной машине дано необыкновенным людям. Ведь комбайн – это сложное сочетание трактора, автомобиля и перерабатывающей машины. Поэтому очень хотелось быть похожим на этих уверенных в своих знаниях молодых преподавателей.

Занятия проходили и в ныне действующей аудитории №80 кафедры механизации АПК. Нам, студентам, объясняли о больших преимуществах самоходного комбайна СКГ-3 на гусеничном ходу, но так же отмечали один из существенных недостатков, а именно несовершенство управления поворотом машины. Обращалось также внимание на многие проблемы обеспечения качества уборки специфической культуры сои.

На практике с этой проблемой мне пришлось столкнуться, работая инженером в совхозе «Белогорский». В период уборки

сои, я буквально не отходил от комбайнов, подсказывая механизаторам регулировки жатки, молотилки и ходовой части.

С 1968 года на кафедре сельскохозяйственных машин началась моя преподавательская и исследовательская работа, связанная с необходимостью совершенствования зернового комбайна применительно к уборке сои. Организатором и научным вдохновителем выступал заведующий кафедрой Алексей Тихонович Волков – замечательный педагог и очень щепетильный ученый, к тому времени уже 15 лет работавший во главе коллектива. Под его доброжелательными и принципиальными направлениями и дельными критическими замечаниями начинали работать будущие кандидаты наук и доценты Н.П. Гречачин, А.Т. Жуковин, А.И. Климок, В.В. Назаренко, В.Н. Рябченко, Н.Ф. Конченко, М.Р. Цехместер, ст. преподаватели В.В. Метелкин и автор этих строк.

К каждому уборочному сезону (сравнительным испытаниям комбайнов) проводилась тщательная подготовка в весенне-летний период, понимая, что для успешной исследовательской работы природа отводит всего 10 – 15 дней хорошей погоды. И надо было выполнить большой объем работы, причем одновременно следовало заготовить сотни снопов сои для лабораторных исследований в зимний период.

Укреплялось наше научно-техническое сотрудничество с Красноярским заводом комбайнов, особенно внимательно к нашим предложениям прислушивался генеральный конструктор КБ В.П. Гаврилов.

Многие совхозы и колхозы Амурской области заключали хозяйственные договоры на обеспечение организации и контроля качества уборки сои. Здесь же чаще всего проходили проверку наши рекомендации и разработки.

В исследованиях широко использовали тензометрическую аппаратуру, скоростную киносъемку наблюдаемых процессов в работе жатки, транспортера наклонной камеры и молотильного барабана. Это позволяло получать ценный научный мате-

риал, новизну которого мне однажды пришлось доказывать в Москве на заседании экспертного совета ВАК.

В последние годы на кафедре механизации АПК продолжают развиваться исследования физико-механических свойств сои и совершенствования ее уборки зерноуборочными комбайнами с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством (МСУ). По этим материалам защищены кандидатские диссертации В.В. Корниенко и Н.М. Ожиговой.

Создание этой монографии стала возможным благодаря замечательным людям, которые помогали мне в моей жизни и научном становлении, среди них прежде всего сотрудники кафедры сельскохозяйственных машин (ныне кафедры механизации АПК), а также доктора технических наук профессора Б.И. Кашпура, А.Д. Логин, Н.И. Косилов, Ю.В. Терентьев, М.Г. Пенкин.

Считаю необходимым выразить благодарность за редактирование и подготовку к изданию рукописи директору издательства Н.Н. Федотовой и главному специалисту отдела оперативной полиграфии В.А. Зоркину.

Особая благодарность рецензентам монографии члену-корреспонденту РАСХН д.с.-х.н., профессору В.Ф. Кузину и д.т.н. профессору, заведующему кафедрой высшей математики А.М. Емельянову, замечания и пожелания которых позволили улучшить ее практическую направленность.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из значительных резервов наращивания производства белка является улучшение качества уборки сои в одном из самых больших соесеящих районов России – Амурской области, где она ежегодно размещается на площади около 0,3 млн.га.

Характерной климатической особенностью Приамурья является то, что в период уборки сои (октябрь) выпадает мало осадков, а низкая относительная влажность воздуха способствует высушиванию растений. В этих условиях бобы сои теряют прочность и, попадая под воздействие несовершенных рабочих органов жатки, наклонной камеры, молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) зернового комбайна легко разрушаются, приводя к потерям урожая. Причем за жаткой их величина нередко достигает 8...10% урожая, а дробление сои комбайном составляет 7...13%. Наличие большого количества дробленого зерна сои приводит к снижению его товарности, которая не превышает 60...80% и, как результат, с.-х. производство Амурской области теряет ежегодно много ценной белковой продукции на сотни тысяч рублей.

В связи с тем, что выпускаемые в стране зерноуборочные комбайны приспособлены в основном для скашивания и обмола зерна культур, то улучшение качественных показателей уборки сои возможно и экономически оправдано за счет совершенствования их конструктивных и технологических параметров и разработки сменных рабочих органов, приспособленных к специфическим особенностям этой культуры. Однако в литературе нет достаточно систематизированного изложения особенностей физико-механических свойств сои, возделываемой в Амурской области. Проведенные ранее теоретические и экспериментальные исследования не в полной мере раскрывают процессы, происходящие при работе мотвила, режущего аппарата, особенностей копирования поверхности почвы с целью достижения минимальной высоты среза расте-

ний сои. Практически нет исследований, связанных с обоснованием параметров воздушной завесы в зоне режущего, аппарата жатки и шнеке, выбору конструктивно-кинематических режимов транспортера наклонной камеры и проставки в ней и др.

Несмотря на длительный период применения в Амурской области комбайнов с двухбарабанной схемой молотильно-сепарирующего устройства (МСУ), совершенствование его работы на уборке сои в основном сводилась к снижению частоты вращения молотильных барабанов и обоснованию молотильных зазоров. Вносимые заводами изменения в конструкцию комбайнов, связанные с установкой битерной проставки в наклонной камере, домолачивающего устройства и др., а особенно применения на уборке сои роторных молотильных устройств, требуют поиска новых рекомендаций. В настоящее время важно также учитывать, что на российском рынке с.-х. техники все шире внедряются зарубежные комбайны. Их доля в парке зерноуборочных комбайнов может составить в ближайшие годы до 10%.

На амурских полях работают китайские колесные комбайны «Jia Lian», выпускаемые в городе Jiamusi по американской технологии фирмы «Джон-Дир», белорусский комплекс КЗР-10 «Полесье-Ротор», а также комбайн «Доминатор» германской фирмы «Claas», организовавшей сборочное производство комбайнов семейства «Mega» в г. Краснодаре.

Задача монографии – представить особенность уборки сои в условиях Амурской области, дать теоретическое и экспериментальное обоснование элементам технологического процесса работы как российских, так и зарубежных комбайнов.

ГЛАВА 1

ОСОБЕННОСТИ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В ПРИАМУРЬЕ В ПЕРИОД УБОРКИ СОИ. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЕ СОРТОВ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА

Территория Амурской области составляет 363,7 тыс. кв. км и имеет в своем составе двадцать районов, из которых в семнадцати возделывается соя. Среднегодовое количество осадков в этих районах колеблется от 368 мм (Магдагачинский район) до 608 мм (Ромненский район).

С октября по апрель климат области формируется под влиянием континента. В этот период холодный воздух направляется с континента (из области высокого давления) к океану (в область низкого давления), создавая низкие температуры воздуха и неся ничтожное количество осадков. Так за зимний период выпадает лишь от 5 до 8% годовой суммы осадков. В то же время резко отличаются по количеству выпадающих осадков периоды уборки зерновых культур (август) и сои (октябрь). Если в первом случае колебания осадков составляют от 87 мм (Магдагачинский район) до 146 мм (Октябрьский район), то во втором лишь 15 мм (Шимановский район) и 43 мм (Бурейский район) (рис.1.1), а это, наряду с особенностями физико-механических свойств, придает сое и специфические технологические свойства. В результате многолетней селекционной работы на Дальнем Востоке выведены многие сорта, приспособленные к местным условиям произрастания. В Амурской области, главной производительнице сои в стране, такими сортами являются Соната, Гармония, ВНИИС-1, Октябрь 70. Причем первые три сорта составляют около 40% посевной площади. К 2005 году среди районированных сортов наибольшие площади занимали сорта Соната и Гармония (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Количество семян сои, высеваемых в Амурской области
по сортам в период 2001 – 2005 гг.

Сорт	Количество семян									
	2001 год		2002 год		2003 год		2004 год		2005 год	
	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%
1. Соната	4549	18,22	11304	41,09	14886	45,18	13926	49,42	7196	20,59
2. Гармония	–	–	13	0,05	896	2,75	2170	11,25	4430	12,07
3. ВНИИС-1	10750	43,0	8516	30,95	7456	22,88	3850	13,66	1645	4,71
4. Даурня	–	–	68	0,25	380	1,17	592	2,1	1018	2,91
5. Октябрь-70	4904	19,64	4630	16,83	3642	11,16	1966	6,98	757	2,16
6. Луч Надежды	10408	5,64	1507	5,5	2105	6,46	1232	4,37	274	0,78
7. Закат	167	0,67	209	0,76	266	0,82	117	0,42	–	–
8. Грибская-30	189	0,76	139	0,51	100	0,31	–	–	–	–
9. Смена	2764	11,07	1018	3,7	694	2,13	147	0,53	–	–
10. Вега	66	0,26	44	0,16	119	0,37	16	0,66	–	–
11. Соер-4	–	–	38	0,14	230	0,71	–	–	–	–
12. Янтарная	30	0,12	25	0,69	–	–	–	–	–	–
13. Лидия	–	–	–	–	–	–	–	–	4	0,01
14. Китайская	138	0,55	–	–	–	–	–	–	–	–
15. Несортовая	–	–	–	–	1813	5,56	3161	11,22	19360	56,2
ИТОГО	24915	100,0	27511	100,0	32587	100,0	28177	100,0	34954	100,0

Сорт Соната относится к скороспелым сортам. Период от всходов до созревания не превышает 95 дней. Урожай на Тамбовском ГСУ в среднем составляет 26,4 центнеров с гектара. Содержание масла в семенах 20,2%, белка – 39,2%. Октябрь-70 – сорт среднеспелый с вегетационным периодом 116 дней. Содержание масла в семенах 20,5%, белка – 40%. Соя сорта Гармония имеет период вегетации от 98 до 102 дней. Куст не превышает высоты 60...70 см, сжатый, слабоветвящийся. Бобы в основном двух-, четырехсемянные. Масса 1000 семян колеблется от 152 до 154 г. Содержание жира в семенах до 21%.



Рис. 1.1. Выпадение осадков по основным с.-х. районам

Амурской области:

- 1 – Архаринский; 2 – Белогорский; 3 – Благовещенский;
- 4 – Бурейский; 5 – Зейский; 6 – Завитинский; 7 – Ивановский;
- 8 – Константиновский; 9 – Тамбовский; 10 – Шимановский;
- 11 – Мазановский; 12 – Михайловский; 13 – Магдагачинский;
- 14 – Ромненский; 15 – Октябрьский; 16 – Свободненский;
- 17 – Сergyшевский

По данным ВНИИ сои биологические урожаи составляют по югу 2,4...2,5 т/га. Сорт ВНИИС-1 относится к среднеспелым с периодом вегетации 101...103 дня, а урожайность на сортоучастках колеблется от 1,4 т/га до 2,7 т/га. Содержание масла в семенах до 21%, белка – 39...41%. Отличается устойчивостью к полеганию, растрескиванию бобов и травмированию семян. Одну из наибольших площадей посева сои занимали в Амурской области в 1970 году (591,3 тыс. га при урожайности 0,72 т/га). В последние годы урожайность сои стабилизировалась и достигла 0,8 т/га при площади посева до 250 тыс.га (рис. 1.2).

Производство сои в России представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Производство сои в России (2004 год)

Регион	Посевные площади, тыс.га	Валовой сбор, тыс.т
Амурская область	253,26	178,43
Приморский край	128,5	113,81
Хабаровский край	10,17	9,3
ЕАО	38,89	34,39
Западная Сибирь	2,52	2,89
Урал	0,24	0,25
Краснодарский край	91,69	161,8
Ставропольский край	21,42	30,4
Ростовская область	6,46	8,59
Белгородская область	4,75	4,17
ИТОГО	557,9	544,03

Наибольшая урожайность сои наблюдается в Краснодарском и Ставропольском крае: 1,8 и 1,4 т/га соответственно.

Среди сортов, возделываемых в Амурской области (табл. 1.1) в последние пять лет (2001 – 2005 гг.), преобладают Соната, ВНИИС-1 и Гармония. В 2005 году несортные семена составили около 56%.

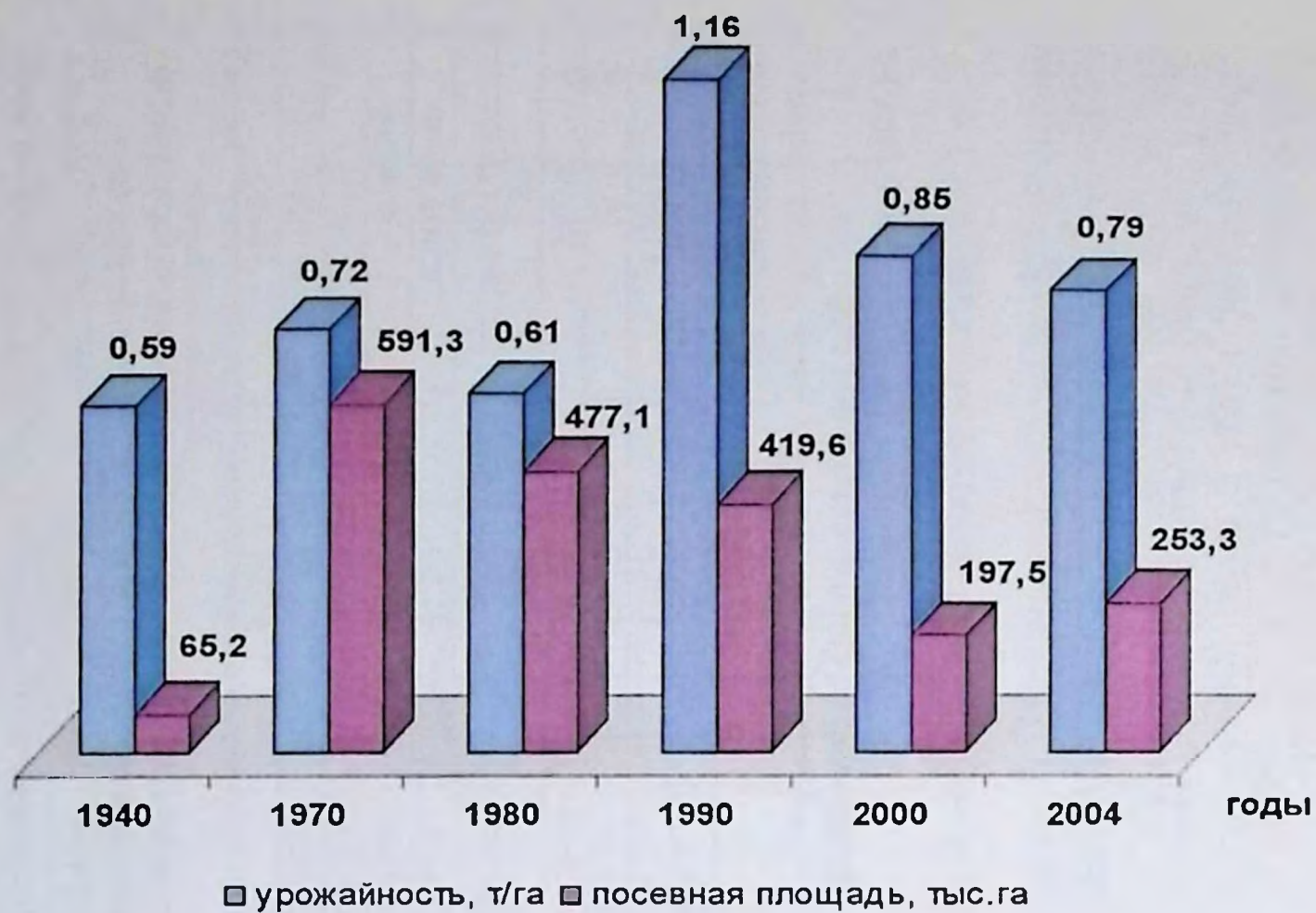


Рис. 1.2. Урожайность и площадь посева сои в Амурской области

1.1 Рост и продуктивность растений сои в зависимости от характера механического воздействия на семена

Влияние механического травмирования семян с.-х. культур на их посевные качества показано во многих работах. Однако исследований, связанных с влиянием характера повреждения семян сои на их всхожесть и продуктивность в полевых условиях Амурской области не достаточно. В проведенных нами опытах использованы семена сои сорта ВНИИС-2, вымолоченные вручную из бобов. Вес 1000 зерен составил 142 г. На опытной делянке поля семена высевались в девять рядков по 100 штук в каждом с расстоянием между рядками 45 см, а между семенами в рядке 6...8 см. Глубина заделки семян в почве – 3...4 см. В рядки с первого по четвертый высевались семена, имеющие соответственно от одного до четырех микроповреждений (укол швейной иглой на глубину до 1 мм).

В пятом рядке размещались семена, имеющие скол поверхности площадью 6...9 мм² (макроповреждение).

Шестой, седьмой и восьмой рядки имели семена сои, подвергнутые сжатию кратковременной (до 5 с) в направлении толщины нагрузкой соответственно 50, 75 и 100 Н.

В девятый рядок высевались целые семена (контроль). Высев произведен в третьей декаде мая, направление рядков с севера на юг. Начиная с 11 июня, вели наблюдение за появлением всходов и их развитием (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Появление всходов, рост и продуктивность растений сои сорта ВНИИС-2 в зависимости от исходного состояния семян (по механическому воздействию)

Но- мер рядка	Исходное состояние семян	Дата контроля после посева, количество всходов, высота растений и вес семян на одном растении при созревании						
		18 дней		26 дней		33 дня		125 дней
		число всхо- дов, шт.	высо- та расте- ния, мм	число всхо- дов, шт.	высо- та расте- ния, мм	число всхо- дов, шт.	высо- та расте- ния, мм	вес семян на од- ном расте- нии
1	Одно микро- повреждение	2	8	82	45	80	170	18,0
2	Два микропо- вреждения	2	6	75	45	85	170	17,6
3	Три микропо- вреждения	—	—	64	40	70	160	15,1
4	Четыре микро- поврежде- ния	—	—	61	61	65	155	12,2
5	Макроповре- ждения	—	—	53	30	60	130	9,4
6	Статическая нагрузка:							
	P = 50Н	4	6	82	45	90	175	21,5
7	P = 75Н	2	5	78	45	80	175	20,1
8	P = 100 Н	3	5	80	80	80	160	19,8
9	Контроль	6	9	89	55	95	180	22,4

Из представленной таблицы 1.3 следует, что семена, подверженные различным видам механического воздействия имеют всхожесть в полевых условиях от 53% (макроповрежденные) до 82% (микроповрежденные и минимально сжатые). От-

стают также эти растения в своем росте и развитии, особенно в начальной стадии. Кроме того, растения, выросшие из микро- и макротравмированных семян к моменту созревания имели продуктивность в 1,3...2,4 раза меньше. Семена, подверженные перед посевом статическому сжатию металлическими поверхностями усилием в 50Н, имеют всхожесть меньшую по сравнению с контролем на 7%, однако средняя продуктивность отдельных растений отличается лишь на 4%.

ГЛАВА 2 ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОИ

2.1 Форма, размеры, вес и другие свойства растений, бобов и семян

Рассматривая растение сои как объект воздействия на него рабочих органов комбайна, практический интерес представляют следующие физико-механические свойства:

- форма куста;
- расположение центра тяжести растения над линией среза;
- размещение бобов и зерна по высоте растения;
- размеры и форма бобов и зерна;
- характеристика деформации сжатия растений, бобов и зерна;
- упруго-пластические характеристики зерна сои, сила разрушения и коэффициент восстановления;
- прочность бобов при ударе стальной рабочей поверхностью;
- коэффициент трения.

Построение формы растения сои, определение положения бобов по высоте H и радиусу R проводилось при помощи специального прибора (рис. 2.1). Форма растений сои в значи-

тельной мере определяет ее сортовые особенности. Однако в производственных посевах наблюдаются три характерных формы: эллипсовидная, заостренная к вершине и основанию с показателем $0,3 \leq \frac{B}{L} \leq 0,7 R = 0,45 \dots 0,65$ м (рис.2.2, а), раски-

дистая с углом $\varphi = 40 \dots 60^\circ$ (рис.2.2, б) и количеством ветвей больше трех; одностебельная с одной – двумя слаборазвитыми ветвями.

Причем в последнем случае урожай не превышает 0,8...1,2 т/га, что характерно для значительной части хозяйств Приамурья. Вместе с тем селекционеры стремятся получить сорт сои, у которого нет ветвей, а, следовательно, исключались бы потери от их обламывания планкой мотвила.

Так как растение сои над линией среза представляет собой сложное неоднородное тело, отличающееся различной массой бобов, расстоянием от центрального стебля и другими показателями, то определение центра тяжести проводится на основе схемы (рис.2.1, б) из выражений:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}; \quad Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}; \quad Z_c = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1)$$

где x_i, y_i, z_i – координаты i -го боба на растении, мм;

m_i – масса i -го боба, мг;

$\sum_{i=1}^n m_i$ – общая масса бобов на растении, мг.

В таблице 2.1 и на рисунке 2.3 представлены размерно-весовые характеристики, координаты центра тяжести и размещение всех видов бобов и зерна по высоте растения.

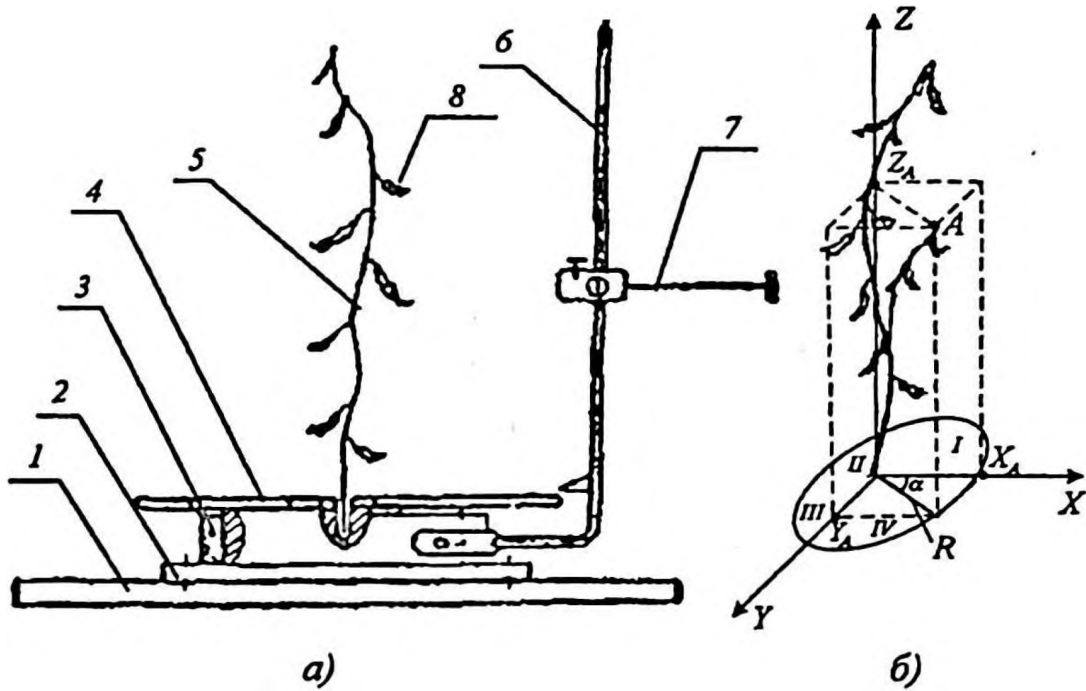


Рис. 2.1. Схема прибора (а) и способ определения координат (б) бобов сои на растении: 1 – опора; 2 – пята; 3 – кольцо подвижное; 4 – диск неподвижный со шкалой в градусах; 5 – растение сои; 6 – стойка; 7 – отметчик; 8 – боб

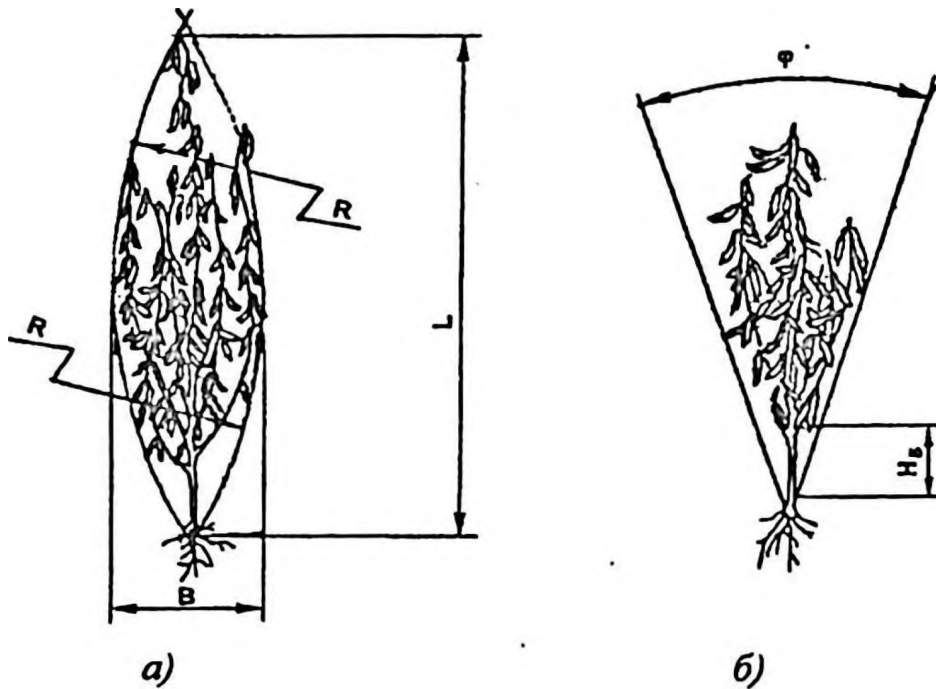


Рис.2.2. Формы растений сои:
а – эллипсоидная; б – раскидистая

Таблица 2.1

Размерно-весовые характеристики и координаты центра тяжести растения сои сорта ВНИИС-2

Средняя высота растения над поверхностью почвы, см	Масса растения с зерном, г	Масса зерна на растении, г	Отношение массы зерна к соломе	Координаты центра тяжести растения, мм		
				X _c	Y _c	Z _c
645	21,5	11,3	1,1 : 1	34,3	33,4	289,3

Из рисунка 2.3 видно, что в интервале от 0 до 100 мм находится в среднем один однозерновое боб, более двух бобов с двумя зернами и около двух бобов с тремя зернами, что в сумме составляет около 1,95 г массы зерна на растении, или 1/6 части биологического урожая. Отсюда ясно, как важно обеспечить срез сои на минимальной высоте от поверхности почвы.

Результаты измерения толщины b , ширины a , длины l и других особенностей бобов сои сортов ВНИИС-2 и Смена представлены в таблицах 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2

Значения длины l , толщины b и ширины a , стандарта σ и коэффициента вариации V бобов сои ВНИИС-2 и Смена

Тип бобов	Сорт сои	l , мм	σ , мм	V , %	b , мм	σ , мм	V , %	a , мм	V , %	b , мм
Однозерновые	ВНИИС-2	25,3	2,8	10,6	4,92	0,48	10,89	8,71	0,36	4,4
	Смена	29,1	2,9	9,9	6,08	0,52	8,50	9,04	0,48	5,4
Двухзерновые	ВНИИС-2	33,1	1,7	5,3	5,23	0,50	11,3	8,66	0,52	6,7
	Смена	35,9	1,86	5,2	6,68	0,45	6,80	9,52	0,46	4,8
Трехзерновые	ВНИИС-2	39,6	1,9	3,6	5,16	0,56	10,6	8,72	0,40	5,4
	Смена	42,5	1,82	4,3	6,92	0,55	7,9	9,78	0,41	4,2

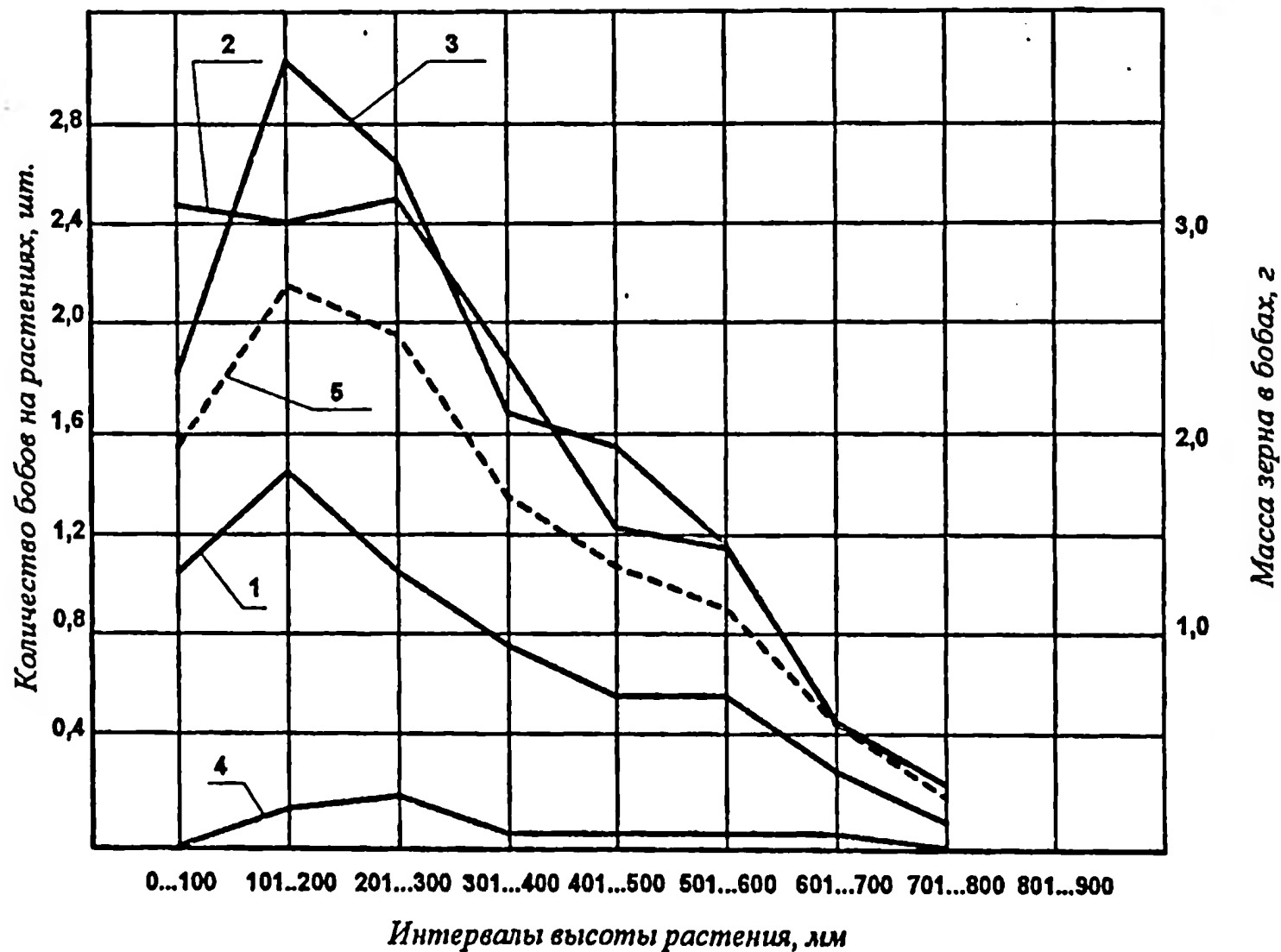


Рис.2.3. Количество бобов (шт.) и масса зерна сои для различных интервалов высоты растения (мм):
 1 – бобы однозерновые; 2 – бобы двухзерновые; 3 – бобы трехзерновые;
 4 – бобы четырехзерновые; 5 – масса зерна в бобах

Таблица 2.3

Длина линии стыка створок, отношение массы зерна к массе боба сои и сила отрыва боба от стебля

Тип бобов	Сорт сои	Средняя длина линии стыка створок, мм	Средняя масса, г		$K_B = \frac{m_z}{m_B}$	Сила отрыва боба от стебля, Н
			боба	зерна		
Односемянные	ВНИИС-2	55,3	0,226	0,143	0,633	9,66±2,68
Двусемянные		78,2	0,451	0,303	0,672	12,34±3,08
Трехсемянные		88,5	0,650	0,452	0,695	12,99±3,97
Односемянные	Смена	63,4	0,259	0,155	0,598	10,10±2,31
Двусемянные		84,3	0,482	0,338	0,701	13,17±3,11
Трехсемянные		94,1	0,691	0,494	0,715	13,56±3,84

Из таблиц 2.2 и 2.3 видно, что трехсемянные бобы отличаются большими размерами, а семена в них более чем в три раза превышают массу семян в однозерновых бобах. Однако длина линии стыка у трехсемянных бобов лишь в 1,5...1,6 раза больше, чем у односемянных. Отсюда масса зерна, приходящегося на единицу длины линии стыка створок бобов составляет у односемянных 2,4...2,6 мг/мм, двусемянных – 3,9...4,0 мг/мм, а у трехсемянных – 5,1...7,3 мг/мм. Очень тесная связь существует между массой зерна и массой боба и может быть рекомендована для практических расчетов, равных $K_B = 0,63...0,71$. Исходя из классификации семян с.-х. культур, представленных в различных работах, сферичность или шаровидность семян сои находили из выражения:

$$K_{сф} = \frac{\sqrt{a \cdot b}}{l}, \quad (2)$$

где a, b, l – соответственно ширина, толщина и длина зерна, мм (табл. 2.4)

Таблица 2.4

Среднее значение размеров и величины сферичности семян сои

Сорт сои	Размеры зерна, мм			Коэффициент сферичности
	ширина, <i>a</i>	толщина, <i>b</i>	длина, <i>l</i>	
ВНИИС-1	6,47	5,95	6,99	0,89
Янтарная	6,60	5,96	6,98	0,90
ВНИИС-2	6,38	4,85	6,72	0,83

Одной из важных аэродинамических характеристик частей с.-х. растений является скорость витания. При разработке воздушной завесы в жатке на уборке сои необходимо обосновывать скорость воздуха, при которой бобы, оборванные мотвилком, удерживались бы в пределах платформы жатки.

Результаты определения скорости витания бобов сои сорта Смена представлены на рисунке 2.4.

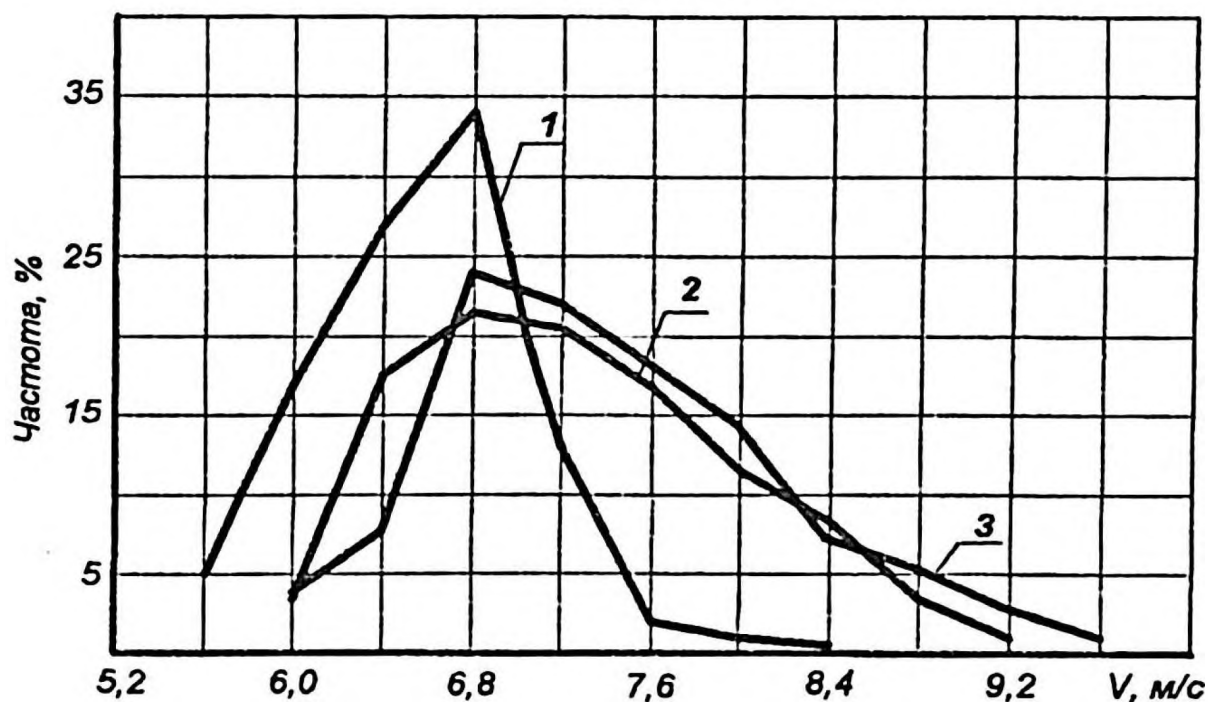


Рис. 2.4. Полигоны распределения бобов сои сорта Смена по скорости витания: 1 – односемянные; 2 – двусемянные; 3 – трехсемянные бобы

Средняя величина скорости для одно-, двух- и трехсемянных бобов различается незначительно и имеет соответственно значения 6,6 м/с, 7,3 м/с, 7,4 м/с. Максимальное значение скорости витания равной 9,6 м/с, имеют трехсемянные бобы.

По данным литературных источников скорость витания зерна сои находится в пределах 10...17 м/с.

2.2 К оценке прочности бобов сои как объекта обмолота

Боб сои представляет собой сложное тело, состоящее из двух створок с некоторым усилием соединенным между собой менее прочной органической тканью. Причем, створки имеют ячейки в зависимости от количества семян. При обмолоте сои происходит разрушение створок или связей между ними. В зерноуборочном комбайне это может произойти в двух случаях. Первый характеризуется тем, что боб не подвергается непосредственному контакту с рабочим органом. Однако изменение скорости и ускорения пучка или отдельных растений могут быть достаточными, чтобы возникающие силы инерции семян, действуя изнутри, раскрывали створки бобов. Второй случай обмолота характеризуется деформацией сжатия, удара, защемления и как результат – разрушения растительной массы, в том числе и бобов. Вместе с тем в чистом виде эти два случая в технологическом процессе зерноуборочного комбайна трудно разделить, но они могут служить некоторым критерием обмолачиваемости бобов.

Применив известную методику, определяли работу, необходимую на выделение семян из бобов на основе динамического воздействия. При этом раскрытие створок за счет сил инерции семян происходит в результате удара при падении с некоторой высоты стаканчика с закрепленным в нем за один конец бобом. Установлено, что в зависимости от количества семян в бобе эта работа составила:

для односемянных бобов – 2,58...11,4 мДж;

для двусемянных бобов – 1,62...9,16 мДж;

для трехсемянных бобов – 0,72...8,21 мДж.

Кроме того, анализ результатов опытов показал, что щуплые, плоские бобы (отношение ширины к толщине боба больше двух) обмолачиваются наиболее трудно, причем величина затрачиваемой работы сравнима с таковой для зерновых культур.

Определение обмолачиваемости бобов сои ударом при помощи специального копра показало, что при скорости стального бойка, равной 0,91 м/с, наблюдается разрушение створок и выделение семян (рис.2.5).

В результате обработки опытных данных получены следующие уравнения обмолачиваемости бобов сои при ударе стальным бойком (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Уравнения обмолота бобов сои в зависимости от скорости и направления удара стального бойка

Направление удара бойка (рис. 2.5)	Сорт сои	Тип бобов	Вид уравнения
I	Смена	Односемянные	$O_1 = 3,41v^2 - 21,32$
		Двусемянных	$O_1 = 3,20v^2 - 7,60$
		Трехсемянные	$O_1 = 3,85v^2 - 3,72$
I	Амурская-310	Односемянные	$O_1 = 3,01v^2 - 12,70$
		Двусемянных	$O_1 = 3,50v^2 - 10,10$
		Трехсемянные	$O_1 = 3,83v^2 - 4,49$
II	Смена	Односемянные	$O_1 = 1,17v^2 - 0,78v - 14,90$
		Двусемянных	$O_1 = 1,45v^2 - 8,01$
		Трехсемянные	$O_1 = 1,99v^2 - 12,18$
II	Амурская-310	Односемянные	$O_1 = 1,30v^2 - 11,36$
		Двусемянных	$O_1 = 1,59v^2 - 10,62$
		Трехсемянные	$O_1 = 1,76v^2 - 7,11$

Опыты показали, что односемянные бобы менее податливы обмолоту, чем двух- и трехсемянные. Это можно объяснить тем, что отношение массы семян к длине линии стыка, соединяющей створки боба наименьшее у односемянных бобов, а, следовательно, и работа, необходимая для разрушения связей, возрастает. Нанесение удара бойком по ширине боба (рис.2.5, схема II) значительно уменьшает обмолот по сравнению с ударом по толщине (схема I).

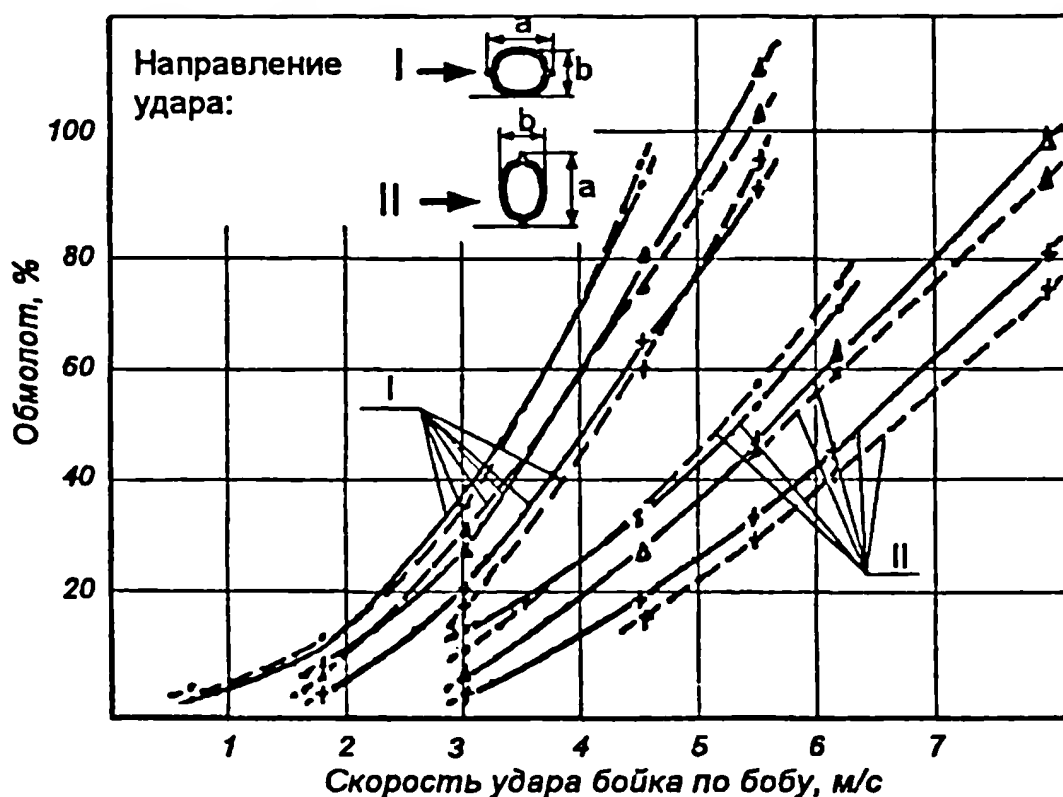


Рис. 2.5. Зависимость обмолота бобов сои от скорости и направления удара стального бойка

Одна из причин такого явления состоит в том, что стенка створки, по которой происходил удар, плотно прилегает к зерну, а для их деформации требуется большее усилие, чем для деформации только створок, как это происходит при ударе по схеме I.

Киносъемка процесса обмолота бобов сои ударом позволила более глубоко наблюдать происходящие при этом явле-

ния. Анализируя полученные снимки можно выделить три фазы взаимодействия бойка с бобом и семенами (рис.2.6).

Первая фаза – встреча бойка с бобом и их совместное движение (кадр 2). При этом напряжение в зоне контакта достигает величины, при которой створки деформируются и разрушаются (кадр 3), а семя сои под действием силы инерции движется навстречу бойку.

Во время второй фазы происходит восстановление упругих деформаций створок (кадр 4), под действием которых, а также под действием центробежной силы, в случае вращательного движения бойка, они приобретают некоторую скорость. В это же время происходит встреча семян с поверхностью бойка, то есть происходит соударение между ними (кадр 5). В период третьей фазы семена сои, получив ударный импульс, продолжают движение (кадры 6, 7, 8).

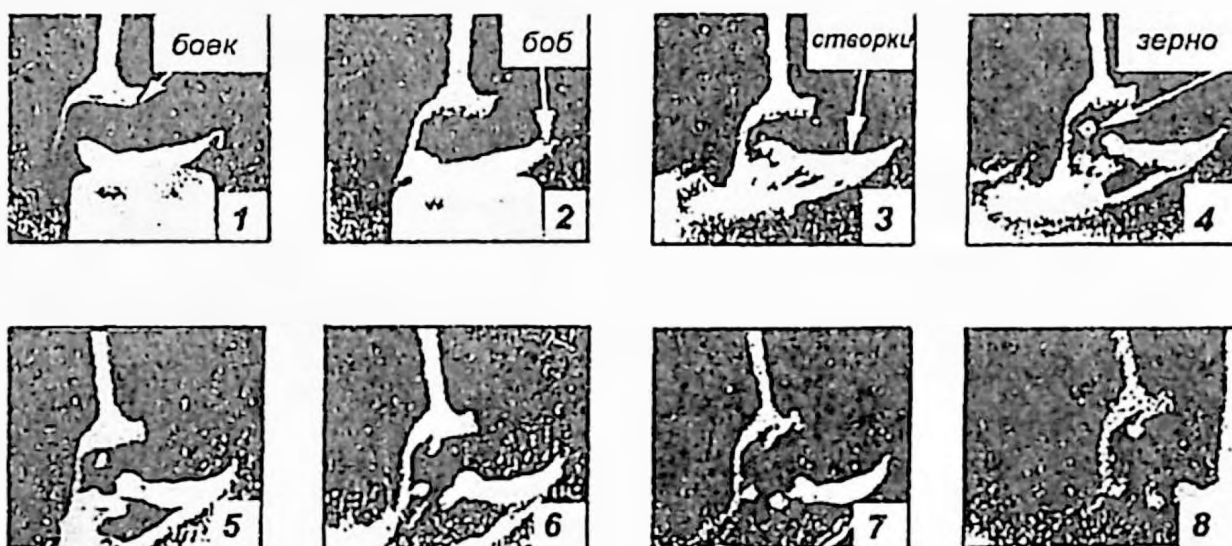


Рис.2.6. Кадры киносъемки процесса разрушения боба сои бойком и фазы их взаимодействия:
 1; 2 – встреча бойка с бобом и их совместное движение;
 3 – разрушение створок боба; 4; 5; 6 – встреча бойка с зерном;
 7; 8 – отскок зерна от бойка

Таким образом, при ударе какого-либо рабочего органа комбайна, например, планки транспортера мотовила по соевому бобу и его разрушению происходит также удар и по семенам, которые могут в дальнейшем перемещаться в направле-

нии, определяемом кинематическими и конструктивными параметрами рабочего органа, а также формой и упругими свойствами семян.

Исходя из особенности устройства боба сои оценим его прочность, то есть способность сопротивляться действию сосредоточенной силы в зависимости от формы и поперечного сечения, определяемого соотношением толщины (b) и ширины (a) боба (рис. 2.7), а также направления приложения нагрузки.

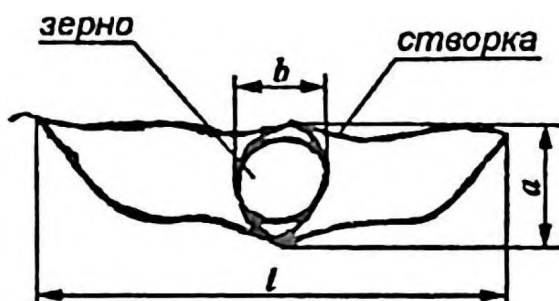


Рис. 2.7. Схема боба и его размеры:
 a – ширина; b – толщина; l – длина

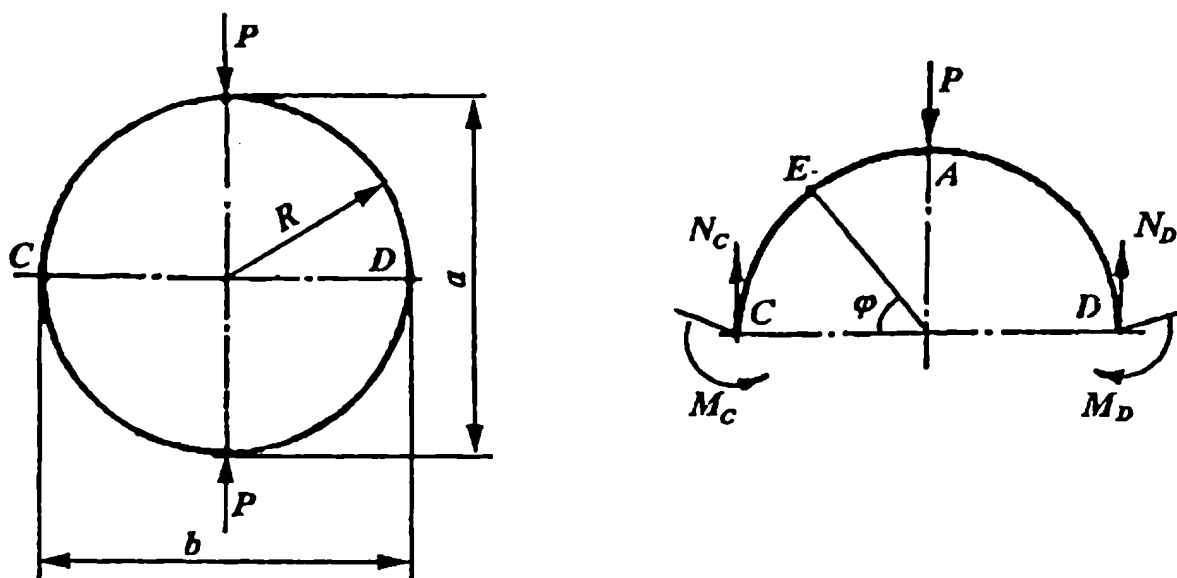


Рис. 2.8. Схема к определению моментов в опасных сечениях боба кольцевой формы в поперечном сечении

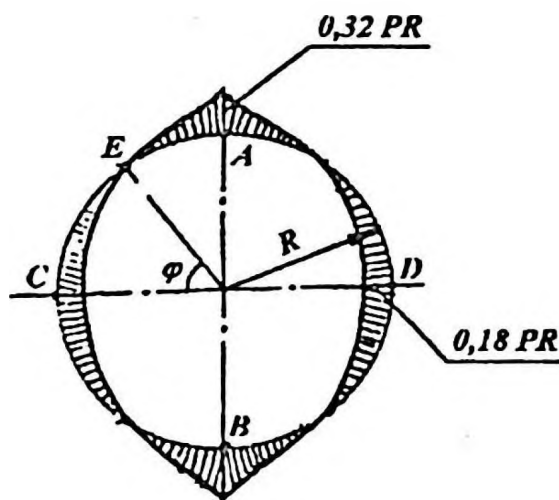


Рис. 2.9. Эпюра изгибающего момента для кольцевой формы поперечного сечения боба

Рассмотрим несколько форм поперечного устройства боба, способов его нагружения и возникающих при этом моментов в опасных точках нагруженного участка.

1. Случай $a = b = l$, то есть створки в сечении представляют собой кольцо, сжимаемое некоторой сосредоточенной нагрузкой P . Разрежем кольцо (рис. 2.8) по горизонтальному диаметру CD . В сечениях C и D поперечные силы равны нулю. Кольцо симметрично относительно линии действия силы P .

Поэтому $N_C = N_D = P/2$. $M_C = M_D$

Момент в сечении A составит

$$M_A = \frac{P \cdot R}{\pi} \quad (3)$$

а в точках C и D

$$M_C = M_D = P \cdot R \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \right) \quad (4)$$

Изгибающий момент в произвольном сечении E определяется из выражения:

$$M_E = P \cdot R \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{2} \cos \varphi \right) \quad (5)$$

Отсюда нетрудно построить эпюру изгибающих моментов, возникающих в кольцевой оболочке боба (рис. 2.10).

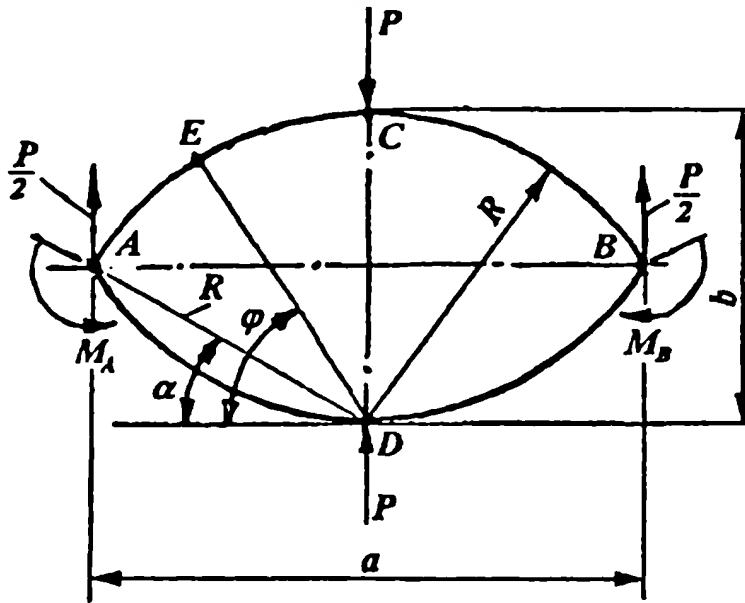


Рис. 2.10. Схема к определению опасной точки боба двухдугового сечения при $\frac{b}{a} = k < 1$ и приложении нагрузки вдоль толщины b

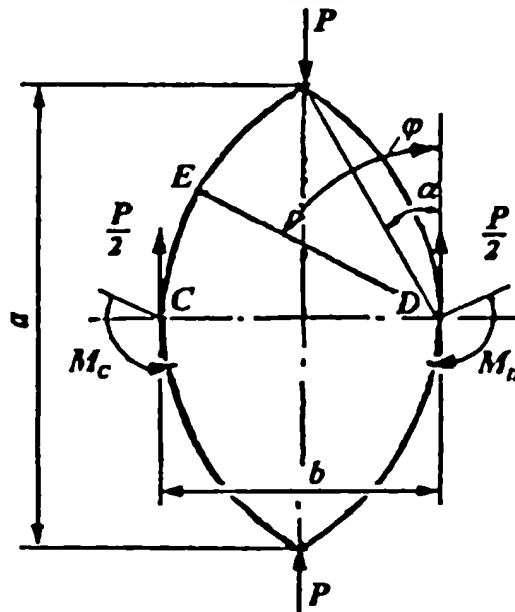


Рис. 2.11. Схема к определению опасной точки боба двухдугового сечения при $\frac{b}{a} = k < 1$ и приложении нагрузки вдоль ширины a

2. Случай, при котором $b < a$, то есть $\frac{b}{a} = k < 1$. Створки в сечении представляют собой конструкцию, составленную из двух одинаковых дуг окружности радиуса R .

Из рисунка 2.10 видно, что

$$R = R \cdot \sin \alpha + \frac{b}{2}; \quad R \cdot \cos \alpha = \frac{a}{2}$$

$$\sin \alpha = \frac{R - \frac{b}{2}}{R} = 1 - \frac{b}{2R}, \quad \cos \alpha = \frac{a}{2R}.$$

Следовательно, параметры a , b , R связаны соотношением:

$$\left(1 - \frac{b}{2R}\right)^2 + \left(\frac{a}{2R}\right)^2 = 1. \quad (6)$$

Отсюда после несложных преобразований получим:

$$R = \frac{a(1+k^2)}{4k}, \quad (7)$$

$$\sin \alpha = \frac{1-k^2}{1+k^2}, \quad (8)$$

$$\cos \alpha = \frac{2k}{1+k^2}, \quad (9)$$

где $k = \frac{b}{a}$ – соотношение между толщиной b и шириной a

боа;

α – угол, характеризующий положение линий стыка створок боа.

$$M_p = \frac{P}{2} R (\cos \alpha - \cos \varphi), \quad (10)$$

где $\alpha < \varphi < \frac{\pi}{2}$.

Применив интеграл Мора, определим угол поворота сечения A от действия силы P в направлении единичного момента $M_1 = -1$.

$$\begin{aligned}\delta_{1P} &= - \int_{\alpha}^{\pi/2} \frac{P \cdot R^2}{2E \cdot J} (\cos \alpha - \cos \varphi) = \\ &= \frac{P \cdot R^2}{2E \cdot J} \left[1 - \sin \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \cdot \cos \alpha \right],\end{aligned}\quad (11)$$

где E – модуль упругости створки боба;
 J – момент инерции сечения при изгибе створки.

Угол поворота сечения A от действия единичного момента $M_1 = -1$ найдем из выражения:

$$\delta_{11} = \int_{\alpha}^{\pi/2} \frac{R \cdot d\varphi}{E} = \frac{R}{2E} \cdot (\pi - 2\alpha) \quad (12)$$

Модуль момента в точках A и B составит:

$$X_1 = - \frac{\delta_{1P}}{\delta_{11}} = P \cdot R \left(\frac{\cos \alpha}{2} - \frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} \right).$$

Следовательно

$$M_A = M_B = -X_1 = P \cdot R \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} - \frac{\cos \alpha}{2} \right) \quad (13)$$

В итоге изгибающий момент в произвольном сечении равен алгебраической сумме момента M_P от заданной силы P и момента M_1 , увеличенного в X_1 раз:

$$M_{изг.} = M_P + M_A = P \cdot R \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} - 0,5 \cos \alpha \right) \quad (14)$$

Момент в сечении C приложения силы P определим из выражения:

$$M_C = \frac{P}{2} R \cdot \cos \alpha - X_1 = P \cdot R \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} \right). \quad (15)$$

Подставляя в (13) и (15) выражения (7), (8), (9), запишем:

$$M_A = M_B = \frac{P \cdot a}{4} \cdot \left[\frac{2k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} - 1 \right] \quad (16)$$

$$M_C = P \cdot R \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} \right) = P \cdot a \cdot \left(\frac{1+k^2}{4k} \right) \cdot \left[\frac{1 - \frac{1-k^2}{1+k^2}}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} \right] =$$

$$= \frac{P \cdot a \left(\frac{1+k^2}{4k} \right) - P \cdot a \cdot \left(\frac{1+k^2}{4k} \right) \cdot \frac{1-k^2}{1+k^2}}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)}.$$

После преобразований получим:

$$M_C = \frac{P \cdot a}{2} \left[\frac{k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} \right] \quad (18)$$

Изменив направление приложения нагрузки, как показано на рисунке 2.11, и рассуждая аналогично предыдущим примерам, запишем выражения для определения изгибающих моментов

$M_A = M_B$ и $M_C = M_D$:

$$M'_A = M'_B = P \cdot R \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{\pi - 2\alpha} - 0,5 \sin \alpha \right) =$$

$$= \frac{P \cdot a}{4} \cdot \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} - \frac{1-k^2}{2k} \right] \quad (19)$$

$$M'_C = M'_D = P \cdot R \cdot \left[\frac{2k}{(1+k^2)(\pi - 2\alpha)} - \frac{1}{2} \right] =$$

$$= -\frac{P \cdot a}{4} \cdot \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} - \frac{1+k^2}{2k} \right] \quad (20)$$

Таблица 2.5

Расчет значений изгибающих моментов в опасных сечениях боба

в зависимости от соотношения $k = \frac{b}{a}$ и направления приложения нагрузки

Расчетные формулы для определения моментов	Величина момента в зависимости от k и приложения нагрузки вдоль толщины боба			
	$k=0,5$	$k=0,7$	$k=0,9$	$k=1,0$
1	2	3	4	5
$M_A = M_B = \frac{P \cdot a}{2} \cdot \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} - 1 \right]$	$0,115 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,107 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,096 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,09 \frac{P \cdot a}{2}$
$M_C = M_D = \frac{P \cdot a}{2} \cdot \left[\frac{k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} \right]$	$0,134 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,143 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,154 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,159 \frac{P \cdot a}{2}$

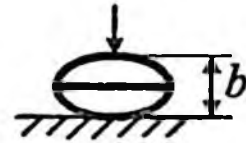


Таблица 2.6

Расчет значений изгибающих моментов в опасных сечениях боба в зависимости от соотношения $k = \frac{b}{a}$ и направления приложения нагрузки

Расчетные формулы для определения моментов	Величина момента в зависимости от k и приложения нагрузки вдоль ширины боба			
	$k = 0,5$	$k = 0,7$	$k = 0,9$	$k = 1,0$
$M'_A = M'_B = \frac{P \cdot a}{2} \cdot \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} - \frac{1-k^2}{2k} \right]$	$0,082 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,115 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,145 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,160 \frac{P \cdot a}{2}$
$M'_C = M'_D = \frac{P \cdot a}{2} \cdot \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1-k^2}{1+k^2} \right)} - \frac{1+k^2}{2k} \right]$	$0,042 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,06 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,08 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,09 \frac{P \cdot a}{2}$

Из таблиц 2.5 и 2.6 и графиков (рис. 2.12) видно, что при увеличении толщины бобов, то есть $\frac{b}{a} \rightarrow 1$ и приложении нагрузки вдоль толщины b изгибающие моменты в сечениях A и B уменьшаются, следовательно, возможность его разрушения снижается, то есть боб становится более прочным. Вместе с тем при увеличении толщины b боба при $a = \text{const}$ и направлении приложения нагрузки вдоль ширины a моменты $M_A = M_B$ возрастают, то есть способность боба сопротивляться действию разрушающих нагрузок снижается.

Из приведенных выше теоретических исследований можно предположить, что бобы сои, хорошо выполненные при соотношении $\frac{b}{a} \rightarrow 1$, легче поддаются обмолоту сжатием. Проверка этой предпосылки проводилась при помощи тензометрического пресса (рис. 2.14). Отобрав бобы, шириной $a =$

9,5...9,7 мм и отличающихся толщиной $b = 5,78; 6,20; 6,81; 7,28; 7,52$ мм, определили силу, потребную на их разрушение при сжатии стальными поверхностями и приложении нагрузки вдоль ширины.

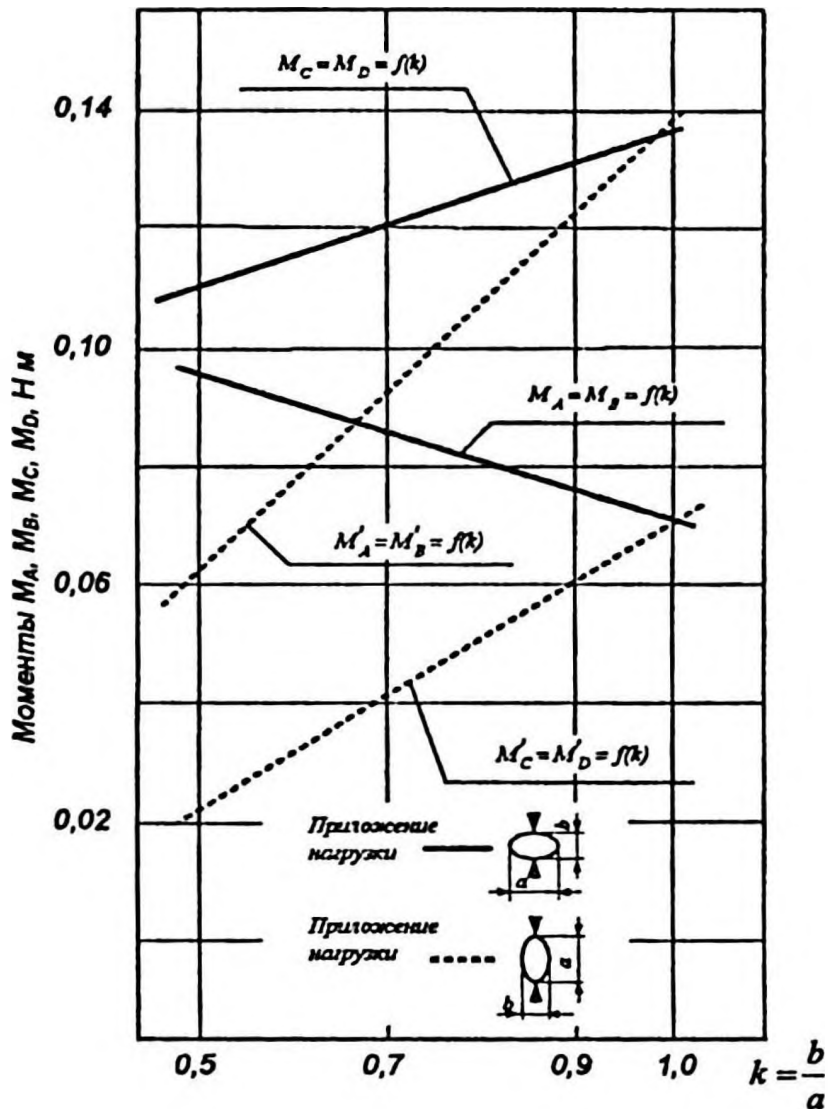


Рис. 2.12. Зависимость моментов M_d, M_b, M_c, M_l в опасных сечениях A, B, C, D боба сои от соотношения $k = \frac{b}{a}$ и направления приложения нагрузки

Опыт показал, что при увеличении толщины бобов с 5,78 м до 7,52 мм сила разрушения уменьшается с 7,36Н до 4,5Н, то есть в 1,6 раза (рис. 2.13).

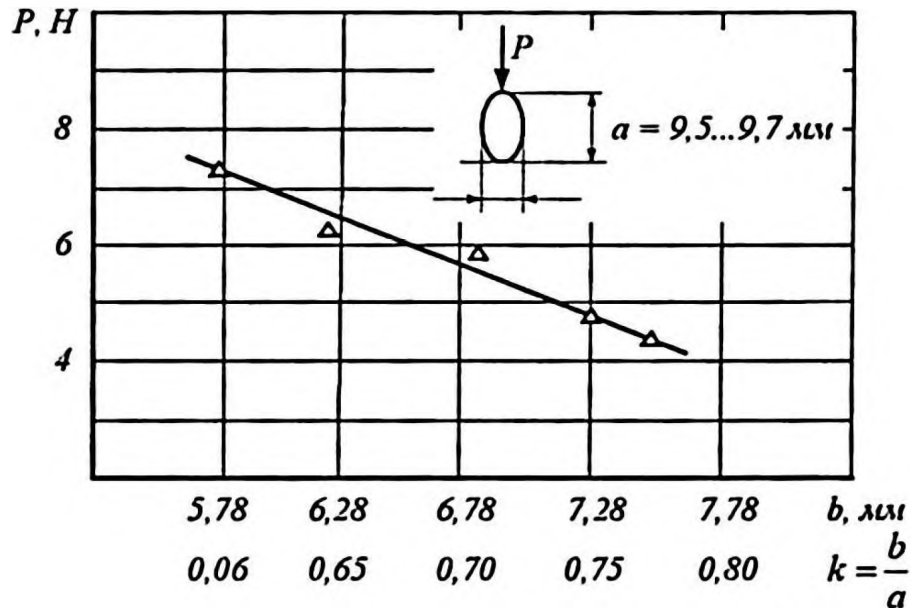


Рис. 2.13 Зависимость силы, потребной на разрушение боба сои сжатием от толщины бобов b или соотношения $k = \frac{b}{a}$

2.3 Прочность, упругие и пластические деформации семян сои. Коэффициенты Пуассона, восстановления семян и трения растений сои

Прочность зерна сои при сжатии стальными поверхностями определялась при помощи тензометрического пресса, разработанного на кафедре сельхозмашин БСХИ (рис. 2.14).

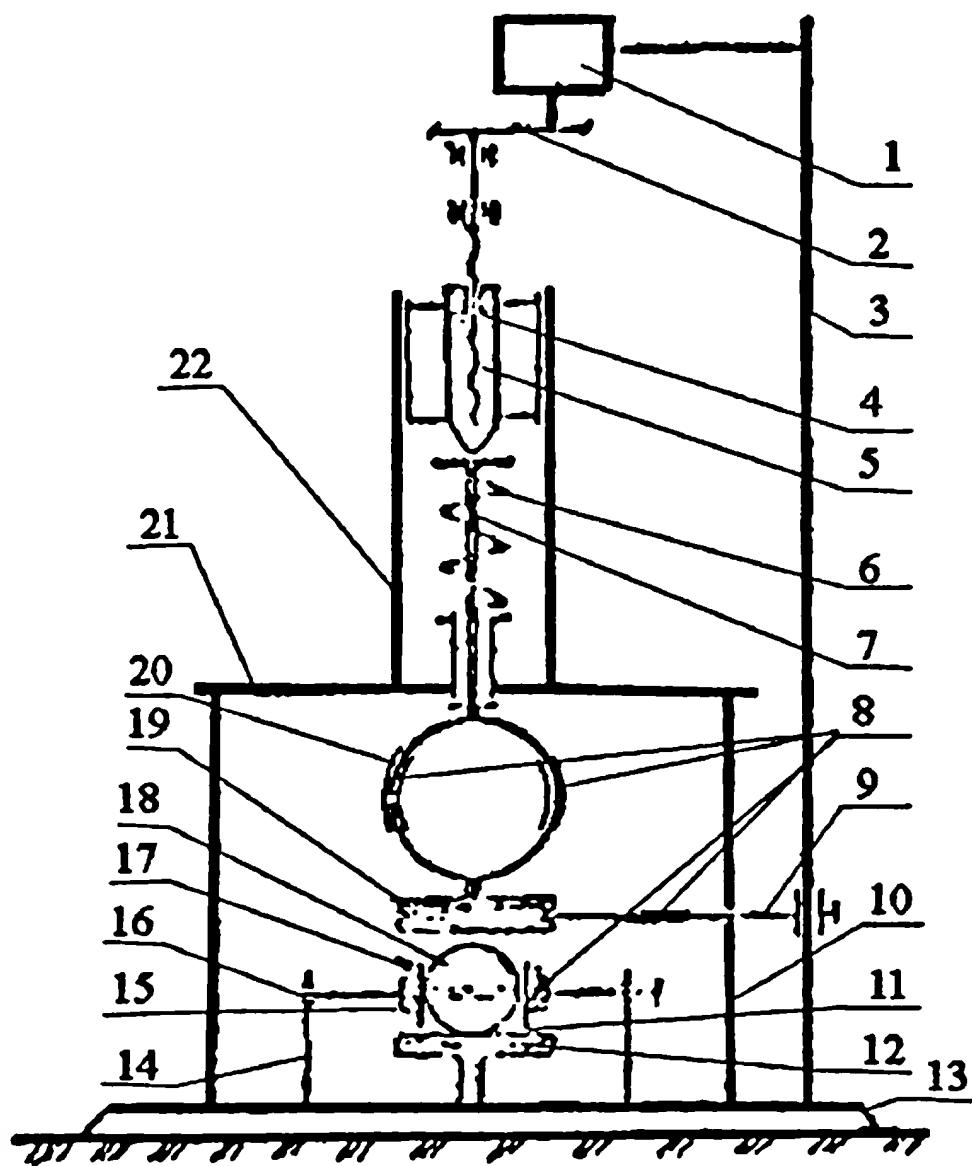


Рис. 2.14. Схема прибора для изучения механических свойств с.-х. культур:


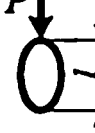
1 – электродвигатель; 2 – зубчатая передача; 3, 10, 14 – стойки; 4 – гайка с наконечником; 5 – винт; 6 – пружина; 7 – шток; 8 – проводочные датчики; 9, 17 – стальные пластинки; 12 – основание (наковальня); 13 – станина; 15 – бобышка; 16 – стержень направляющий; 18 – зерно сои; 19 – головка штока; 20 – упорное кольцо; 21 – балка жесткости; 22 – направляющий цилиндр

Сила, необходимая на разрушение семян сои, зависит от сорта, направления приложения нагрузки, коэффициента сферичности и влажности (табл. 2.7, рис. 2.15, 2.16).

Из рисунка 2.16 видно, что увеличение влажности семян сои ведет к уменьшению их прочности при сжатии, а также изменению упругих и пластических деформаций (рис.2.17). Увеличение сферичности семян для направлений сжатия вдоль толщины и ширины также ведет к уменьшению силы разрушения (рис. 2.15).

Таблица 2.7

Сила разрушения семян (Н) влажностью 7...9% при сжатии стальными поверхностями и направлении приложения нагрузки

Сорт сои	Значение силы разрушения (Н) при направлении приложения нагрузки		
			
ВНИИС-1	173,5	108,7	124,2
Янтарная	203,6	132,7	119,1
ВНИИС-2	160,7	125,6	114,8

Рассматривая диаграммы нагружения сои для разной влажности (рис. 2.19), отмечаем, что зерно как с влажностью $W = 3...5\%$, так и с большей ($W = 7...9\%$) имеет характерные участки $A - B$, отвечающие закону Гука.

Так как в пределах этого закона тангенс угла δ определяется величиной $\frac{l}{E}$, то можем записать:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{l}{E} \quad \text{или} \quad E = \frac{l}{\operatorname{tg} \delta}, \quad (21)$$

где E – модуль упругости;

δ – угол наклона участка AB (рис. 2.19).

Точку B следует считать пределом упругости и началом разрушения зерна. Участок OA характеризуется смятием сферической площадки, так как происходит контакт в точке, и соответствует зоне пластичности зерна.

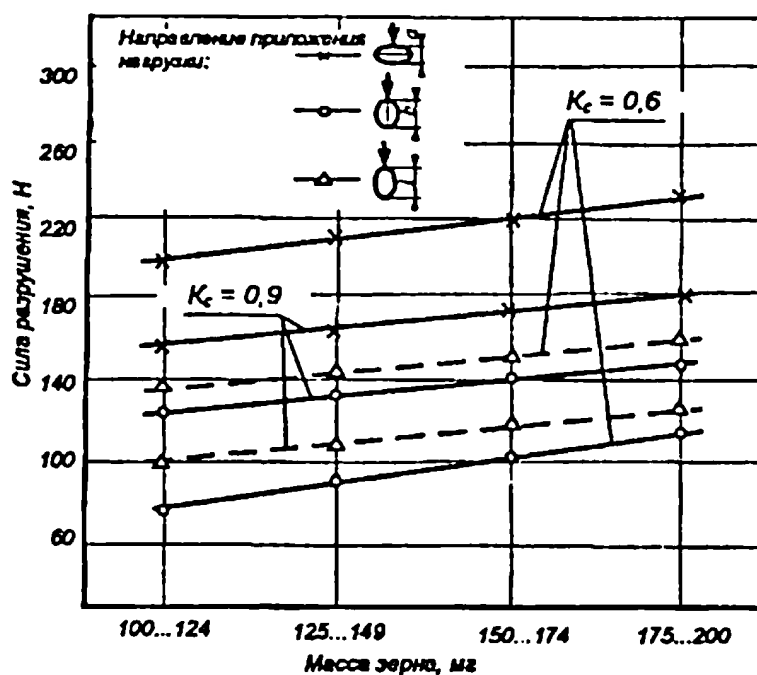


Рис. 2.15. Сила разрушения семян сои при сжатии стальными поверхностями от их массы для коэффициентов сферичности $K_{сф} = 0,6; 0,9$ и направления приложения нагрузки (b – толщина; a – ширина; l – длина зерна)

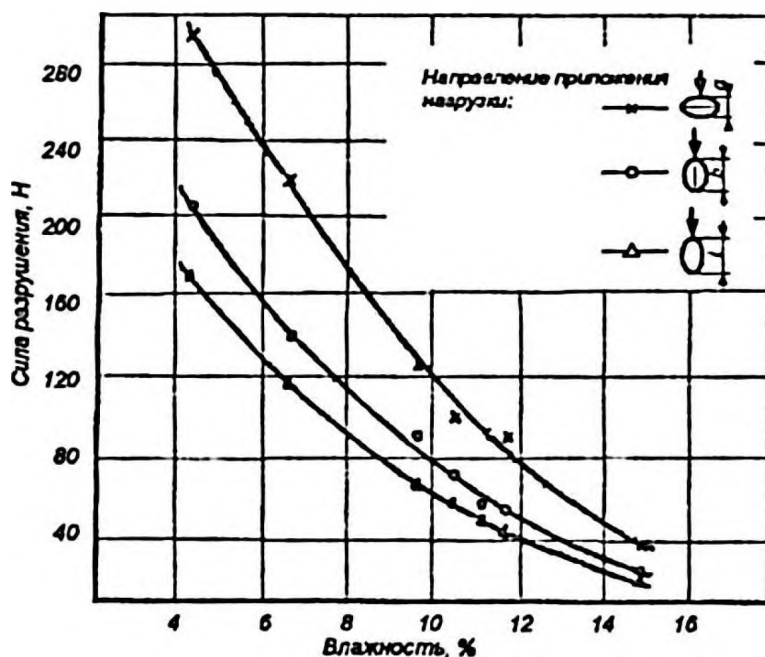


Рис. 2.16. Сила разрушения семян сои сжатием стальными поверхностями от их влажности и направления приложения нагрузки при $K_{сф} = 0,7...0,8$ и массе зерна 100...124 мг (b – толщина; a – ширина; l – длина зерна)

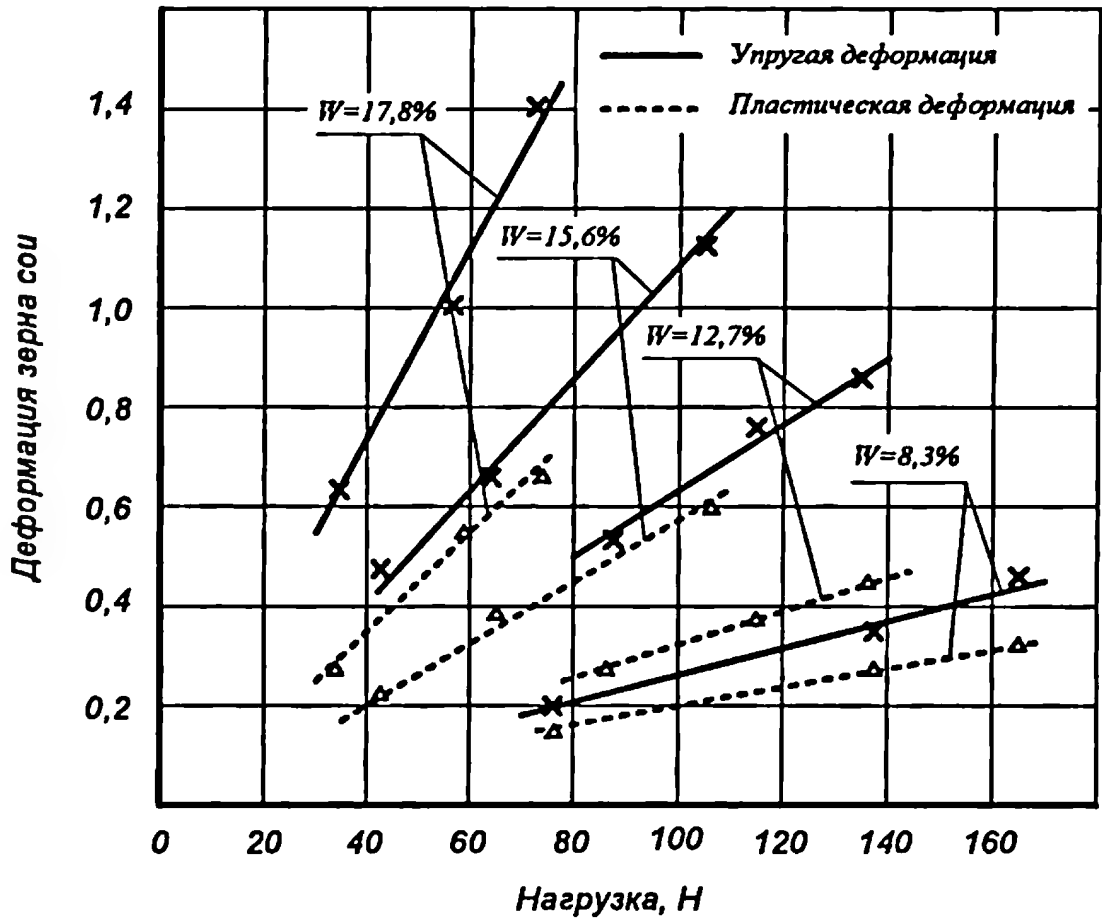


Рис. 2.17. Изменение упругой и пластической деформации семян сои в зависимости от нагрузки и влажности W

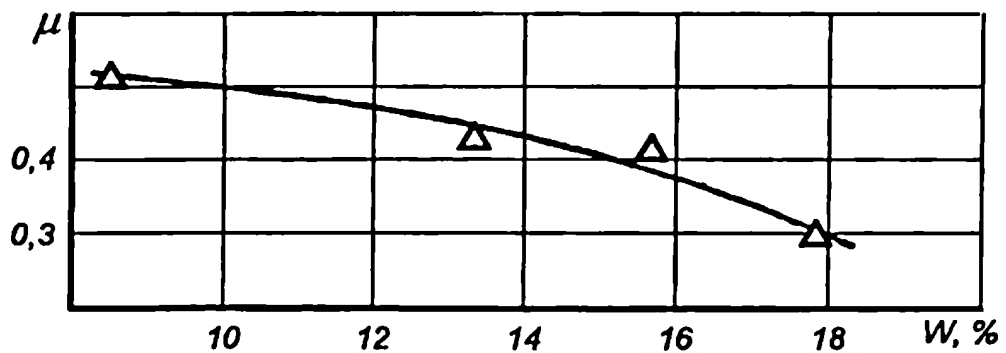


Рис. 2.18. Зависимость коэффициента Пуассона μ семян сои от влажности W

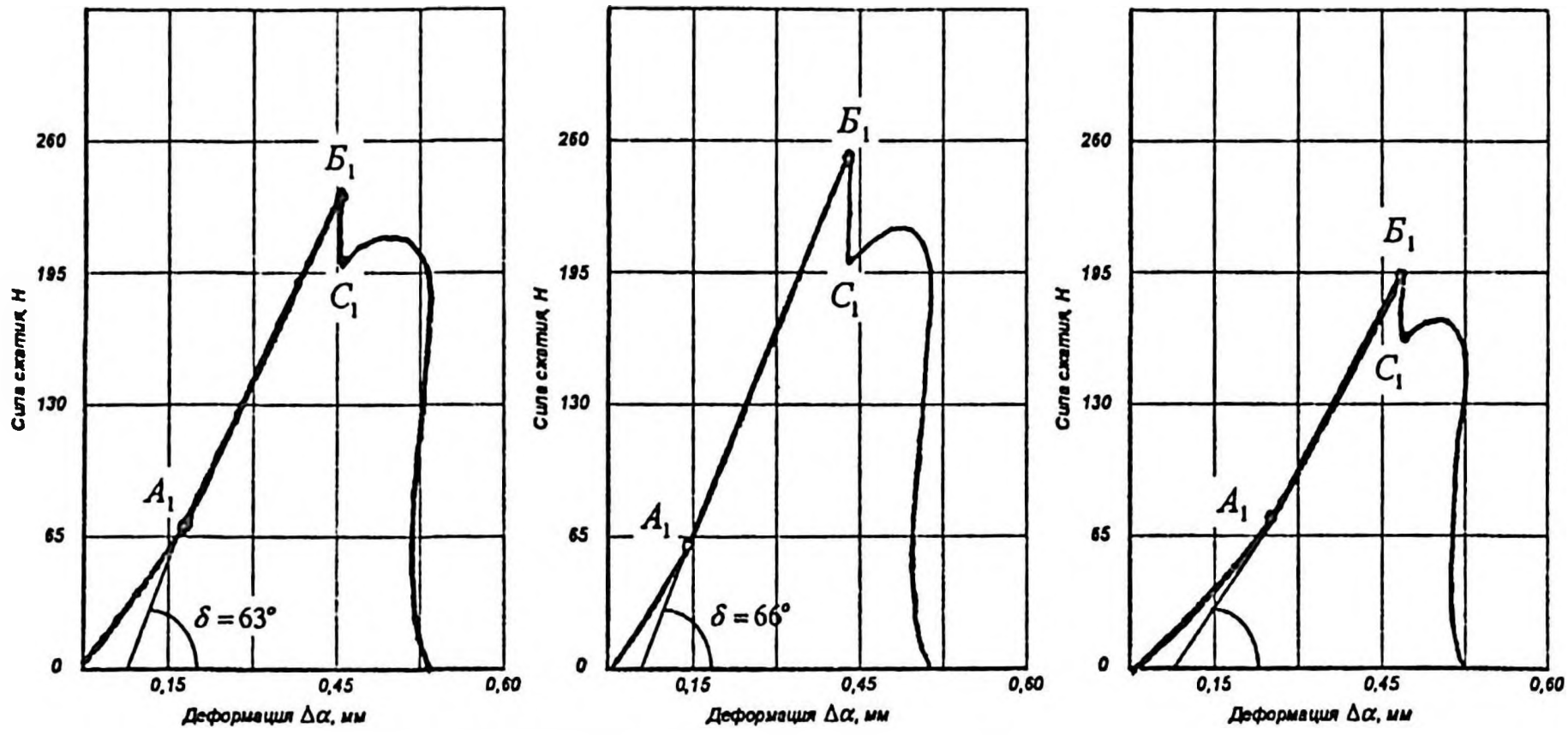


Рис. 2.19. Характерные диаграммы сжатия семян сои при влажности:
 1 – $W = 3...5\%$; 2 – $W = 5...7\%$; 3 – $W = 7...9\%$

Из диаграмм (рис. 2.19) и графиков (рис. 2.17) видно, что с увеличением влажности семян участок пластичности возрастает.

С изменением влажности семян сои и их сжатии происходит изменение не только продольной, но и поперечной деформации (табл. 2.8), что позволяет определить коэффициент Пуассона (рис. 2.18).

$$\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (22)$$

где $\varepsilon_1 = \frac{S}{b}$ – относительная поперечная деформация зерна;

$\varepsilon_2 = \frac{\lambda}{a}$ – относительная продольная деформация зерна;

b и a – толщина и ширина семян сои соответственно, мм.

При вымолоте сои из бобов в зоне жатвенной части наблюдается их соударение с рабочими поверхностями шнека, а также днищем. Причем от направления удара, скорости соударения и свойства материалов, участвующих в ударном процессе, во многом зависит дальнейшее движение семян, в том числе и за пределы платформы жатки.

Таблица 2.8

Зависимость продольной λ и поперечной S деформации семян сои от влажности W при нагрузке $P = 70\text{Н}$

Вид деформации, мм	Величина деформации при влажности зерна, %			
	$W = 8,3$	$W = 12,7$	$W = 15,6$	$W = 17,8$
Продольная	0,31	0,63	1,13	1,98
Поперечная	0,11	0,19	0,38	0,50

В связи с этим важно знать коэффициент восстановления семян сои при ударе. Его величину определяли экспериментально, применив теорему об изменении кинетической энергии. Тогда скорость падающих семян в начале и конце удара составит

$$v = \sqrt{2gH}, \quad U = \sqrt{2gh}, \quad (23)$$

где h – высота подскока сои после удара, мм;
 H – высота падения зерна без начальной скорости, мм.

Отсюда имеем:

$$e = \frac{U}{v} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{h}{H}}, \quad (24)$$

Результаты опытов представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9

Коэффициент восстановления семян сои сорта ВНИИС-2
 влажностью W при высоте бросания H для различных материалов
 и их толщины

Материал	Толщина материала, мм	H = 0,5 м		H = 1,0 м	
		W=4,3%	W= 10,2%	W = 4,3%	W = 10,2%
Сталь неокрашенная	2	0,67	0,53	0,64	0,51
	8	0,69	0,55	0,67	0,53
Сталь окрашенная	2	0,63	0,51	0,59	0,50
	8	0,64	0,53	0,63	0,51
Резина	2	0,47	0,43	0,45	0,42
	4,5	0,56	0,51	0,52	0,49

Из таблицы 2.9 видно, что с увеличением влажности сои ее коэффициент восстановления уменьшается.

Определение коэффициента трения стеблей сои сорта Смена по различным поверхностям показало, что его величина уменьшается с увеличением влажности (табл. 2.10). Это можно объяснить тем, что в месте контакта с поверхностью трения из стеблей выделяется влага, способствующая снижению силы трения.

Таблица 2.10

Значение коэффициента трения стеблей сои в зависимости от их влажности и характера поверхности

Влажность стеблей, %	Поверхность трения	Среднее арифметическое коэффициента трения	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
1	2	3	4	5
6,8	Сталь неокрашенная	0,50	0,04	8,0
	Сталь окрашенная	0,52	0,06	11,5
	Ремень прорезиненный	0,53	0,06	11,3
11,3	Сталь неокрашенная	0,47	0,03	6,4
	Сталь окрашенная	0,49	0,05	10,2
	Ремень прорезиненный	0,50	0,04	8,0
19,7	Сталь неокрашенная	0,43	0,01	2,3
	Сталь окрашенная	0,45	0,02	4,4
	Ремень прорезиненный	0,45	0,01	2,2

Вместе с тем запись силы трения показала, что ее величина в момент начала движения (статический коэффициент трения) на 8...11% больше, чем среднее арифметическое значение за время опыта.

2.4 Закономерность сжатия растений сои

Процесс перемещения растительной массы рабочими органами зерноуборочного комбайна сопровождается ее сжатием и деформацией. Способность растений сопротивляться сжимающим усилиям является одним из факторов, определяющих качество и энергетику процесса транспортирования и обмола. В связи с недостаточной изученностью этого явления в проводимой нами разработке вальцового деформатора, действующего на растения сжатием, возникла необходимость в соответствующих исследованиях. В качестве объекта выбрали сою сорта ВНИИС-2, имеющую длину стебля 72...83 см, влаж-

ность стеблей и семян 9... 10%, удельный вес при укладке слоем до 16 см составил 272,7 Н/м³.

Нагружение стеблей, расположенных ровным слоем исходной толщины 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 см, проводилось ступенчато грузами с записью величины их абсолютной деформации. В таблице 2.11 и на рисунке 2.20 представлены результаты обработки опытных данных.

Таблица 2.11

Деформация сжатия растений сои сорта ВНИИС-2
от давления

№	Давление (q)		Деформация (см) сжатия растений сои при начальной толщине слоя (h_x), см				
	Н/см ²	кПа	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5
1	0,00096	0,0941	0,080	0,320	0,54	0,71	0,91
2	0,00192	0,1883	0,250	0,85	0,98	1,22	1,60
3	0,00288	0,2524	0,325	0,81	1,22	1,64	1,81
4	0,00384	0,1766	0,390	0,96	1,46	1,82	2,24
5	0,00769	0,7541	0,495	1,23	1,87	2,36	2,82
6	0,0115	1,1277	0,695	1,40	2,19	2,78	3,31
7	0,0153	1,5004	0,655	1,52	2,37	3,00	3,51
8	0,0192	1,8828	0,680	1,64	2,48	3,06	3,81
9	0,0237	2,2560	0,705	1,69	2,63	2,28	4,05
10	0,0269	2,6379	0,710	1,78	2,72	3,42	4,20
11	0,0307	3,0106	0,720	1,84	2,82	3,59	4,34

Предположив, что между величиной давления и деформацией стеблей сои существует зависимость, получим:

$$q = Ae^{mx}, \quad (25)$$

где q – давление на стебли;

A и m – коэффициенты, определяемые экспериментальным путем;

x – величина деформации стеблей;

e – основание натуральных логарифмов.

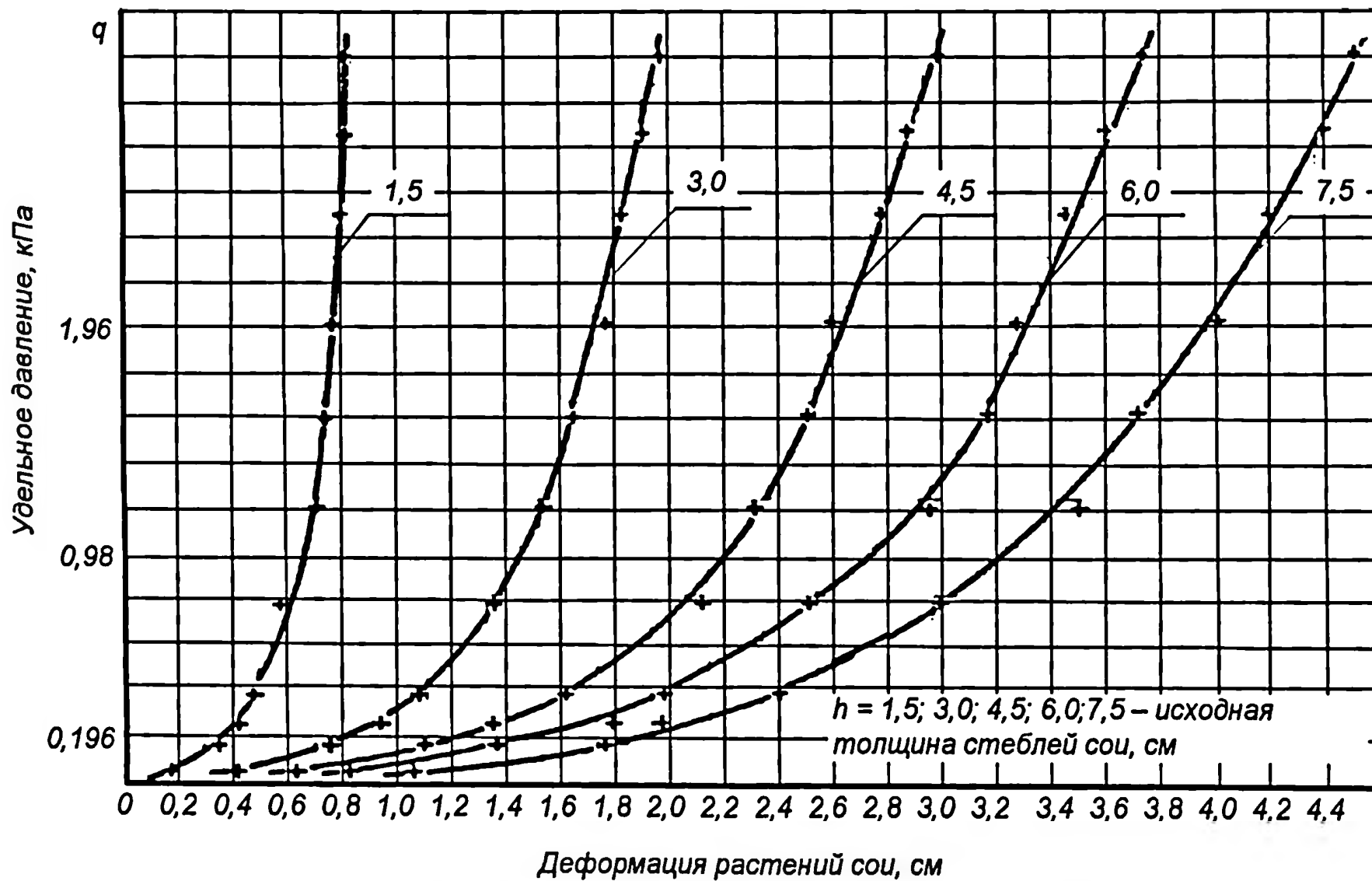


Рис.2.20. Удельное давление q в слое стеблей от деформации сжатия x

Имея результаты опыта, представленные в таблице 2.11, составим уравнения для определения A и m , руководствуясь среднеарифметическим методом:

$$m \cdot \lg e \sum_1^{s_1} x + S_1 \cdot \lg A - \sum_1^{s_1} \lg q = 0; \quad (26)$$

$$m \cdot \lg e \sum_{s_1+1}^{s_2} x + S_2 \cdot \lg A - \sum_1^{s_1} \lg q = 0, \quad (27)$$

где S_1 и S_2 – части общего количества опытов в эксперименте при сжатии стеблей исходной толщины h_x .

Из уравнения (26) можем записать выражение:

$$\lg A = \frac{\sum_1^{s_1} \lg q - m \cdot \lg e \sum_1^{s_1} x}{S_1}, \quad (28)$$

и, подставив его в (27), найдем m :

$$m = \frac{\sum_{s_1+1}^{s_2} \lg q - \frac{S_2}{S_1} \sum_1^{s_1} \lg q}{\lg e \left(\sum_{s_1+1}^{s_2} x - \frac{S_2}{S_1} \sum_1^{s_1} x \right)}. \quad (29)$$

В результате проведенных опытов и их обработки установлены следующие значения коэффициентов A и m для принятых значений исходной толщины слоя стеблей сои h_x (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Значение экспериментальных коэффициентов A и m
и расчетного β

Исходная толщина слоя стеблей сои h_x , см	Коэффициенты			$\beta = m h_x$
	кПа	кг/см ²	m , л/см	
1,5	0,050	0,00051	5,18	7,77
3,0	0,041	0,00042	2,34	7,02
4,5	0,043	0,00044	1,50	6,75
6,0	0,041	0,00042	1,22	7,32
7.5	0,041	0,00042	0,99	7,425

ГЛАВА 3

**АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОИСК ПУТЕЙ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ЖАТКИ И МСУ КОМБАЙНОВ НА УБОРКЕ СОИ****3.1 Разработка научных основ совершенствования
уборки сои**

Ученые, проводившие исследования по уборке сои

**ВОЛКОВ**

Алексей Тихонович
(1927 – 1998 гг.)

Алексей Тихонович родился в г. Урюпинске Сталинградской области в крестьянской семье. В 1944 году закончил экстерном Днепропетровскую железнодорожную школу №1. Начиная учебу в Днепропетровском металлургическом институте, где окончил первый курс.

В 1946 году перевелся в Сталинградский сельскохозяйственный институт, который окончил с отличием по специальности инженер-механик сельскохозяйственного производства и был рекомендован в аспирантуру. По окончании аспирантуры в 1953 году направлен на работу в Благовещенский СХИ на кафедру сельскохозяйственных машин. С 1955 по 1970 гг. Алексей Тихонович заведовал этой кафедрой.

В этот период под его руководством формируется научная школа, связанная с механизацией возделывания и уборки сои. Замечательную школу научно-исследовательской работы и мастерства преподавания под руководством Алексея Тихоновича прошли к.т.н. Н.П. Гречачин, к.т.н. А.Т. Жуковин; к.т.н., профессор В.Н. Рябченко; к.т.н., профессор В.В. Назаренко, к.т.н. М.Р. Цехместер, д.т.н., профессор И.В. Бумбар.

Особенно велика роль этого талантливого ученого-педагога по внедрению в сельское хозяйство Амурской области самоходного гусеничного комбайна СКГ-3 и адаптации с.-х. машин к местным условиям возделывания и уборки сои. Труды Алексея Тихоновича были оценены грамотами руководства Амурской области и высокой правительственной наградой – орденом «Знак Почета». Кандидатская диссертация защищена на тему «Исследования зерна, растений и процессов, связанных с механизированным возделыванием и уборкой сои». Умер в г. Волгограде.

ГРЕК Александр Иванович

Родился в 1927 году в селе Халкидан Черниговского района Приморского края. Среднюю школу окончил с золотой медалью в с. Черниговка.

Участник Великой Отечественной войны, инвалид.

В 1950 году окончил с отличием Иркутской сельскохозяйственный институт по специальности инженер-механик сельскохозяйственного производства. Работал инженером. Талант Грека А.И. как ученого проявился на работе в Приморском СХИ (г. Уссурийск). Работая преподавателем в институте, защитил в ЧИМЭСХ (г. Челябинск) кандидатскую диссертацию в 1965 году на тему «Изыскания и исследование молотильного устройства зернового комбайна для работы на труднообмолачиваемых сортах пшеницы в условиях Приморского края». Докторская диссертация (защищена в Волгоградском СХИ) посвящена обмолоту риса, пшеницы и сои, что нашло отражение в монографии «Вопросы обмолота».

Под руководством Александра Ивановича защищено 5 кандидатских диссертаций. Он первый на Дальнем Востоке удостоен ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства.



ГРЕЧАЧИН Николай Петрович

Родился в 1921 году в п. Чкалова Башкирии, в семье крестьянина. В 1940 году окончил среднюю школу. С 1940 по 1953 год служил в Советской Армии, участник Великой Отечественной войны, кавалер многих боевых наград. В 1953 году начал учебу на факультете механизации сельского хозяйства БСХИ, который окончил с отличием в 1958 году и начал преподавательскую работу ассистентом на кафедре сельскохозяйственных машин. С 1961 года Николай Петрович – старший преподаватель этой кафедры и активный участник НИР по проблемам возделывания и уборки сои. Он поступает и успешно оканчивает аспирантуру при Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства. Кандидатская диссертация на тему «Исследование двухфазного способа обмолота сои» защищена в 1971 году. Работая в должности заведующего кафедрой сельскохозяйственных машин в период с 1970 по 1982 год, Николай Петрович вложил много сил и энергии по созданию материально-технической базы НИР и учебного процесса кафедры. Под его руководством наладилось тесное сотрудничество с заводами и предприятиями АПК по вопросам применения и совершенствования конструкции комбайнов двухфазного обмолота на уборке сои в Амурской области.



КАШПУРА Борис Иванович

Борис Иванович родился в 1937 году в с. Корниловка Приморского края в большой крестьянской семье. Будучи школьником, помогал старшим механизаторам на полевых работах. Окончив среднюю школу с серебряной медалью, Борис Иванович поступил на факультет механизации Благовещенского

СХИ, где проявился его талант ученого и организатора научно-исследовательской работы. Он является одним из основоположников кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и исследований по системе машин для растениеводства Дальнего Востока.

С 1966 года Борис Иванович заведовал кафедрой ЭМТиП и был заместителем декана мехфака. Кандидатская диссертация защищена в 1967 году. В этот период под руководством Бориса Ивановича начинаются важные исследования, связанные с «Разработкой перспективной системы машин для комплексной механизации процессов в растениеводстве». Результат исследований широко внедрялся в хозяйства Амурской области и Дальнего Востока. В последующие годы, работая на должностях декана мехфака, проректора по научной работе, а с 1984 года в течение 18 лет – ректора БСХИ – ДальГАУ, Борис Иванович укрепляет базу исследований по системе машин, а особенно подготовку кандидатов и докторов наук. По праву своим учителем его считают практически все члены нынешнего диссертационного совета ДальГАУ по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации в сельском хозяйстве.

Докторская диссертация по системе машин защищена в 1982 году. За заслуги в развитии научных исследований в области механизации АПК Борис Иванович удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки и техники РФ», награжден медалью «За доблестный труд» и нагрудным знаком «За отличные успехи в работе»



НАЗАРЕНКО

Владимир Владимирович

Владимир Владимирович родился в Новосибирской области. В 1957 году окончил Карасукскую среднюю школу, два года работал рабочим в совхозе, а затем был призван в Советскую Армию и служил по 1962 г.

В этом же году поступил на мехфак

Благовещенского СХИ. По окончании в 1967 году по предложению Волкова А.Т. был оставлен ассистентом на кафедре сельхозмашин. Активно включился в научно-исследовательскую работу, связанную с проблемой снижения повреждения зерна сои зерноуборочными комбайнами.

Автор имеющих важное научное значение работ: «Статическая и динамическая прочность зерна сои», «К теории повреждаемости зерна сои при обмолоте», «Обмолот сои при отрицательной температуре» и др. В течение 18 лет профессор Назаренко Владимир Владимирович руководил научной и учебной работой БСХИ – ДальГАУ. Кандидатскую диссертацию защитил в 1974 году в Новосибирском СХИ на тему: «Исследования механической повреждаемости зерна сои при обмолоте и пути его снижения».

Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, действительный член Международной Академии аграрного образования.

ПРИСЯЖНАЯ Серафима Павловна



Серафима Павловна родилась в п. Лондоко Облучинского района ЕАО.

В 1967 году окончила Благовещенский сельскохозяйственный институт по специальности «инженер-механику» и была направлена для работы в Амурскую государственную сельскохозяйственную опытную селекционную станцию, которая в 1968 году преобразована в ВНИИС. До 1994 года работала во ВНИИ сои и ДальНИПТИМЭСХ, где занимала различные научные должности, в том числе заведующей лабораторией.

С 1994 года работает заведующей кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств» ДальГАУ.

Научная деятельность С.П. Присяжной посвящена совершенствованию технологического процесса посевных и уборочных машин, разработке технологии сбора цветочной пыльцы. Является автором

более 100 научных публикаций, а также 10 патентов РФ на изобретения.

Экспериментальные образцы рабочих органов норий, винтовых и скребковых транспортеров комбайнов представляла на международной выставке достижений АПК Россельхозакадемии в 1992 году.

За изобретение высевающего аппарата катушечного типа к зерновой сеялке на посеве сои награждена медалью Амурской региональной выставки-ярмарки «Агропрод-2003». С.П. Присяжная большое внимание уделяет подготовке научных кадров. Под ее руководством два соискателя защитили кандидатские диссертации. Является членом двух диссертационных советов.

В 1980 году защитила кандидатскую диссертацию, а в 1994 году – докторскую по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства.

3.1.1 Факторы, влияющие на эффективность работы зерноуборочного комбайна на уборке сои

Самоходные зерноуборочные комбайны на уборке сои и зерновых культур применяются в Амурской области более сорока лет. Первая рисо-зерновая модель марки СКГ-3 имела гусеничный ход и двухбарабанный молотильный аппарат (рис.3.1). Совершенствование конструкции этой схемы молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) велось в направлении создания активной промежуточной зоны сепарации между первым и вторым барабанами (рис.3.2), увеличения углов обхвата декой барабана, применения домолачивающего устройства. Эти и другие изменения в устройстве зерноуборочных машин привели к созданию на Красноярском комбайновом заводе в 1969 году семейства комбайнов «Сибиряк», а начиная с 1986 года, приступили к выпуску комбайнов «Енисей». Характер распределения по районам Амурской области этих и иных марок комбайнов представлен в таблице 4.1, из которой видно, что двухбарабанные, в том числе гусеничные машины, составляют 88% общего количества.

Научные коллективы Дальнего Востока в различные годы, разработали часть технических решений с целью углубить адаптацию зернового комбайна к уборке сои. Однако высокоэффективное применение этих предложений в значительной мере затруднено из-за недостаточной их приспособленности к особенностям физико-механических и технологических свойств сои и происходящем в последние годы росте урожайности, особенно в южных районах области. Рассматривая основные факторы, влияющие на эффективность зернового комбайна на уборке сои (рис. 3.3, 3.4, 3.5), наибольшую проблему в технологическом процессе составляет неудовлетворительная работа жатвенной части (хедера), так как потери здесь значительно превышают допустимые агротребованиями (1,5%).

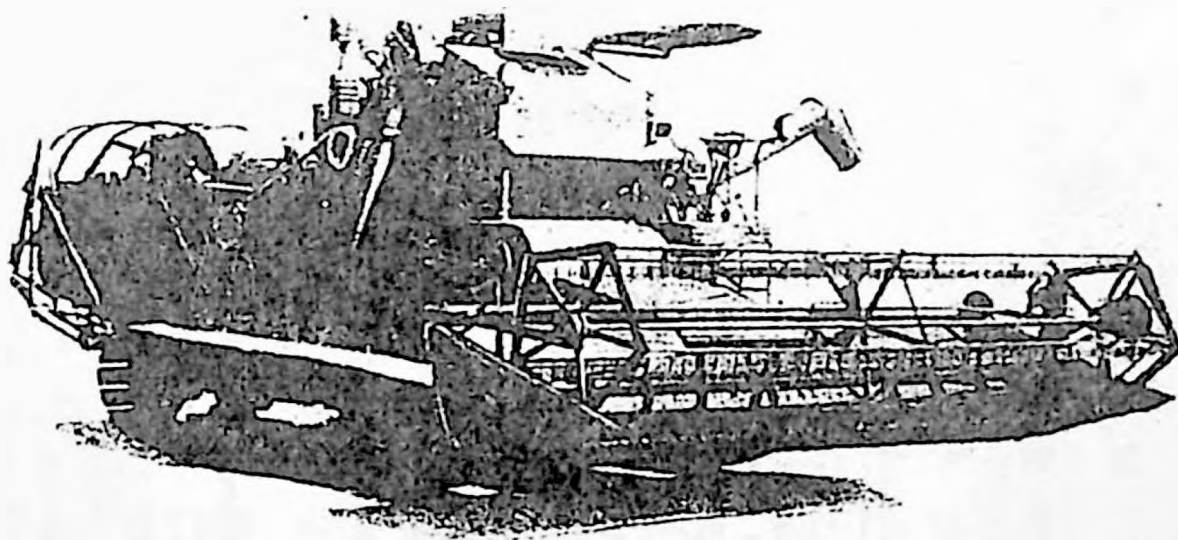


Рис. 3.1. Зерноуборочный комбайн СКТ-3

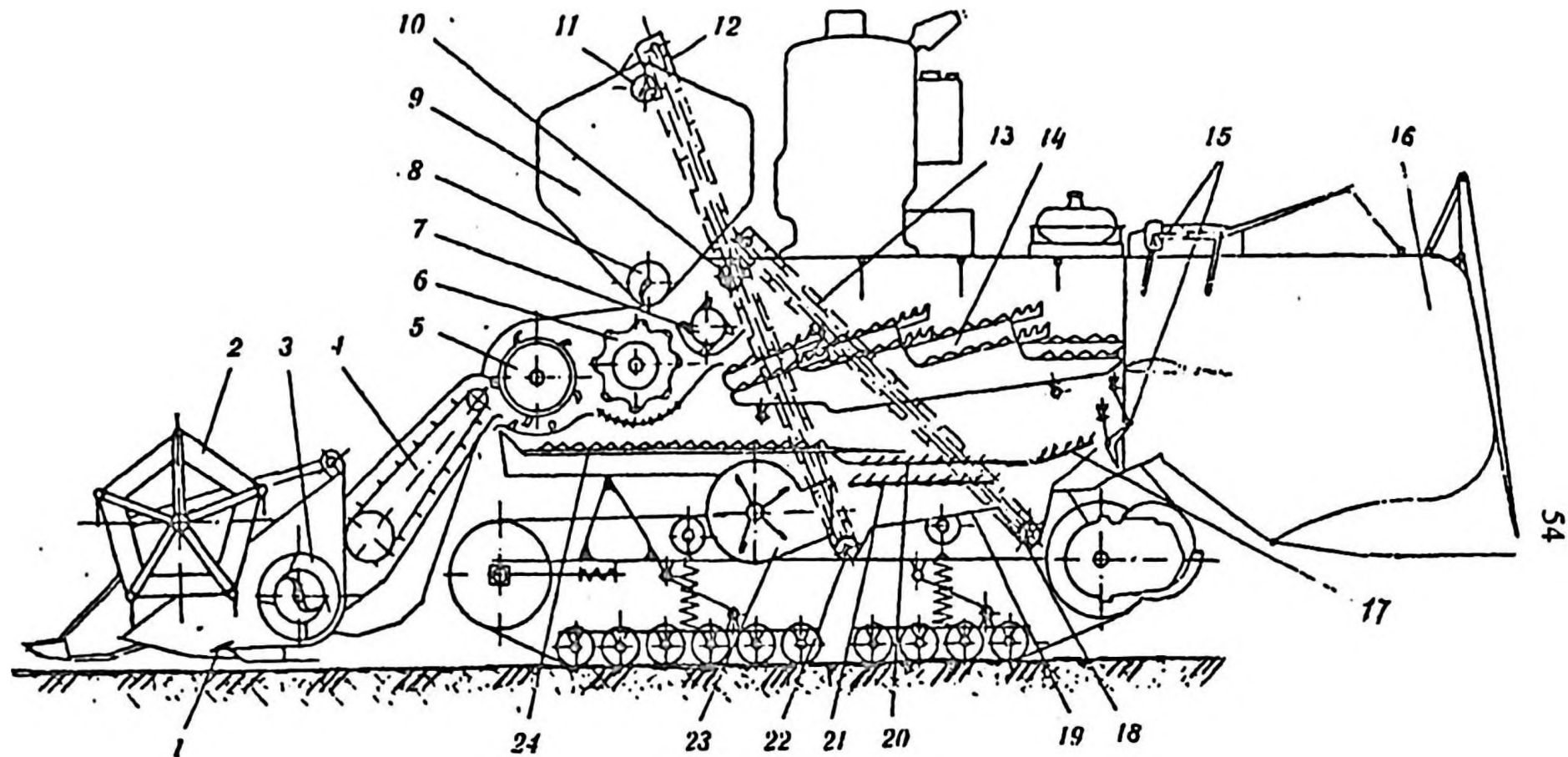


Рис. 3.1а. Схема устройства комбайна СКГ-3:

1 – режущий аппарат; 2 – мотовило; 3 – цельный шнек; 4 – наклонный транспортер; 5 – штифтовый молотильный аппарат; 6 – бильный молотильный аппарат; 7 – отбойный битер; 8 – выгрузной шнек; 9 – бункер; 10 – малый колосовой шнек; 11 – распределительный шнек; 12 – зерновой элеватор; 13 – колосовой элеватор; 14 – соломотряс; 15 – соломо- и половонабиватели; 16 – копнитель; 17 – удлинитель; 18 – большой колосовой шнек; 19 – скатная доска; 20, 21 – жалозийные решета; 22 – зерновой шнек; 23 – вентилятор; 24 – стрясная доска

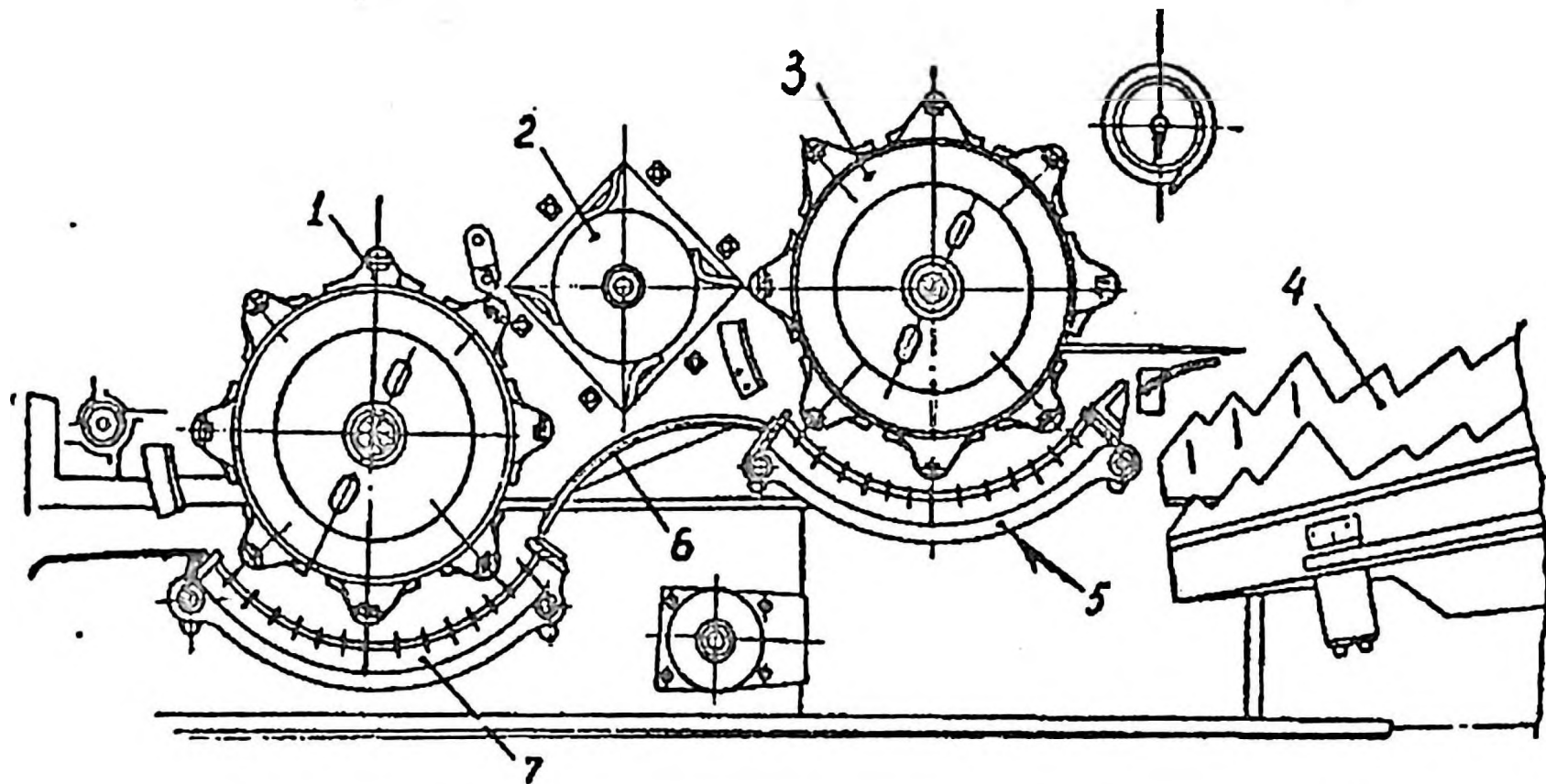


Рис. 3.2. Молотильное устройство СКД-5:

1 – первый барабан; 2 – промежуточный битер; 3 – второй барабан; 4 – клавишный соломотряс; 5, 7 – деки; 6 – решетка

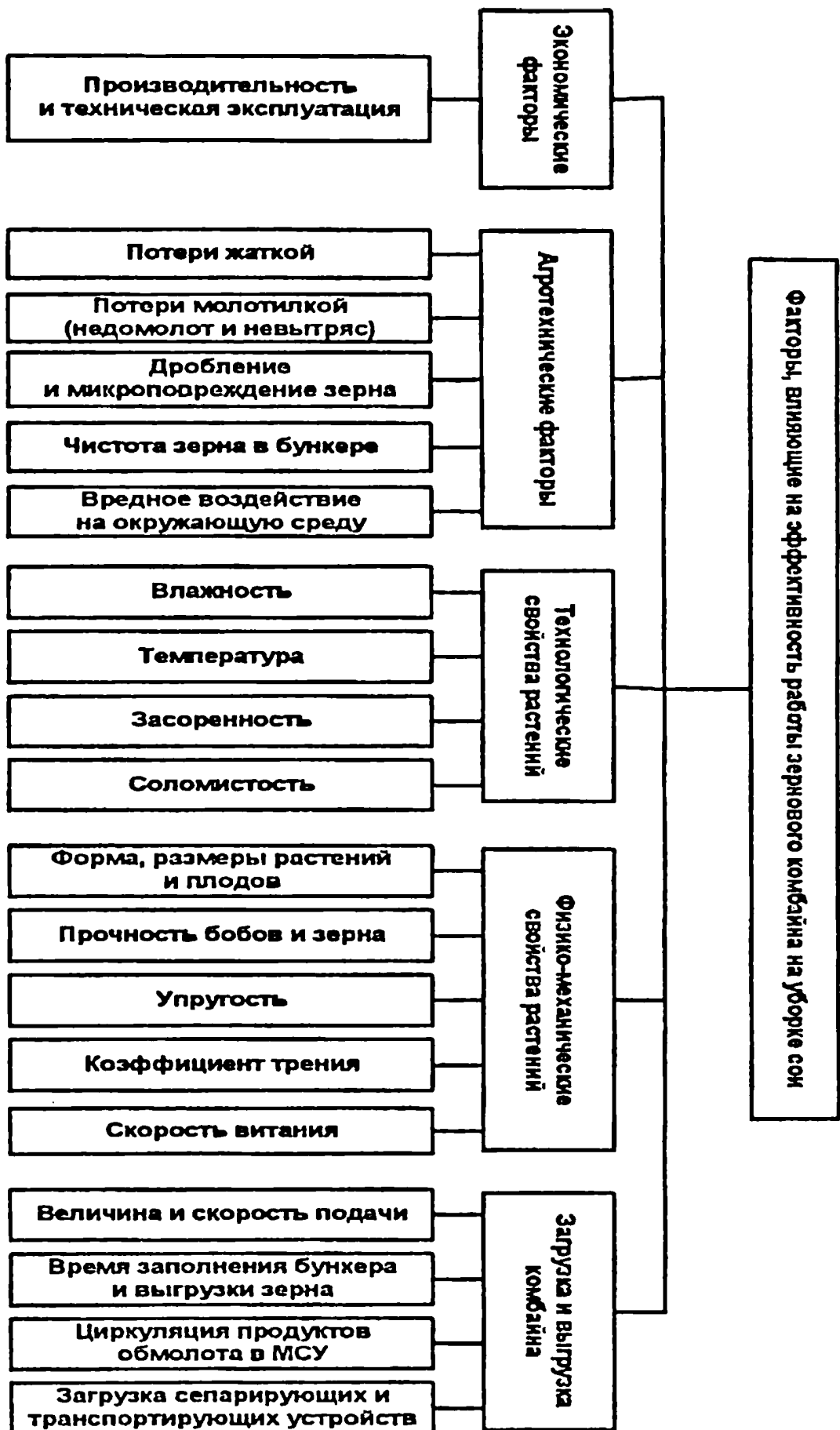


Рис. 3.3. К оценке эффективности работы комбайна на уборке сои

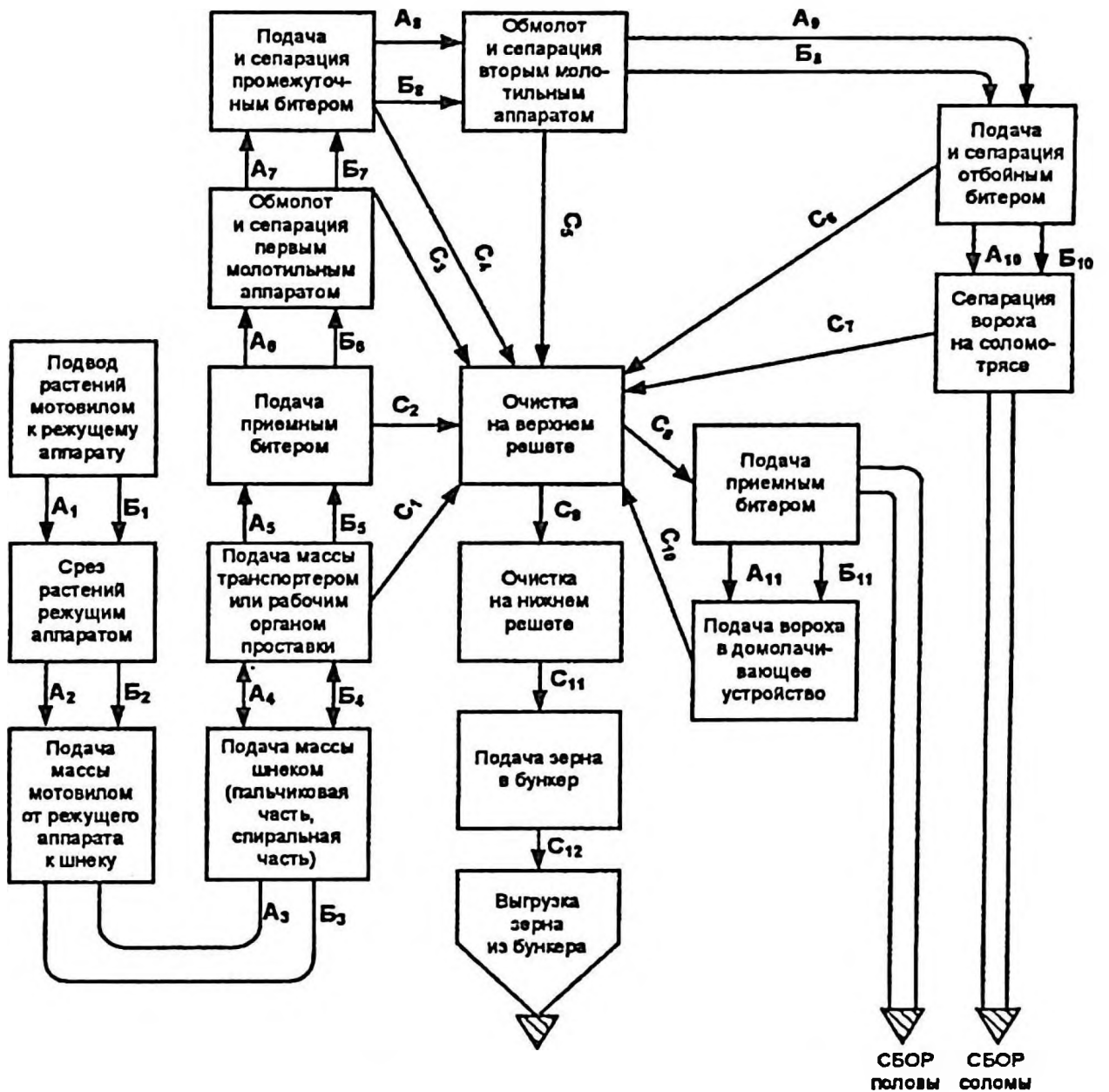


Рис.3.4. Схема технологического процесса работы зерноуборочного комбайна на уборке сои:

А – наличие необмолоченного зерна сои;

Б – содержание свободного зерна сои;

С – выделение зерна сои сепарирующими поверхностями

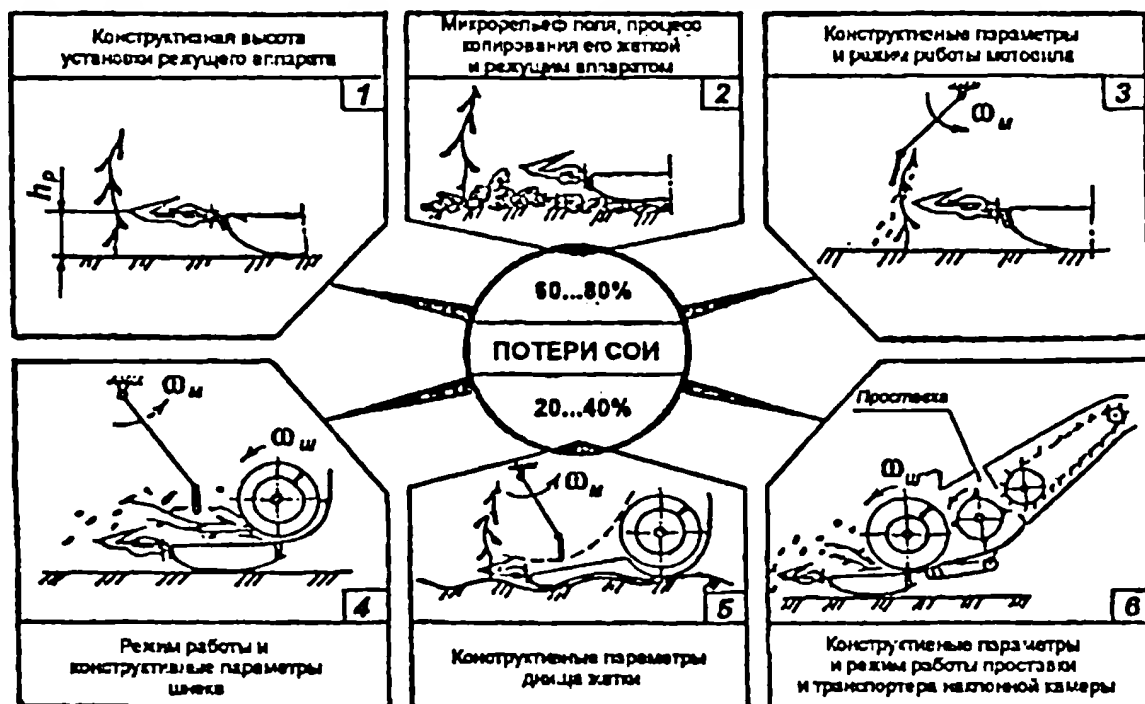


Рис. 3.5. Факторы, влияющие на потери сои за жаткой

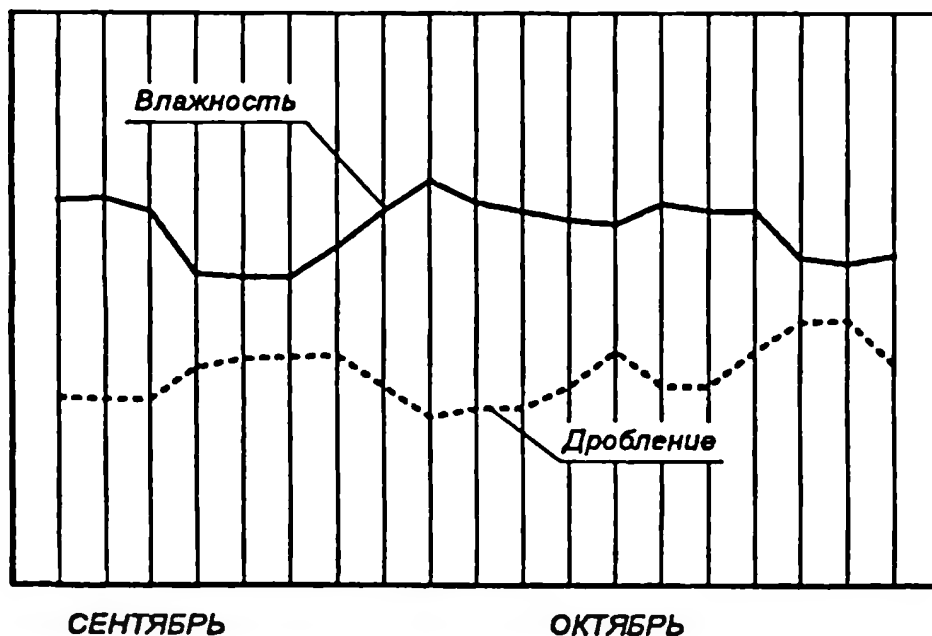


Рис. 3.6. Изменение влажности семян сои и их дробления по дням уборки

3.1.2 Анализ проведенных исследований по обмолоту сои зерноуборочными комбайнами

В условиях, когда большинство хозяйств Амурской области имеют низкую урожайность сои, оценить качество технологического процесса ее обмолота зерновыми комбайнами на подачах до 4 – 5 кг/с представляет сложную задачу. Поэтому основные результаты как в лабораторных, так и в полевых условиях получены на подачах до 2 кг/с, причем эти подачи достигались путем изменения поступательной скорости комбайна, которая ограничивается резким ростом потерь за жаткой.

Результаты проведенных исследований влияния подачи, влажности растительной массы, а также технологических режимов МСУ представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Виды дробления сои в зависимости от изменения подачи растительной массы (влажность зерна 14,3%, стеблей – 21,4%, створок – 18,8% при $n_{1Б} = 500 \text{ мин}^{-1}$, $n_{2Б} = 780 \text{ мин}^{-1}$)

Подача , кг/с	Дробление семян, %			
	вдоль семя- долей	поперек семядолей	мелко- дробленные	всего
0,64	0,81	1,57	3,18	5,56
0,80	1,02	2,04	2,42	5,48
1,22	0,77	2,12	2,17	5,06
1,24	0,51	2,31	2,33	5,15

Таким образом, основное влияние на процесс дробления сои оказывает частота вращения первого молотильного барабана ($n_{1Б}$) и изменение влажности растений, а незначительная подача не позволяет характеризовать рабочий процесс обмолота сои в полном объеме. В связи с этим были проведены опыты с подачей до 5,3 кг/с на основе двухфазной схемы: первая – формирование сдвоенных валков, вторая – подбор и обмолот.

Следует отметить, что в условиях Амурской области подбор сои из валков приводит к значительным ее потерям, связанным с быстрым подсыханием растений и разрушением бобов при минимальных механических нагрузках.

Таблица 3.2

Виды дробления сои в зависимости от частоты вращения первого барабана МСУ (влажность зерна 15,6%, стеблей – 20,6%, створок – 19,1% при подаче – 0,80 кг/с)

Частота вращения первого барабана, мин ⁻¹	Дробление семян, %			
	вдоль семядолей	поперек семядолей	мелко-дробленные	всего
400	0,99	1,77	2,26	5,02
450	0,93	1,69	2,51	5,13
500	1,08	1,90	2,42	5,40
550	0,71	1,82	3,89	6,42
610	0,94	2,18	4,36	7,48

Вместе с тем получен всеобъемлющий анализ работы МСУ в широком диапазоне подачи (рис. 3.7).

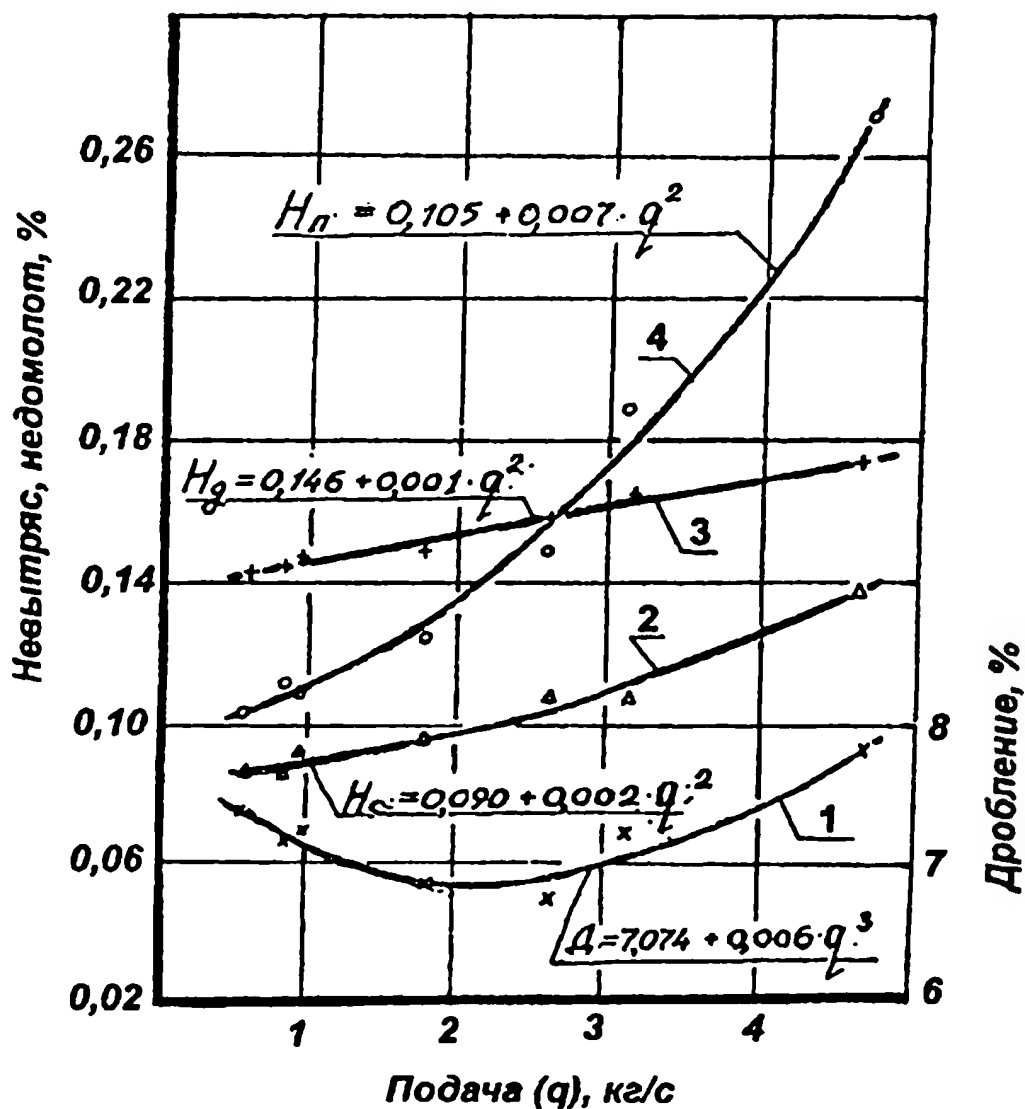


Рис. 3.7. Влияние подачи на работу МСУ комбайна:

- 1 – влияние подачи q на дробление D ;
- 2 – влияние подачи q на потери в соломе (невытряс);
- 3 – влияние подачи q на недомолот;
- 4 – влияние подачи q на потери в полове

$n_{1Б} = 450 \text{ мин}^{-1}$; $n_{2Б} = 510 \text{ мин}^{-1}$; $W_{\text{зерна}} = 11,4\%$

Молотильные зазоры:

первый барабан – штифтовый – подбарабанье опущено;

второй барабан – вход 20 мм, выход 10 мм.

Таблица 3.3

Дробление сои при различных молотильных зазорах у первого молотильного аппарата ($n_{1Б} = 450 \text{ мин}^{-1}$, $n_{2Б} = 780 \text{ мин}^{-1}$, влажность зерна 14,6%, стеблей – 20,1%, створок – 17,6%)

Зазоры, вход/выход, мм/мм	Дробление семян, %			
	вдоль семядолей	поперек семядолей	мелко-дробленные	всего
26/14	0,81	1,91	2,43	5,15
24/12	0,85	1,67	2,50	5,02
22/10	0,80	1,74	2,66	5,20
16/5	0,92	1,86	2,88	5,66

Таблица 3.4

Влияние влажности на дробление сои ($n_{1Б} = 450 \text{ мин}^{-1}$, вход/выход = 24/12 мм/мм, $q = 0,86 \text{ кг/с}$)

Влажность семян, %	Дробление семян, %			
	вдоль семядолей	поперек семядолей	мелко-дробленные	всего
9,8	1,37	2,25	3,78	7,07
11,3	1,16	1,98	3,45	6,59
13,7	1,04	1,66	3,17	5,87
15,4	0,96	1,52	2,93	5,41

Определенный шаг в направлении поиска более совершенного способа обмолота сои представляют проведенные лабораторные исследования МСУ, где бичи барабана и планки подбарабанья покрыты резиной. Приняв частоту вращения

первого барабана постоянной ($n_{1Б} = 350 \text{ мин}^{-1}$), а молотильные зазоры на входе 24 мм, на выходе 8 мм, изменяли частоту вращения второго барабана, начиная с 350 мин^{-1} до 550 мин^{-1} при постоянных молотильных зазорах.

Анализ результатов этого опыта показывает (рис.3.8), что с увеличением частоты вращения второго барабана с 350 мин^{-1} до 550 мин^{-1} дробление сои увеличивается с 0,61 до 2,1%, а недомолот уменьшается с 3,89 до 0,27%. Условные суммарные потери (недомолот + дробление) отмечены наименьшими при $n_{1Б} = 450 \text{ мин}^{-1}$ (кривая 3 рис. 3.8).

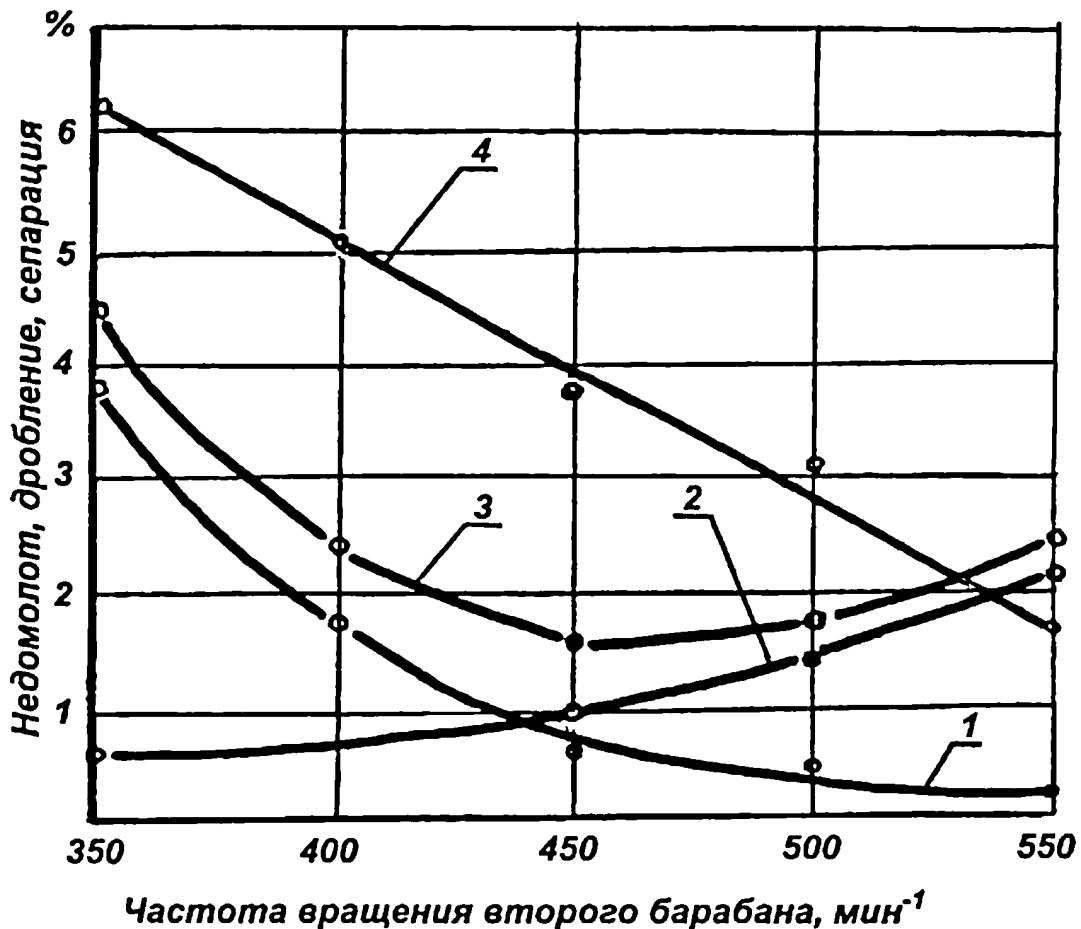


Рис. 3.8. Качественные показатели обмолота сои в зависимости от частоты вращения второго барабана:

1 – недомолот; 2 – дробление; 3 – условные суммарные потери; 4 – неотсепарировано в МСУ

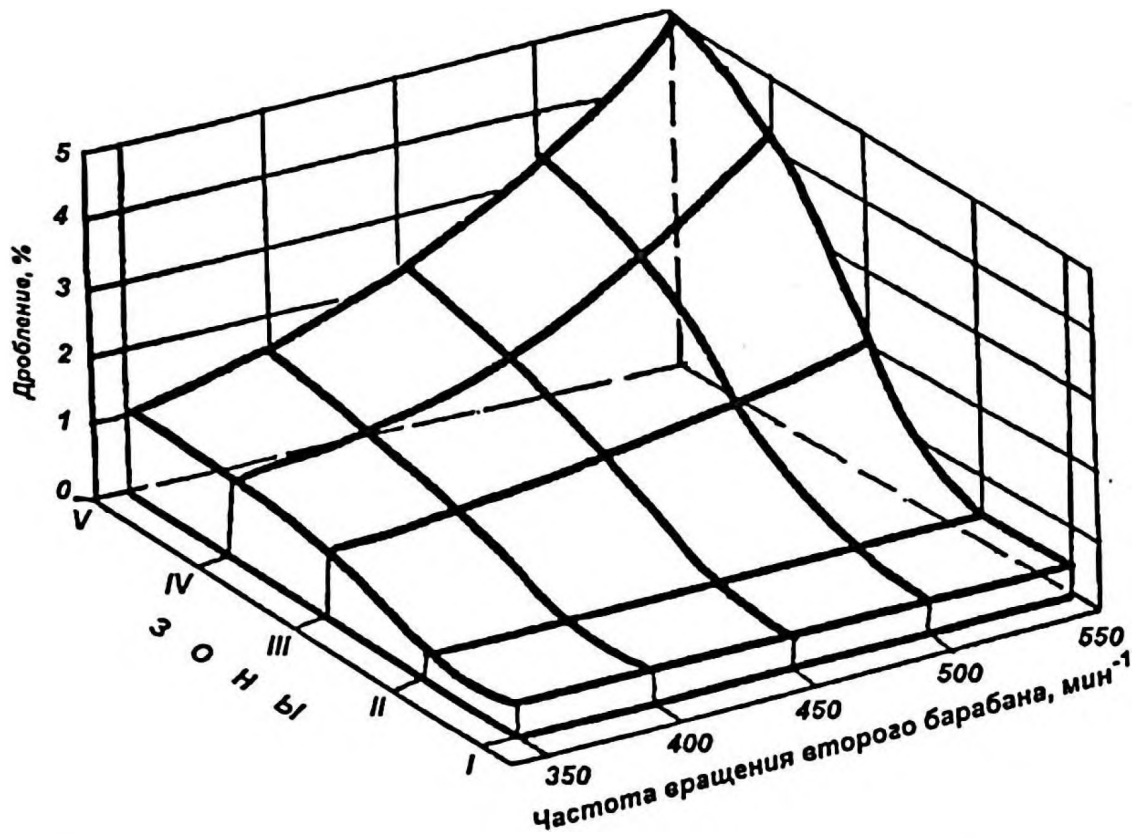


Рис.3.9. Зависимость дробления семян сои по зонам МСУ от частоты вращения 2-го барабана

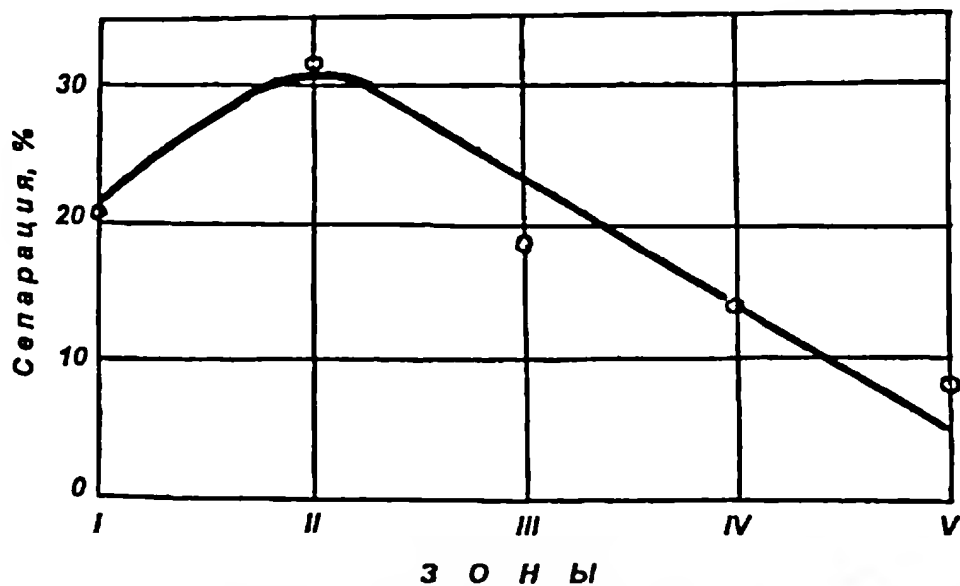


Рис.3.10. Сепарация зерна сои по зонам при $n_{1Б} = 350 \text{ мин}^{-1}$, $n_{2Б} = 450 \text{ мин}^{-1}$, молотильных зазорах на входе – 24 мм, на выходе – 8 мм

Данные рисунка 3.9 показывают, что дробление зерна по зонам МСУ неодинаково, причем увеличение частоты вращения второго барабана не оказывает существенного влияния на сепарацию дробленого зерна в первой и второй зонах, то есть в первом молотильном аппарате. В третьей зоне (промежуточный битек) происходит увеличение дробления семян и связано это с увеличением скоростей соударения зерен с лопастями промежуточного битека и бичами барабана. Необходимо отметить, что около 70% семян обмолачивается и сепарируется первым молотильным аппаратом и промежуточным битеком (рис. 3.10). Минимальное дробление наблюдается во второй зоне.

Исследование влияния зазоров на качественные показатели работы молотильной установки производилось при оптимальной частоте вращения первого и второго барабанов (соответственно $n_{1Б} = 350 \text{ мин}^{-1}$, $n_{2Б} = 450 \text{ мин}^{-1}$) при постоянных молотильных зазорах на входе и выходе первого аппарата, равных 24 мм и 8 мм (рис. 3.11).

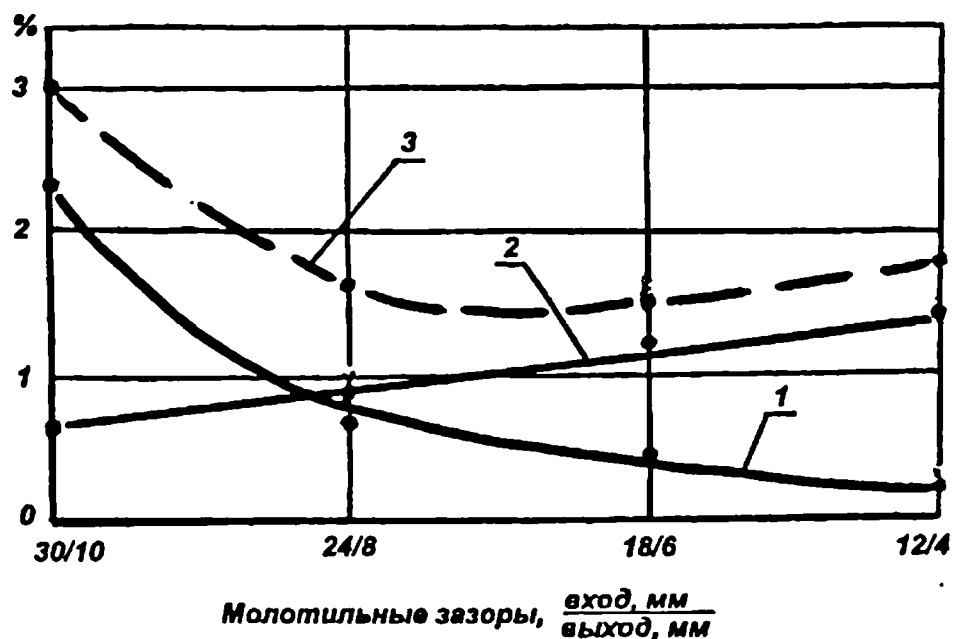


Рис. 3.11. Качественные показатели обмолачивания сои в зависимости от зазора второго молотильного аппарата:

- 1 — недомолот; 2 — дробление;
3 — условные суммарные потери

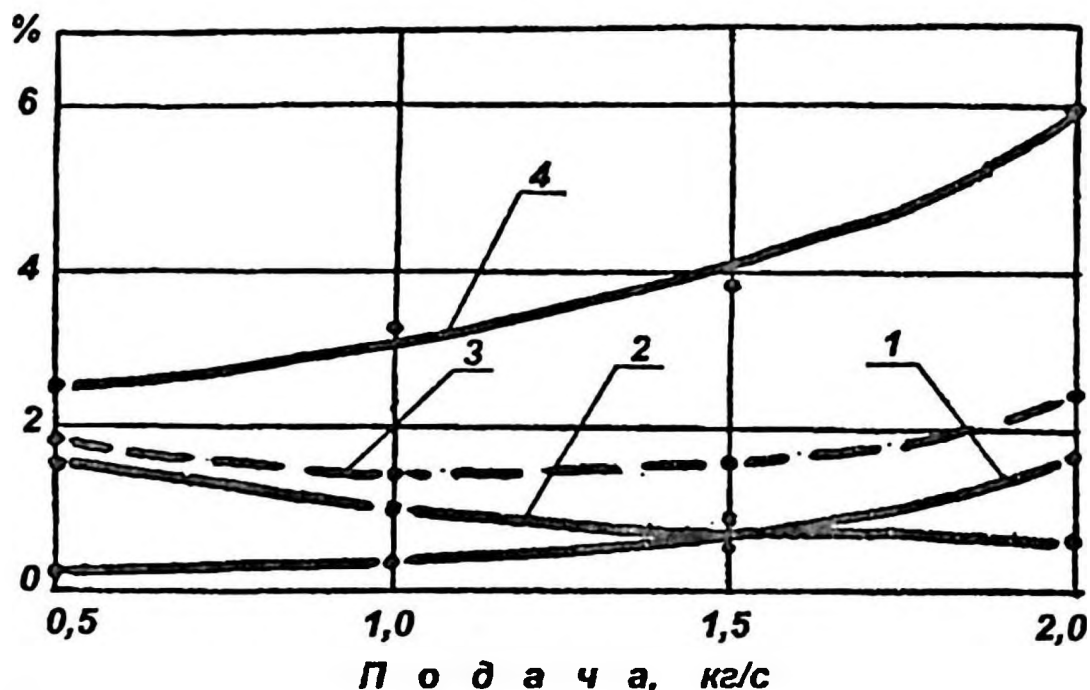


Рис. 3.12. Показатели обмолота сои в зависимости от подачи:
 1 – недомолот; 2 – дробление; 3 – условные суммарные потери (недомолот + дробление); 4 – неотсепарировано в МСУ

Полученные показатели обмолота сои согласуются с известными закономерностям обмолота зерновых культур, представленными на рисунке 3.13.

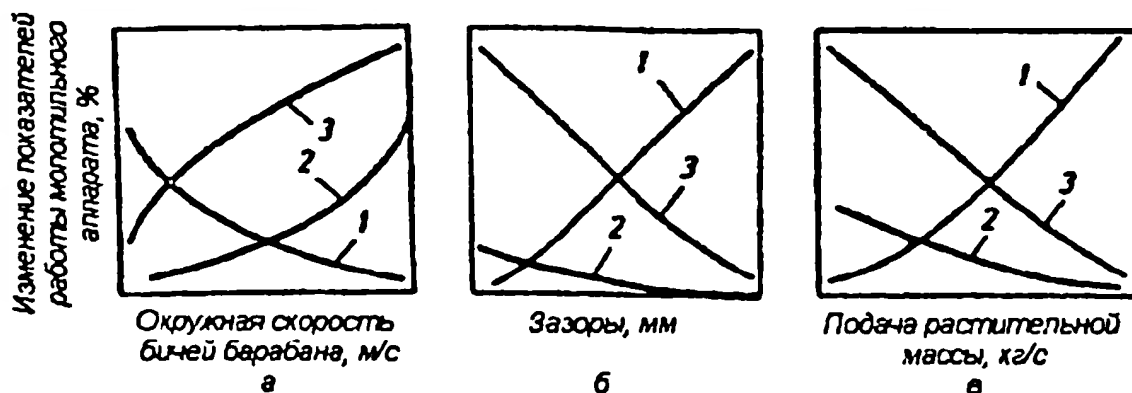


Рис. 3.13. Изменение показателей работы молотильного аппарата в зависимости от его регулируемых параметров:
 а – частоты вращения; б – зазоров; в – подачи растительной массы; 1 – недомолот; 2 – дробление; 3 – просеивание зерна сквозь отверстия подбарабашья

Подача растительной массы определенным образом влияет на процессы обмолота и дробления семян сои двухбарабанным МСУ комбайнов «Сибиряк» и «Енисей», первый барабан которого имеет обрезиненные рабочие органы. Результаты исследования представлены на рисунке 3.12, из которого видно, что с увеличением подачи с 0,5 кг/с до 2 кг/с наблюдается увеличение недомолота и снижение дробления семян. Причем, если дробление снижается с 1,52 до 0,76%, то есть в два раза, то недомолот увеличивается более чем в шесть раз и составляет 1,6% при подаче 2 кг/с. Наряду с ростом недомолота при увеличении подачи резко возрастает количество неотсепарированного зерна и при подаче 2 кг/с его величина достигает около 6%, что вызывает соответствующую загрузку соломотряса.

Таким образом, проведенные опыты показали, что применение элементов МСУ с обрезиненными рабочими органами существенно снижает дробление семян (косвенные потери), но при этом величина недомолота (прямые потери) становится доминирующей.

Другим существенным недостатком МСУ с обрезиненными поверхностями является то, что в процессе работы происходит их интенсивный и неравномерный износ, что затрудняет процесс регулировки молотильных зазоров, а при необходимости частой замены бичей возрастают эксплуатационные затраты.

3.1.3 Анализ конструктивных решений и технологического режима рабочих органов жатки, плавающего транспортера (проставки) и молотильно-сепарирующего устройства (МСУ)

Основоположник земледельческой механики академик В.П. Горячкин раскрыл фундаментальные положения теории основных рабочих органов с.-х. машин и зерноуборочных комбайнов.

Значительный вклад в обоснование конструктивных параметров и режимов работы ряда рабочих органов внесли И.Ф. Василенко, П.М. Василенко, В.А. Желиговский, Г.Е. Листопад, М.С. Рунчев, М.В. Сабликов, М.Н. Летошнев, Б.Г. Турбин, М.А. Пустыгин, В.Г. Антипин, К.Г. Колганов, Г.И. Назаров, Г.Д. Терсков, С.А. Алферов, Н.Е. Авдеев, Е.С. Босой.

В последние годы существенное углубление знаний о процессах, происходящих в зерноуборочных комбайнах при уборке различных сельскохозяйственных культур, внесли Н.И. Кленин, Э.И. Липкович, А.Д. Логин, Б.Н. Четыркин, Н.И. Косилов, М.Г. Пенкин, Г.Ф. Серый, А.И. Литвинов, О.А. Пенязев, А.П. Тарасенко, В.Д. Шеповалов, Г.А. Кузин и др., а в период производства комбайнов ведущие конструкторы и руководители коллективов Х.И. Изаксон, А.В. Красниченко, А.А. Исаенко, И.И. Фомин, С.А. Строков, В.П. Гаврилов, И.К. Мещеряков, Ю.А. Песков.

Решение частных задач, связанных с совершенствованием рабочего процесса зерноуборочного комбайна на уборке сои в условиях Дальнего Востока, представлено в исследованиях Ю.В. Терентьева, А.И. Грека, А.Т. Волкова, Н.П. Гречачина, В.В. Назаренко, М.М. Присяжного, М.Р. Цехместера, В.А. Дашевского и др. Академик В.А. Желиговский и другие ученые разработали метод выбора и построения формы зубьев молотильного барабана. На основе этого исследования

появились предпосылки к более всестороннему обоснованию некоторых конструктивных элементов в рабочих органах сельскохозяйственных машин. Важные исследования по аналитическому решению задач о движении тел по фрикционным поверхностям проведены академиком П.М. Василенко: «Возможность в некоторых случаях рассматривать движение тела или среды, как движение частицы, а движение частицы, как движение материальной точки, значительно уменьшает трудности решения той или иной задачи данной проблемы, не внося значительной погрешности в результаты вычислений». Ценность такого подхода к решению задач движения тел по фрикционным поверхностям особенно подчеркивал академик В.П. Горячкин. Известно, что в процессе транспортирования и обмола хлеба хлебной массы зерновым комбайном она неоднократно подвергается защемлению и сжатию. При этом, как правило, происходит деформация и разрушение всего растения или его части. Такое явление имеет как положительное значение (выделение зерна из колоса), так и отрицательное (повреждение зерна).

Известно, что к настоящему времени отечественные зерноуборочные комбайны часто обеспечивают неплохие агротехнические показатели на уборке зерновых культур. Однако качество уборки сои остается низким.



ГОРЯЧКИН

Василий Прохорович
(1868 – 1935 гг.)

Основоположник науки о земледельческой механике (механизации сельского хозяйства) В.П. Горячкин родился 17 января 1868 г. в селе Выкса бывшего Арбатского уезда Нижегородской губернии в семье горнозаводского мастерового Выкского завода. В семье Горячкина Василий был одиннадцатым по счету ребенком. Он рано лишился матери (умерла в 1871 году от холеры), а 1889 году умер отец.

В 1878 году Василий Прохорович поступает во вторую Московскую гимназию.

По окончании гимназии в 1888 году он продолжает учебу на отделении математических наук физико-математического факультета Московского университета, который оканчивает в 1890 году. В 1894 году Василий Прохорович успешно окончил Московское высшее техническое училище (МВТУ) и был командирован департаментом земледелия за границу (Германия, Франция) для подготовки к учебной и научной работе в Московском сельскохозяйственном институте (ныне Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева). В 1896 году В.П. Горячкин возвращается из-за границы и назначается исполняющим обязанности адъюнкт-профессором кафедры учения о сельскохозяйственных машинах, орудиях и двигателях в Московском сельскохозяйственном институте.

Одаренность, прекрасное знание механики и математики помогли В.П. Горячкину определить в каждой орудии, в каждой машине их механическую сущность и создать новую науку, которую он назвал «Земледельческая механика». Благодаря своим способностям он в возрасте 29 лет удостоился звания профессора.

В 1897 – 1898 гг. профессор В.П. Горячкин читает свои первые лекции по курсу «Учение о сельскохозяйственных машинах и орудиях».

В 1898 году выходит в свет первая научная работа В.П. Горячкина «Отвал». Вслед за этим появляется ряд брошюр и книг под названиями «Какие бывают плуги», «Молотилки», «Веялки» и др.

Всего В.П. Горячкин является автором 127 научных работ. Под его редакцией вышли 4 тома трудов «Теория, расчет, конструкция и производство сельскохозяйственных машин», которые и сейчас не потеряли своей фундаментальной сущности.

Умер В.П. Горячкин 22 сентября 1935 года.

Сейчас его имя носит московский агроинженерный университет.

Рассмотрим некоторые особенности конструктивных и кинематических параметров рабочих органов на отечественных и зарубежных комбайнах. Обосновав кинематический режим работы мотвила λ , В.П. Мухин и Ю.В. Терентьев предложили измененную форму граблин, имеющих волнистые пальцы. Они минимально очесывают бобы сои при вхождении в стеблестой, но при этом не создают экран на пути движения вымолоченных в жатке семян.

При решении проблемы улучшения технологического процесса работы жатки обоснованы параметры планки мотвила, копирующего аппарата и механизма стабилизации высоты среза растений сои (рис. 3.14, 3.15, 3.16).

Главными недостатками указанного выше стабилизатора высоты среза и режущего аппарата является то, что в первой конструкции наблюдается явление запаздывания в исполнительном механизме, а во втором устройстве – забивание растительностью промежутка между соседними секциями.

Анализируя конструкции цельных шнеков жаток комбайнов, их можно разбить на три группы: с поворотными пальцами, с прячущимися пальцами и беспальцевые. В комбайне «КЛААС СФ» фирмы «CLAAS» применен шнек с поворотными пальцами (рис. 3.18). Такой же конструкции поворотные пальцы имеют комбайны Е 512.

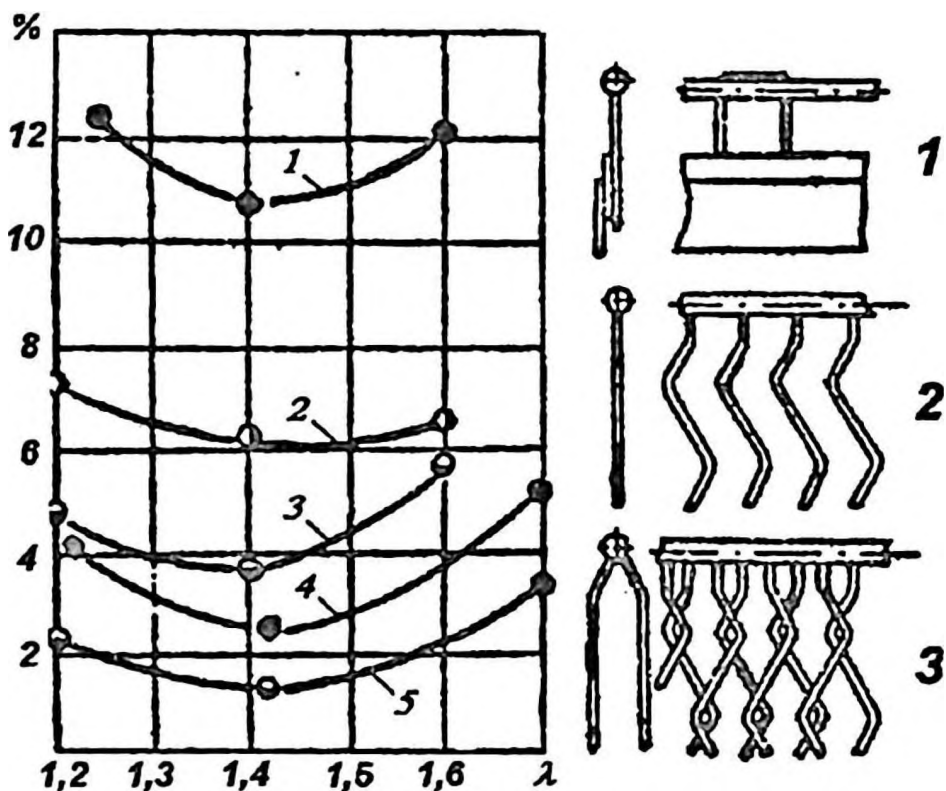


Рис. 3.14. Влияние показателя кинематического режима работы мотoviла и формы габлин на потери сои (по В.П.Мухину и Ю.В.Терентьеву):

а) в лабораторных условиях:

1 – серийная габлина;

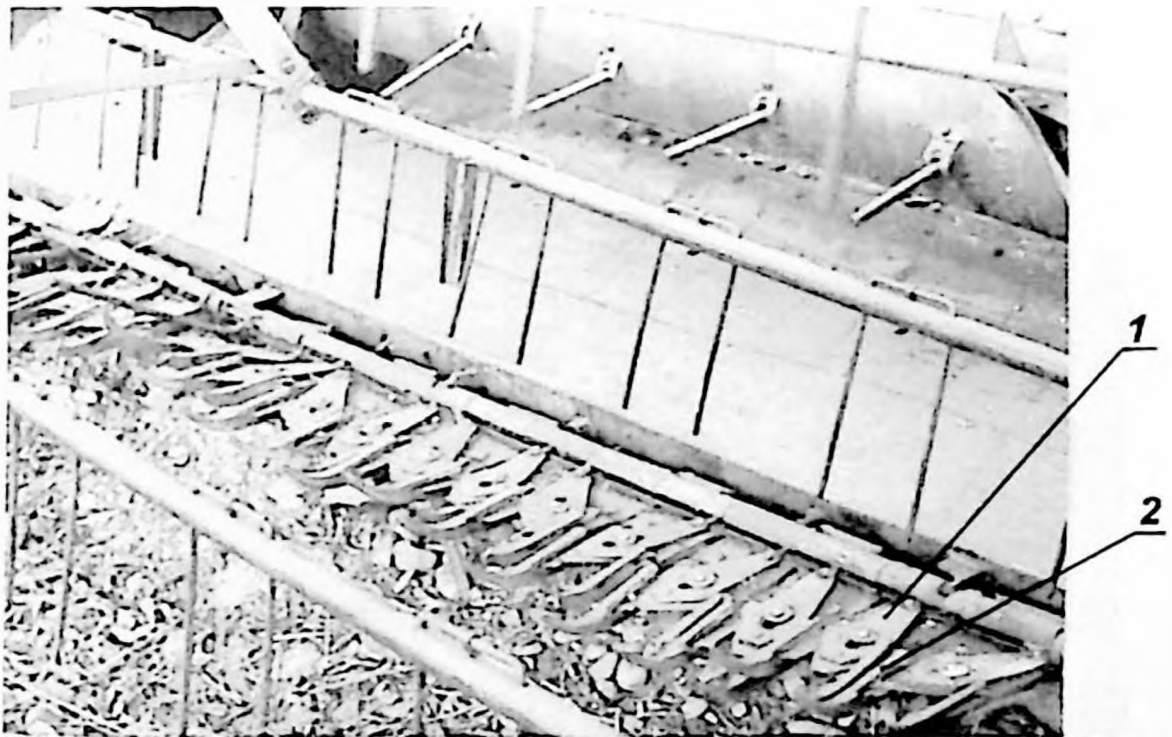
2 – габлина с волнистыми пальцами, расположенными в одной плоскости;

3 – габлина с волнистыми пальцами, расположенными в двух плоскостях;

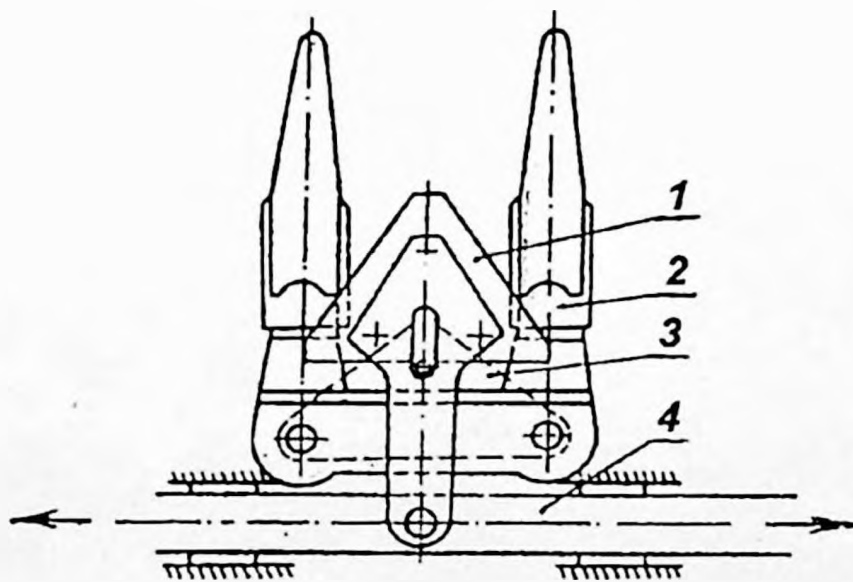
б) в полевых условиях:

4 – серийная габлина;

5 – экспериментальная габлина



А – режущий аппарат на жатке



Б – схема секции режущего аппарата

Рис. 3.15. Режущий аппарат с копирующими секциями конструкции М.Р. Цехместера:

1 – сегмент; 2 – секция пальцев; 3 – кронштейн с осью качения; 4 – приводная пластина

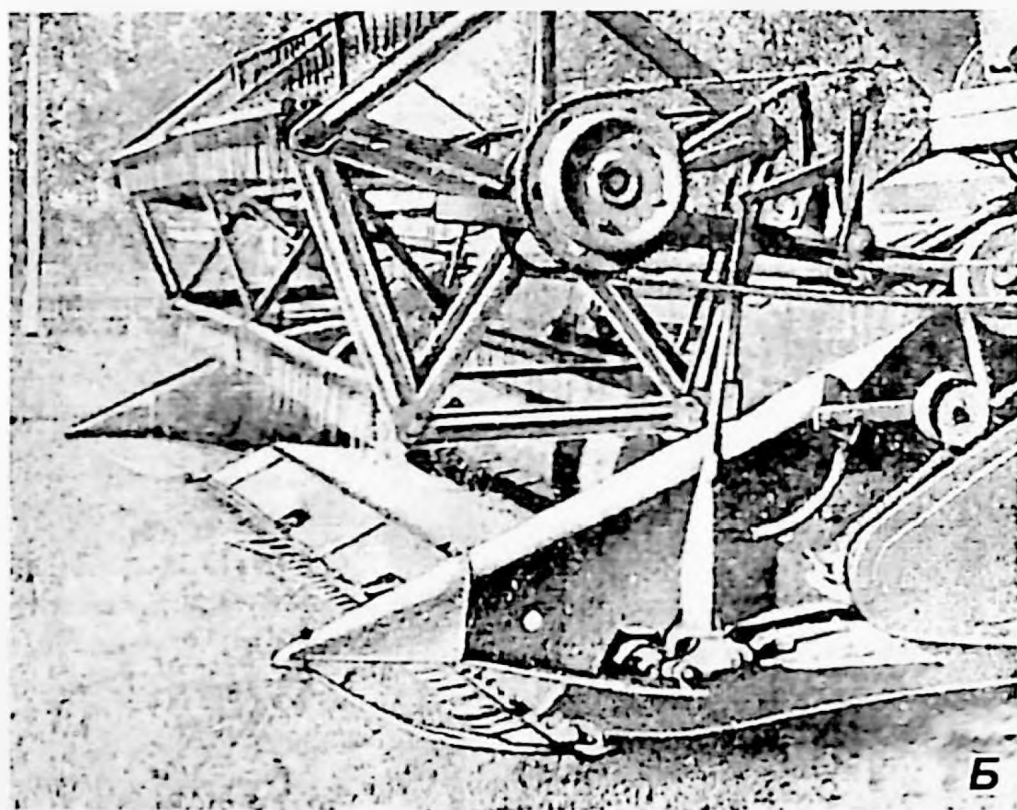
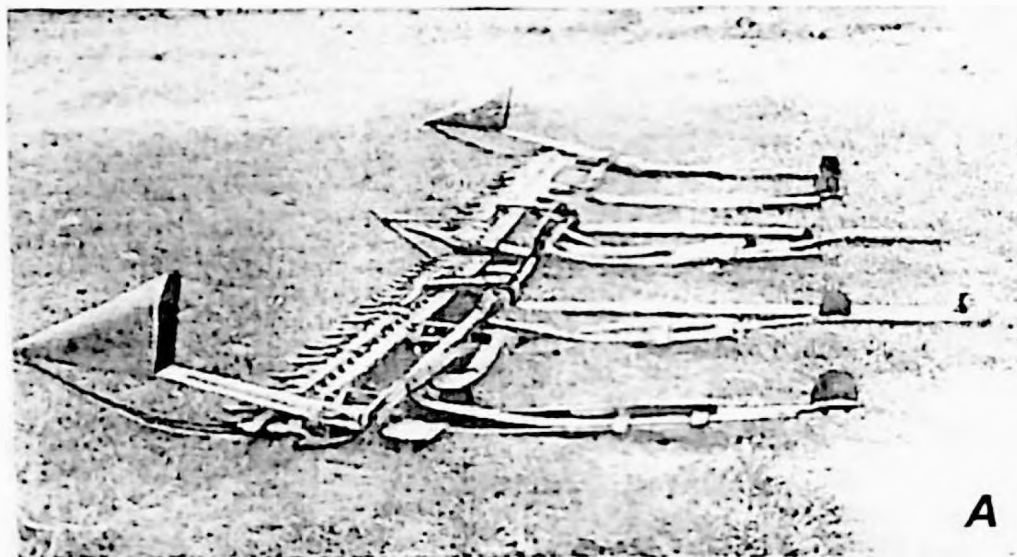


Рис. 3.16. Копирующий секционный режущий аппарат (А) и жатка (Б) комбайна СКГ-3 конструкции ЦНИИ НЗ

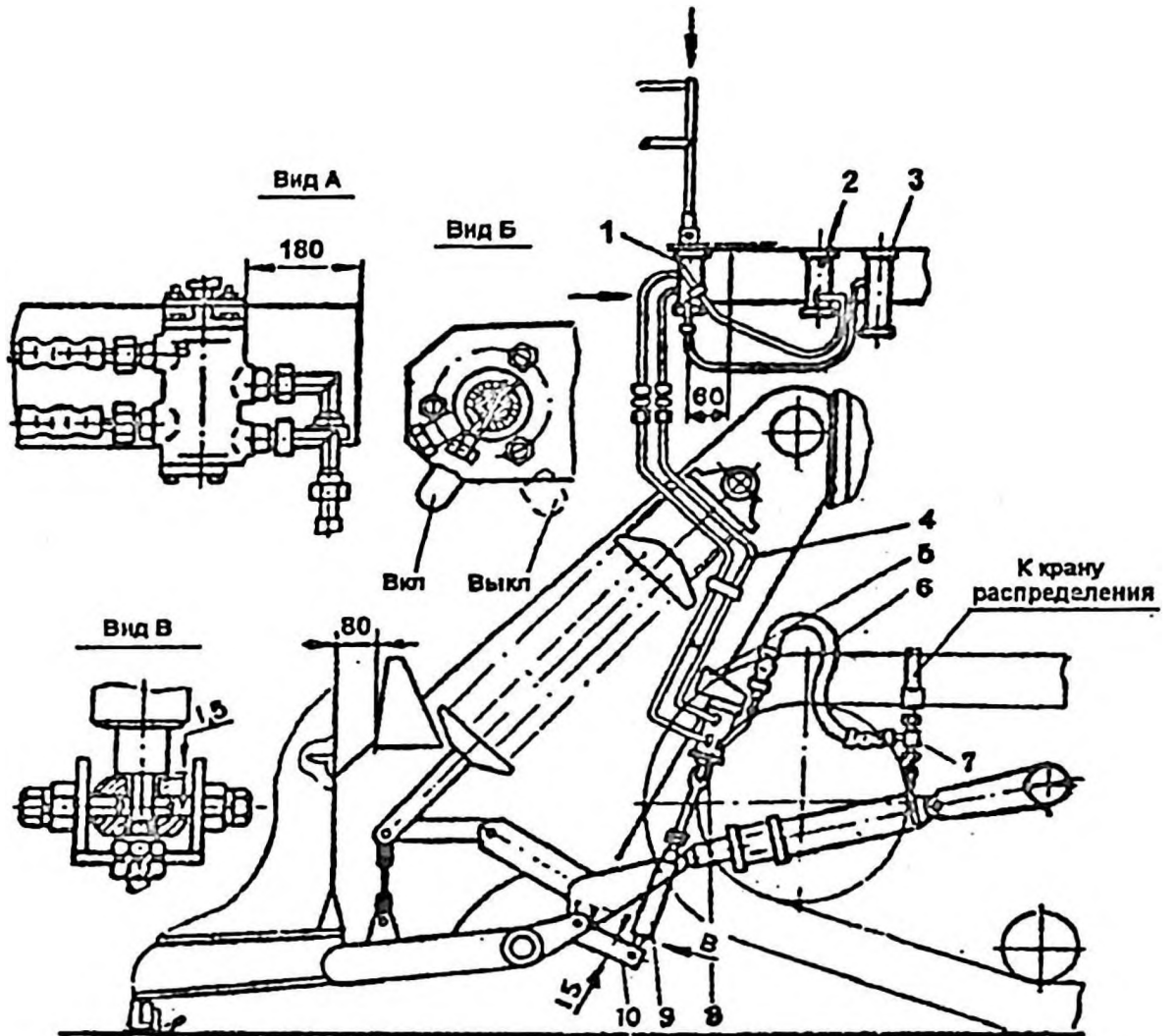


Рис. 3.17. Схема механизма стабилизации высоты среза:

- 1 – кран включения механизма;
- 2 – кран управления; 3 – кран-распределитель;
- 4 – трубопровод; 5 – кронштейн распределителя;
- 6 – шланг; 7 – тройник; 8 – распределитель; 9 – демпфер;
- 10 – кронштейн

Профиль дорожки 5 подобран так, чтобы в передней части и внизу при поворачивании трубы пальцы располагались радиально кожуху и захватывали хлебную массу, а в задней части, поворачиваясь, прижимались бы к кожуху шнека. Изменение угла наклона пальцев на заднем участке транспортирования обеспечивает лучший сход растений при подаче их к плавающему транспортеру.

Оригинальной является центральная часть шнека комбайна Массей-Гаррис 90 (рис. 3.19).

Имея достаточно сложное устройство, обе конструкции центральной части шнека обеспечивают подачу растений по касательной к траектории движения планок транспортера. Однако несмотря на это, представленные выше устройства не получили широкого распространения из-за невысокой надежности в работе, а также отсутствия регулировок, обеспечивающих захват и транспортирование хлебной массы при различной подаче.

Аналогичные недостатки имели шнеки, представленные на рисунке 3.20.

Рассматривая устройство шнеков жаток большинства современных зерновых комбайнов, можно заключить, что как в зарубежных образцах, так и в отечественных, существует пальчиковая и спиральная часть, причем у большинства марок комбайнов устанавливаются прячущиеся пальцы. Широкое распространение такой конструкции центральной части шнека можно объяснить его сравнительно простым устройством, обслуживанием, надежностью в работе, а также возможностью быстро осуществлять регулировку в зависимости от условий уборки. Однако практика показывает, что в некоторых случаях (уборка длинностебельных культур высокой влажности) наблюдается неудовлетворительный сход растений с пальцев и их наматывание на шнек.

С целью устранения этого недостатка предлагается измененная центральная часть шнека (рис. 3.21), конструктивное устройство которой защищено авторским свидетельством.

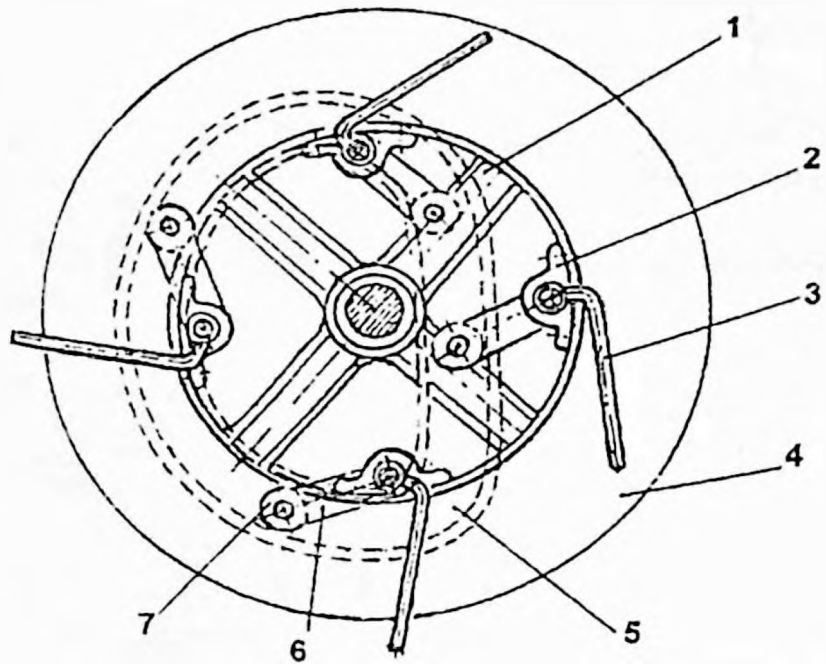


Рис. 3.18. Пальчиковая часть шнека жатки комбайна «Клаас СФ»:
 1 – крестовина; 2 – подшипник; 3 – палец; 4 – спираль;
 5 – дорожка направляющая; 6 – рычаг; 7 – ролик

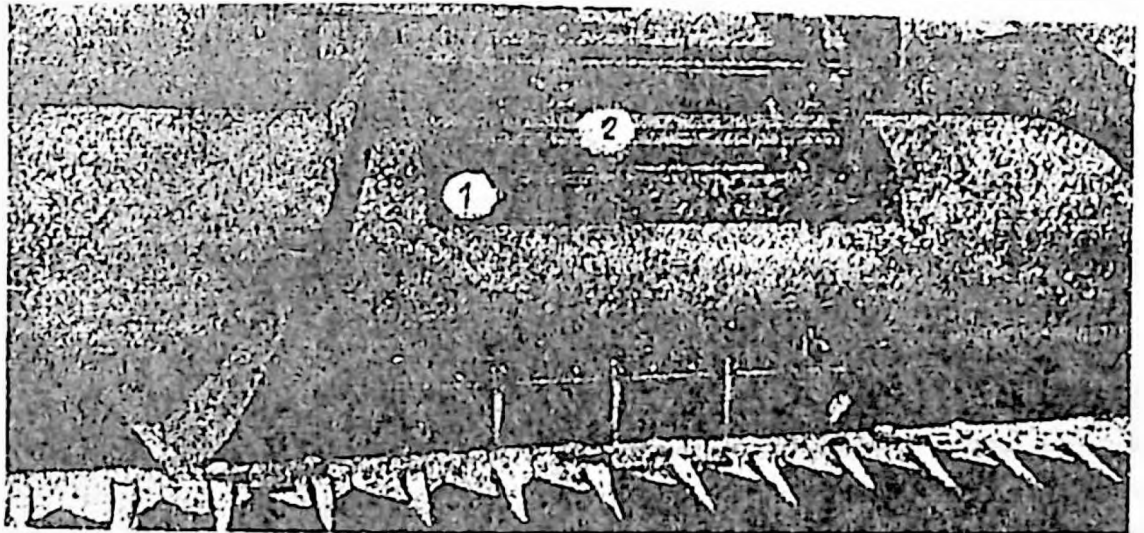


Рис. 3.19. Шнек комбайна Массей-Гаррис 90:
 1 – планка; 2 – палец

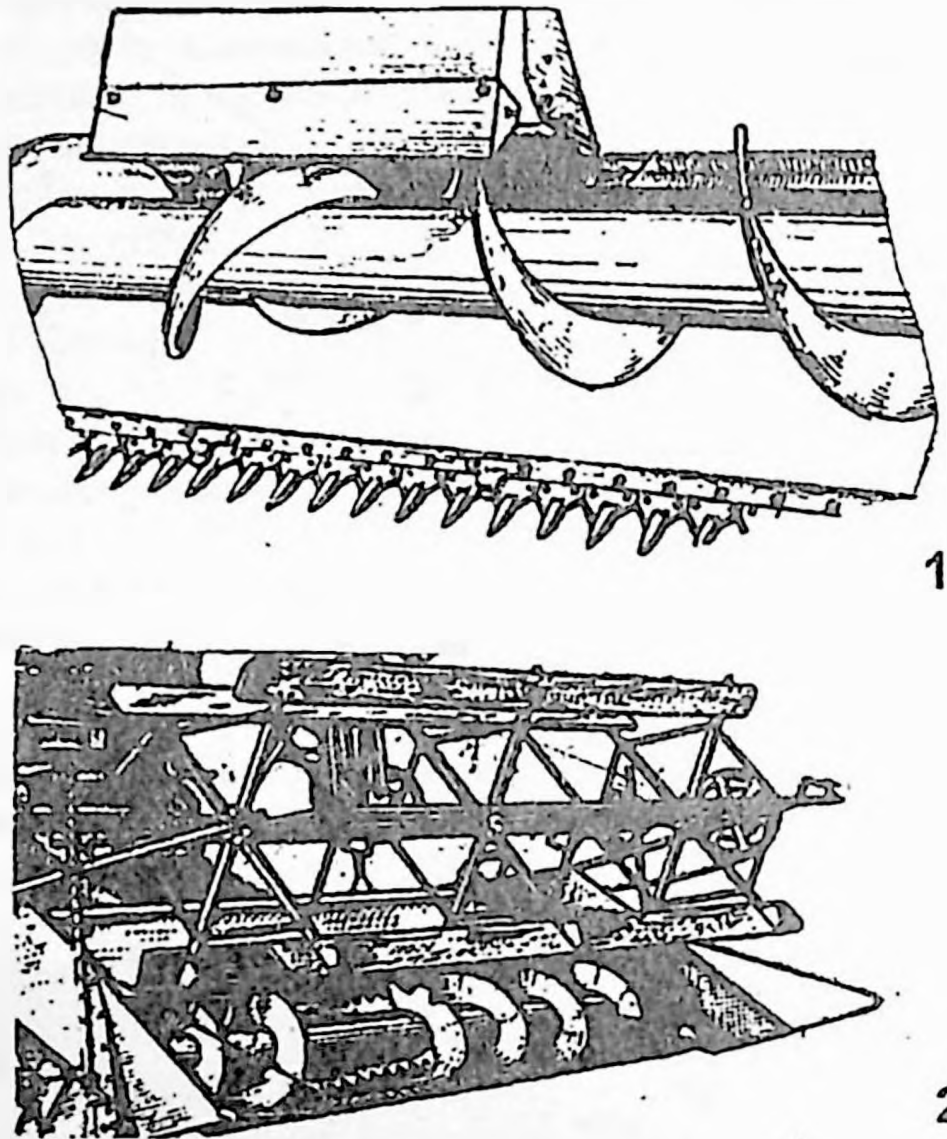


Рис. 3.20. Беспальцевые шнеки комбайнов.

1 – КСГ-3,2; Кокшут Д-428; 2 – АС-400

По мнению авторов изобретения, наличие лопастей позволит обеспечить лучший сход растений с пальцев. Такое предположение основывается лишь на том, что при подаче растений на передний участок траектории движения пальцев и лопастей они будут захватываться рабочей поверхностью лопасти, то есть находиться в зоне O . В этом случае хлебная масса действительно имеет благоприятные условия для движения к пла-

вающему транспортеру. Однако рассматривая рабочий процесс такого устройства, трудно предположить, что часть растений не будет попадать в зону *a*. Из рисунка 3.22 видно, что при вращении шнека происходит отклонение лопасти 3 назад и сжатие стеблей (зона *b*), в результате которого их свободное движение к плавающему транспортеру будет затруднено.

Несмотря на то, что существенного отличия в устройстве плавающих транспортеров отечественных и зарубежных комбайнов нами не наблюдается, следует отметить, что в некоторых комбайнах фирмы «MASSEY FERGUSON» (США) вместо цепочно-планчатого транспортера устанавливаются двухлопастные битеры, обшитые резиной. Достоинство такой конструкции – бесшумность и высокая надежность в работе. Общую оценку некоторых конструктивно-кинематических параметров шнека и транспортера основных зерноуборочных комбайнов России можно дать на основании таблицы 3.5, из которой видно, что у комбайнов наблюдается уменьшение окружной скорости шнека и скорости транспортера по сравнению с комбайном СК-4 и СКД-6. Однако ее величина остается постоянной и в конструкции привода этих рабочих органов не предусматриваются регулировки скорости в зависимости от особенностей убираемой культуры.

Важным совершенствованием конструкции жаток комбайнов является то, что на них устанавливаются измененные (фигурные) профили днища (рис. 3.22), а это позволяет улучшить подачу растений планкой мотовила к шнеку, особенно при уборке низкорослых и малоурожайных сельскохозяйственных культур.

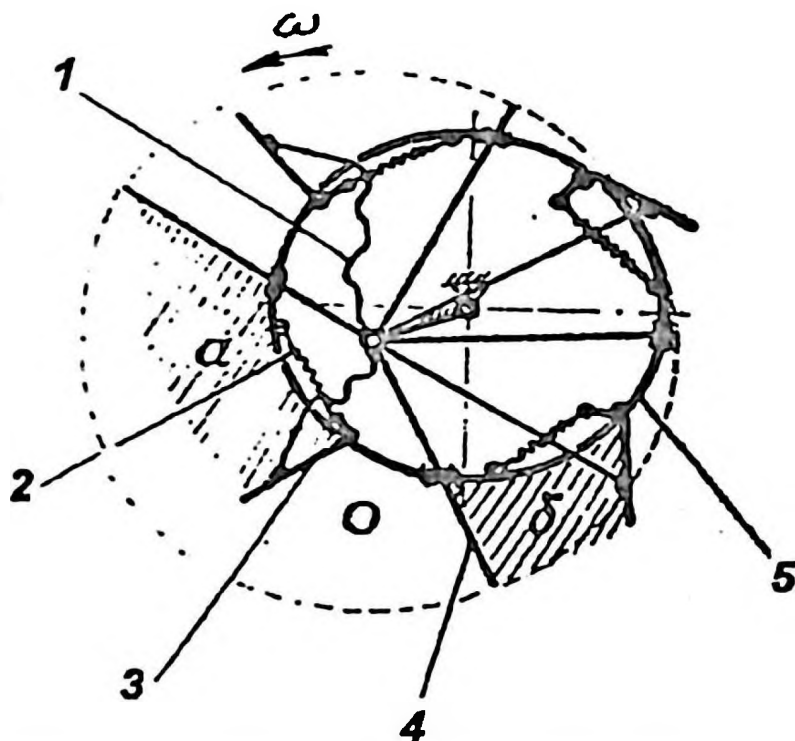


Рис. 3.21. Схема пальчиково-лопастной конструкции центральной части шнека (авт. Х.И. Изаксон): 1 – гибкая тяга; 2 – пружина; 3 – лопасть; 4 – палец; 5 – цилиндр шнека

Представленный на этом рисунке чертеж фигурного днища с учетом его взаимного расположения со шнеком показывает, что благоприятные условия для подачи растений в зону *a* создают также условия для затягивания стеблей торцом спирали в зазор Δ . Основанием для такого предложения могут являться исследования М.В. Сабликова. Здесь особенно важно отметить, что защемление стеблей в данной конструкции выглядит более благоприятным, чем при плоском днище, так как выскользывание растений из зоны *a* затруднено из-за выступа *R125* (рис. 3.22). На анализ и возможные последствия такого явления следует обратить внимание при уборке сои, так как устройство ее растений (наличие бобов по всей длине стебля и их легкая обмолачиваемость) может являться причиной вымолота зерна и поступления большого количества его в свободном состоянии к молотильному аппарату.

Таблица 3.5

Некоторые конструктивно-кинематические параметры шнека жатки и транспортера наклонной камеры (битера – вальца проставки) зерновых комбайнов (Россия)

Параметр	Марка комбайна						
	СКГ-3	СКД-5Р «Сибиряк»	Енисей- 1200Р	КЗС-954 «Енисей»	ПН-100 «Простор»	КЗР-10 «Полесье- Ротор»	Дон-1500
1. Диаметр шнека, мм	500	500	500	500	500	500	590
2. Высота витков шнека, мм	100	100	100	100	100	100	100
3. Шаг витков шнека, мм	460	460	460	460	460	460	600
4. Частота вращения шнека, мин ⁻¹	150	165	217	160	197	198	189
5. Число зубьев ведущей звездочки	39	39	39	39	39	41	39
6. Скорость транспортера, м/с	3,2	3,2	3,2	3,2	3,25	–	3,2
7. Окружная скорость по концам витков шнека, м/с	3,9	4,3	5,7	4,2	5,2	5,2	5,8
8. Форма днища жатки	плоская	плоская	фигурная	фигурная	плоская	фигурная	фигурная
9. Наличие битера (вальца) проставки	нет	нет	нет	битер пальцево- лопастной	нет	есть валец	битер пальцево- лопастной

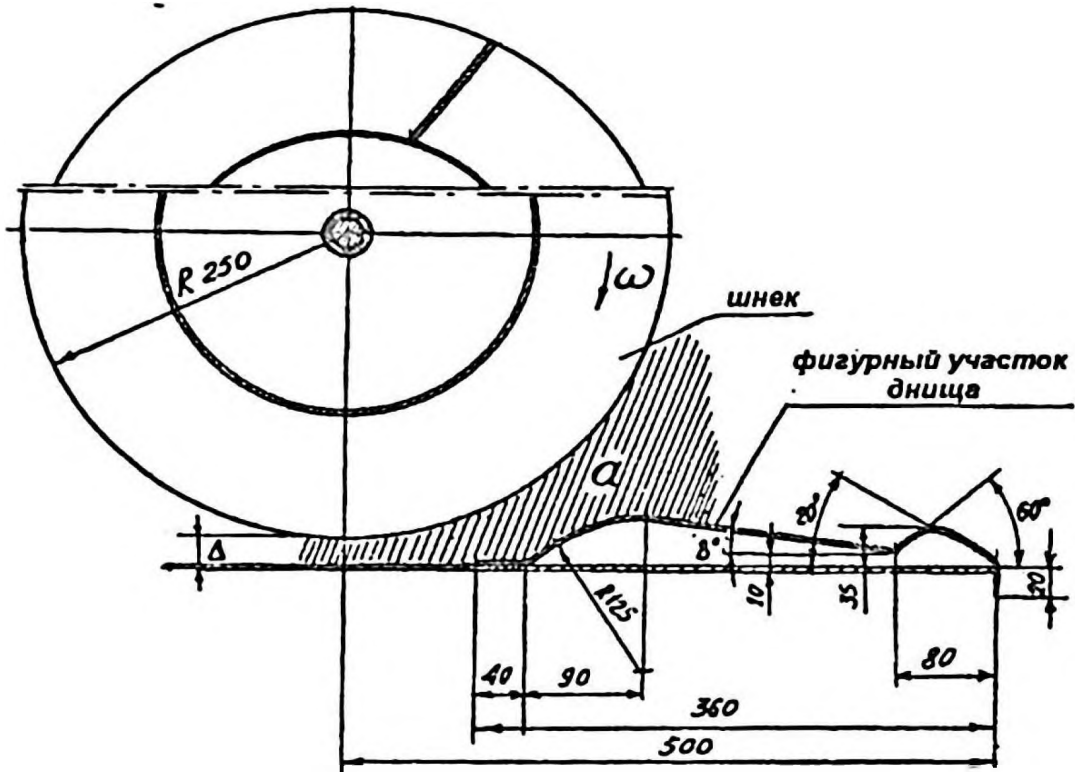


Рис. 3.22 Параметры фигурного днища жатки комбайна

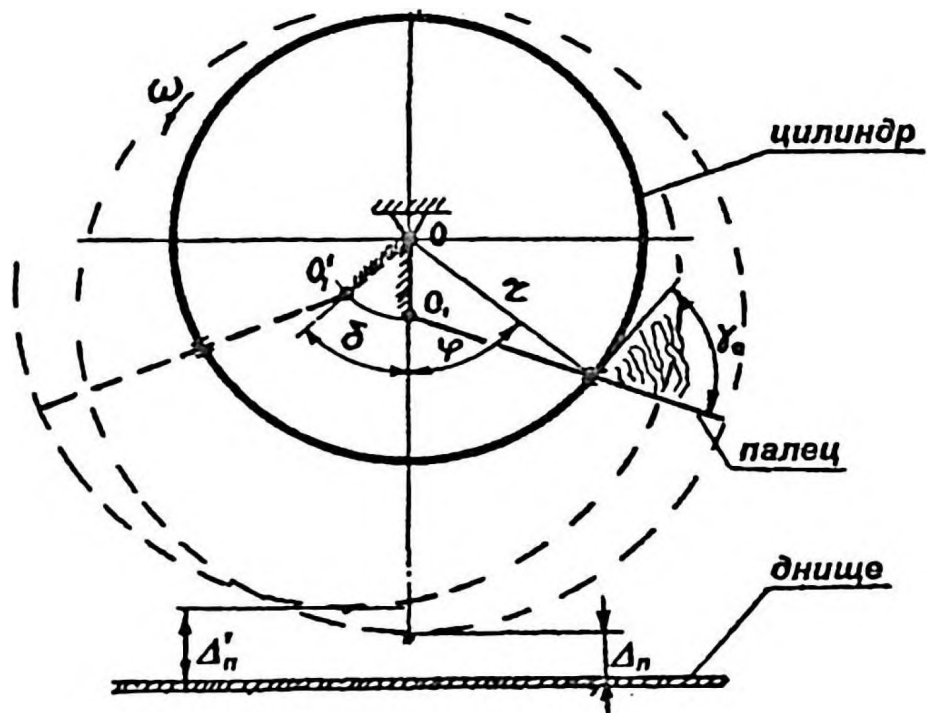


Рис. 3.23. Схема пальчикового механизма шнека

Анализ ряда проведенных исследований шнековых транспортеров показал, что большинство авторов рассматривают перемещаемый материал, как инертную массу, не изменяющую своих свойств и качеств. Такие исследования сводятся в основном к определению производительности и энергоемкости шнека.

Анализируя теорию пальчиковой части шнека, следует особенно отметить работы В.Н. Гячевой и Ш.М. Мамедова. Представив схему пальчикового механизма, как показано на рисунке 3.23, В.Н. Гячева установила выражение для определения угловой скорости пальца в зависимости от угловой скорости цилиндра:

$$\omega_n = \omega_{ш} \left[\frac{1 - \varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш}t + \delta)}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш}t + \delta)} \right].$$

где ω_n – угловая скорость пальца, с^{-1} ;

$\omega_{ш}$ – угловая скорость цилиндра, с^{-1} ;

$\varepsilon = \frac{\overline{OO_1}}{r}$ – эксцентриситет;

$\omega_{ш}t$ – угол поворота цилиндра шнека;

δ – угол, характеризующий положение колена OO_1 оси пальцев.

Аналогичное выражение несколько другим путем получено в исследовании Ш.М. Мамедова. Кроме этого, в указанной работе приводится анализ процесса транспортирования растительной массы пальцем шнека. В частности, раскрывается причина плохого схода растений с пальцев, обусловленная углом заземления γ_0 (рис. 3.23).

Значительные экспериментальные исследования шнека жатки с целью улучшить уборку длинностебельных культур комбайном осуществлялись в НИИ МЭСХ Северо-Запада. Эта работа проводилась со шнеками, которые имели следующие

типы изготовленных из стали круглого сечения пальцев: прямые; изогнутые по логарифмической спирали; прямые, покрытые эпоксидной смолой. Исследовался также шнек, в центральной части которого устанавливались лопасти, выполненные по логарифмической спирали. На основании проведенного исследования установлено, что наиболее «надежным» в выполнении рабочего процесса оказался шнек, в центральной части которого находились лопасти, выполненные по логарифмической спирали.

Значительный интерес по качеству технологического процесса работы шнека жатки на уборке сои представляют работы, выполненные в США. Проведенные опыты показали, в частности, что при скорости движения жатки 1,25 м/с, частоте вращения шнека 177 мин^{-1} на режущий аппарат приходится 81,1% потерь, на шнек – 13,1% и 5,8% – на мотовило.

При проведении этих опытов было установлено, что на середину жатки приходится более 43% потерь зерна, в то время как этот участок не превышает 30% ширины захвата жатки.

В Иллинойском университете с помощью скоростной киносъемки выяснено, что одной из важных причин больших потерь зерна сои является наличие встречных движений мотовила и шнека, а также пальчикового механизма шнека и плавающего транспортера. Для уменьшения встречных движений был создан и испытан хедер без мотовила. Транспортировка растений к шнеку проводилась при помощи воздушного потока (скорость его регулировалась до 20 м/с), создаваемого при помощи двух вентиляторов. Полевые испытания показали, что хедер с пневматическим транспортером обеспечивает более плавное движение растений от режущего аппарата к шнеку, благодаря чему потери зерна сократились.

В штате Айова проходил испытания хедер, на котором вместо шнека были установлены два лопастных транспортера (рис. 3.24). Такой транспортер существенно уменьшает встречные движения растений и обмолот бобов, однако технологический процесс происходил неустойчиво, так как не обеспечивалась надежная и равномерная подача растений в наклонную камеру.

Характеризуя пути совершенствования и переоборудования зернового комбайна для уборки культур, которые отличаются от зерновых физико-механическими свойствами, весьма важно отметить работу, проводимую в Болгарии. В этой стране уборку фасоли, которая очень близка по свойствам к сое, ведут комбайнами, у которых уменьшают частоту вращения ведущего вала плавающего транспортера с 515 мин^{-1} до 280 мин^{-1} , а шнека жатки – со 150 мин^{-1} до 82 мин^{-1} . В результате такого изменения режимов работы указанных рабочих органов получено снижение потерь зерна за жаткой на 2%.

В исследованиях анализируются качественные показатели работы молотильных устройств в зависимости от неравномерности подачи хлебной массы, вносимой рабочими органами жатки и плавающим транспортером. М.В. Михайлов, С.Я. Радченко, Б.Н. Четыркин приводят данные записи толщины слоя хлебной массы, поступающей на вход в молотильный аппарат. Замер толщины слоя производится датчиком, расположенным в наклонной камере. Несмотря на то, что валок хлебной массы был хорошо выровнен, датчик загрузки фиксировал высокочастотные колебания подачи. Авторы делают заключение о том, что эти колебания являются результатом воздействия на валок рабочих органов жатки комбайна и предлагают выровнять скорость движения плавающего транспортера и поступательную скорость комбайна. Положительный результат в этом направлении был получен Л.И. Богдановой: снижение скорости цепи плавающего транспортера комбайна СК-3 в 1,7 раза сопровождалось уменьшением недомолота (с 0,55 до 0,20% и с 0,45 до 0,40%) и невытряса соломотряса (с 0,1 до 0,07% и с 0,6 до 0,4%) при подачах соответственно в 3 кг/с и 2 кг/с.

Значительный интерес представляют работы по созданию проставки к плавающему транспортеру. Такое конструктивное решение, в частности, принято в комбайнах «Дон», «Енисей» и некоторых комбайнах фирм США, Канады, ФРГ и др. В наклонной камере у таких комбайнов устанавливаются дополнительные битеры с выдвигаемыми пальцами, которые имеют

большую захватывающую способность, чем планки транспортера.

Анализ процесса транспортирования растений подборщиком, шнеком жатки и плавающим транспортером представлен в работах. Проведенные измерения скорости движения хлебной массы в жатке комбайна показали, что она значительно изменяется (рис. 3.25).

На основании проведенной автором скоростной кино съемки в зоне подборщика установлено наличие встречных ударов пальцев шнека жатки по хлебной массе, поступающей от подборщика. Анализируя рисунок 3.25, можно предположить, что аналогичное явление имеет место при подаче растений пальчиковым механизмом шнека к плавающему транспортеру. На основании проведенных автором исследований установлено, что линейная скорость пальцев шнека должна равняться 2,8 м/с, а линейная скорость транспортера наклонной камеры не должна превышать 2,9 м/с.

Вывод В.П. Санникова – необходимо иметь такую компоновку рабочих органов жатки, чтобы движение хлебной массы от одного рабочего органа к другому осуществлялось тангенциально. Для обеспечения указанной подачи растений к плавающему транспортеру автор предлагает поднять плавающий барабан, однако при этом не учитывается, что подобная компоновка имела место (комбайн С-4М, СК-3). По этому поводу А.А. Лях, А.В. Шапиро пишут, что в старой схеме взаимного расположения шнека жатки и плавающего транспортера неизменно имеет место «мертвая зона», а это ухудшает равномерность подачи массы в молотилку, особенно при уборке малоурожайных культур. Это обстоятельство нельзя не учитывать при обмолоте невысоких урожаев сои. Большую актуальность также приобретает процесс движения растений на участке пальчикового механизма шнека в связи с выносом первого молотильного аппарата в зону расположения нижней части плавающего транспортера.

Всестороннее изучение работы плавающего транспортера зернового комбайна СК-4 на подборе валков проводилось В.С. Красниченко.

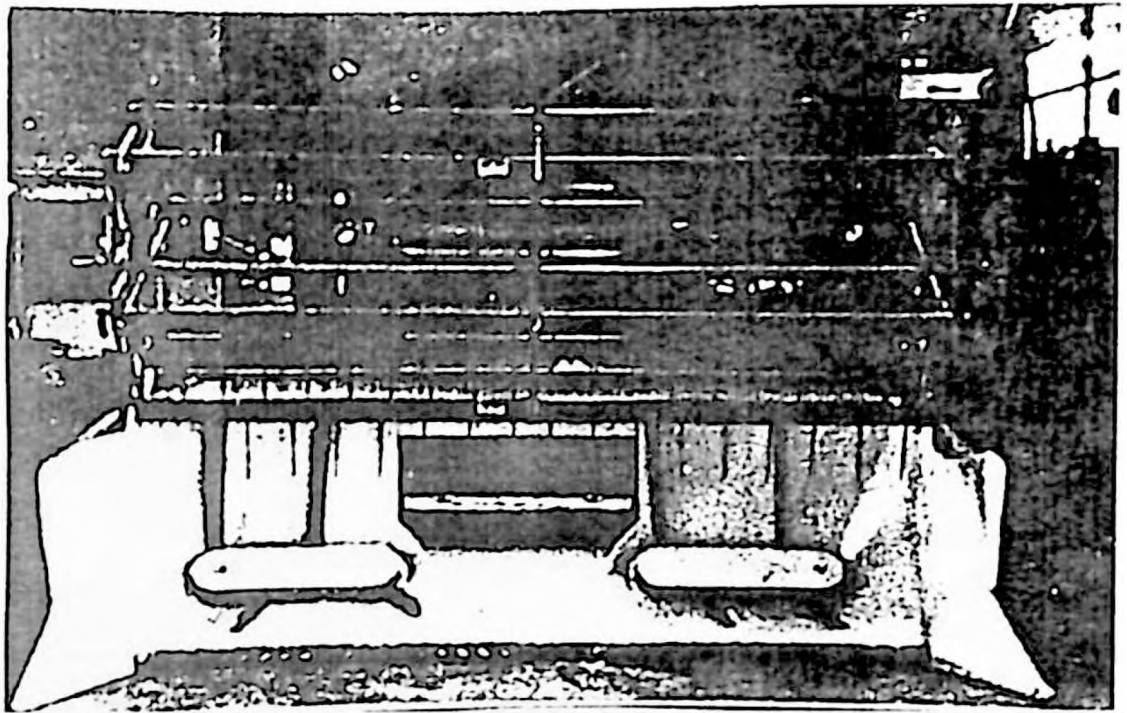


Рис. 3.24. Жатка с лопастными транспортерами

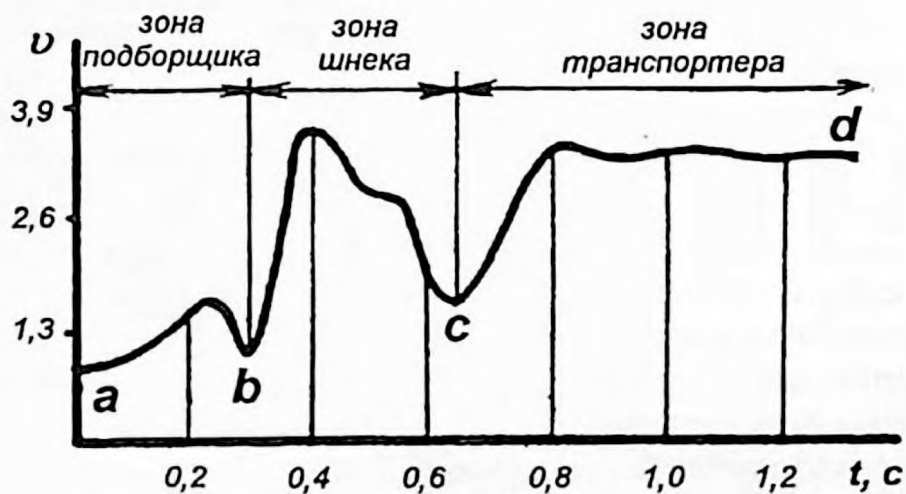


Рис. 3.25. Характер изменения скорости хлебной массы в жатке зерноуборочного комбайна (по В.П.Санникову)

В результате проведенного исследования установлен колебательный характер движения плавающего барабана транспортера, вследствие чего появляются значительные ускорения (до 8,8 м/с) в кинематических парах его подвески, а это снижает долговечность работы цепи.

Если на основании части работ можно сделать вывод об уменьшении существующей скорости движения плавающего транспортера, то в исследовании И.Ф. Кулакова предполагается довести ее до 4,5 – 5,0 м/с. Именно в этом случае, как утверждает автор, создается благоприятный режим для работы молотильного аппарата, как с точки зрения технологии, так и с точки зрения производительности.

Необходимо также отметить, что есть предложения синхронизировать скорость рабочих органов жатки комбайна со скоростью его поступательного движения. Однако такое решение значительно усложнило бы конструкцию привода.

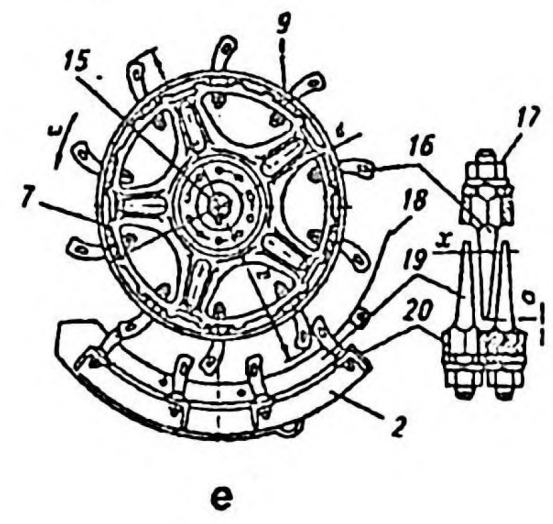
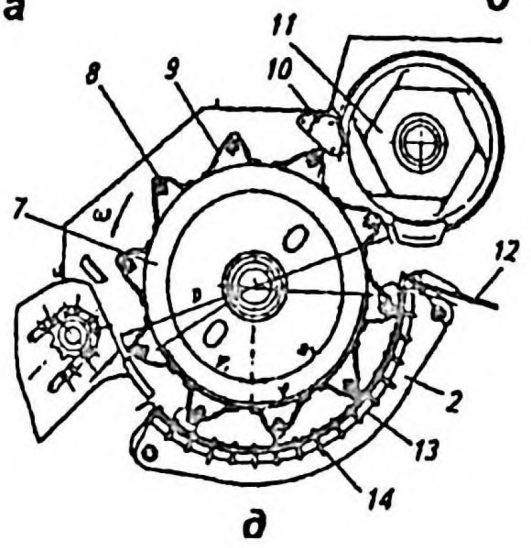
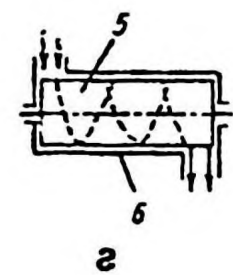
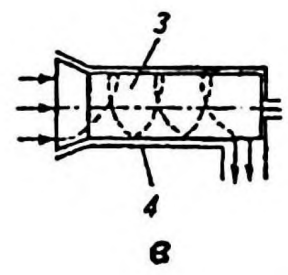
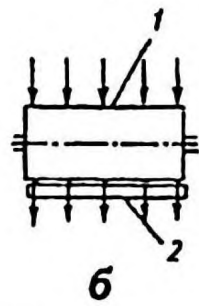
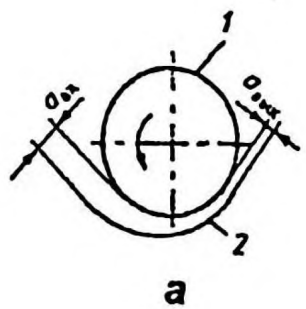
Таким образом, в настоящее время имеются весьма противоречивые сведения о выборе режима работы и конструкции плавающего транспортера, а вместе с ним и рабочего органа проставки на уборке зерновых культур. Что же касается исследований транспортера и выбора параметров проставки на уборке сои, то таких исследований недостаточно, чтобы можно было рекомендовать его технологические режимы работы на уборке сои в условиях Амурской области.

Зерноуборочные комбайны предназначены для уборки зерновых, бобовых, крупяных культур, кукурузы на зерно и семянок трав при наличии соответствующих адаптеров. Повышение пропускной способности и улучшение качества технологического процесса при снижении эксплуатационных затрат – основная тенденция в развитии комбайностроения.

Пропускная способность растительной массы (кг/с) и качество работы зависит от следующих показателей:

- технологической схемы комбайна;
- параметров молотильно-сепарирующего устройства, жатки, соломотряса, очистки, энергонасыщенности, типа движителя;
- состояния и вида обмолачиваемой культуры;
- равномерности подачи растительной массы в жатку и молотилку и др.

Несмотря на множество экспериментальных конструкций в мировом и отечественном комбайностроении наблюдается изготовление комбайнов, имеющих схемы МСУ, представленные на рисунке 3.26.



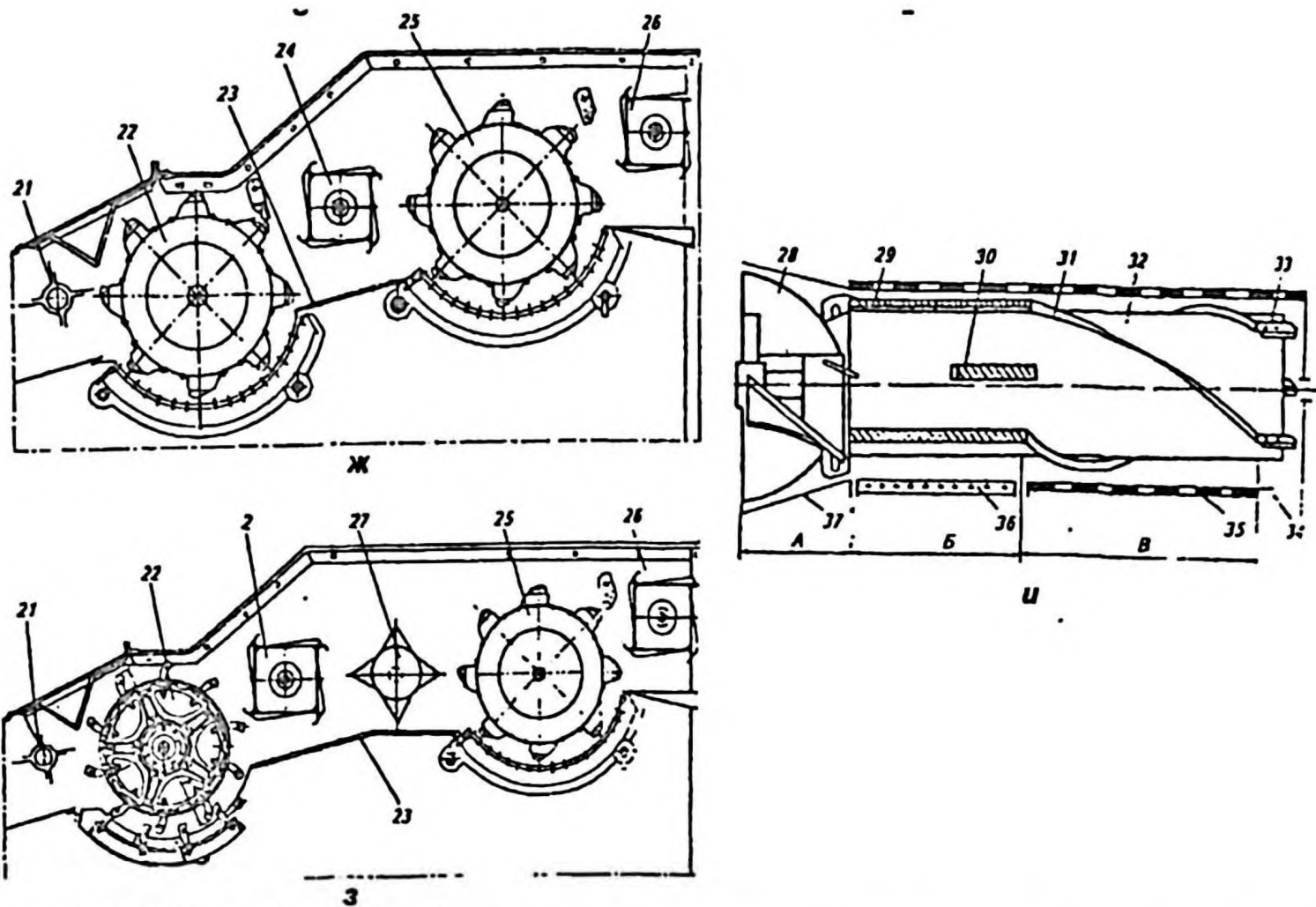


Рис.3.26. Молотильно-сепарирующие устройства:

а, б – поперечно-поточные; в, и – аксиально-роторные; г – комбинированное; д – бильное комбайна «Дон-1500»; е – штифтовое; ж – двухбарабанное комбайна «Енисей-1200»; з – двухбарабанное комбайна «Енисей-1200Р»; 1, 22, 25 – барабаны; 2, 36 – подбарабанье; 3, 5, 32 – роторы; 4, 6, 37 – кожухи; 7 – диски; 8, 29, 30 – бичи; 9 – планки-подбичники; 10 – отсекаль воздушного потока; 11, 21, 24, 26, 27 – битеры; 12, 18, 23, 35 – решетки; 13 – прутки; 14, 20 – планки; 15 – вал; 16, 19 – штифты соответственно барабана и подбарабанья; 17 – гайка; 28, 33 – лопасти; 31 – ударная планка; 34 – выгрузное окно

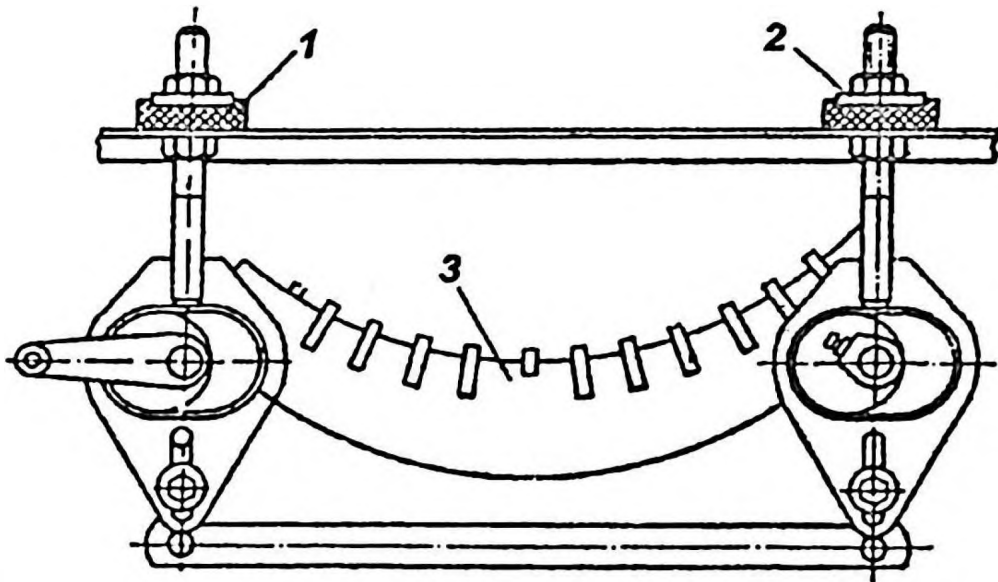


Рис. 3.27. Схема переоборудования молотилки комбайна для снижения механических повреждений зерна:

1 – резиновая прокладка; 2 – специальная шайба;
3 – подбарабанье

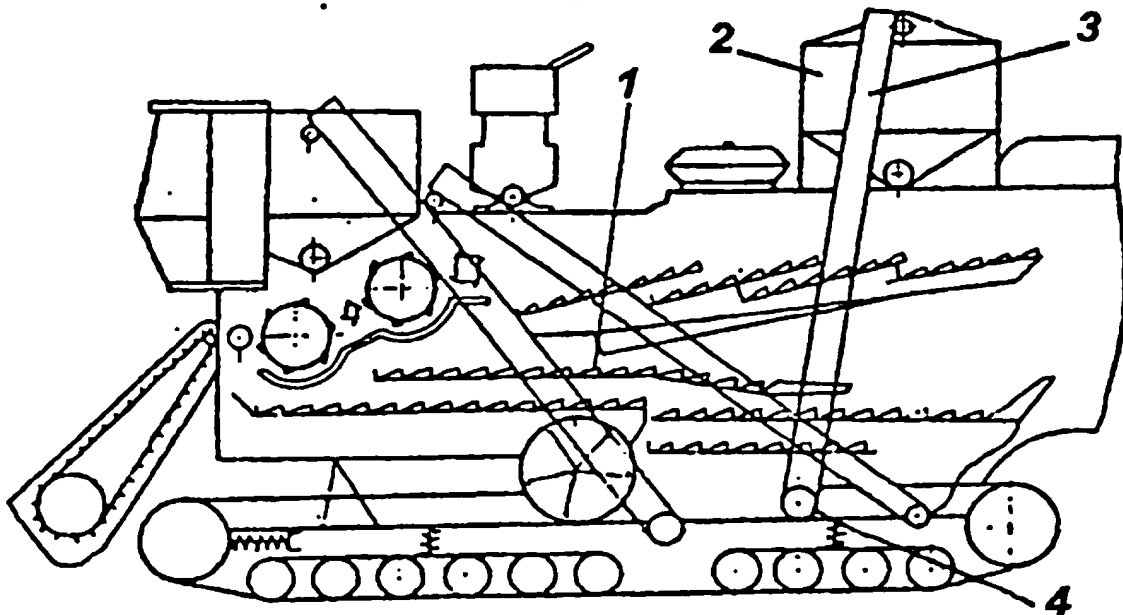


Рис. 3.28. Схема переоборудования комбайна для уборки семенных участков:

1 – дополнительная стрясная доска; 2 – бункер для сброса зерна после второго барабана; 3 – элеватор; 4 – шнек для отвода зерна из-под второго барабана

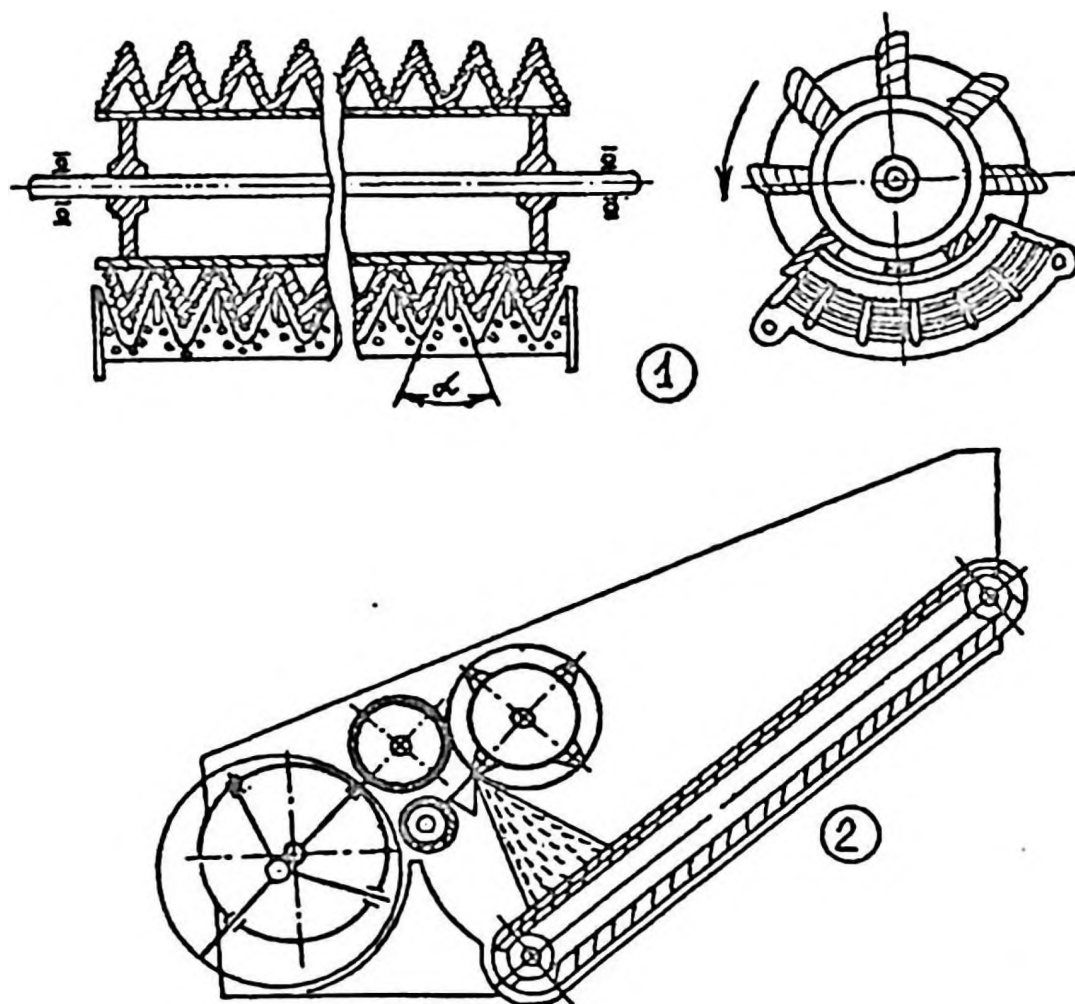


Рис. 3.29. Молотильные устройства:
1 – А.С. 420280, 2 – А.С. 971149

По направлению подачи потока растительной массы и движения ее в обмолачиваемой зоне (рис. 3.26) МСУ различают поперечно-поточные (а, б), аксиально-роторные (в, з) и комбинированные (г). По конструкции рабочих элементов непосредственно ударяющих по растительной массе МСУ бывают бильные (д) и штифтовые (е), а по количеству вращающихся частей (барabanов, роторов, дисков и т.п.) – одно-, двух- и многобарabanные (ж, з).

К штифтовому барабану прикреплены штифты 16, а к планкам-подбичникам 9 – рифленые бичи 8.

Подбарабанье 2 и 36 бильного и роторного молотильного аппарата решетчатое.

При обмолоте через подбарабанье просыпается до 70 – 80% вымолоченных зерен. Подбарабанье охватывает снизу барабан на некоторый угол α . Его величина у различных комбайнов колеблется в пределах 120 – 150°. Изменяя положение подбарабанья относительно барабана, то есть изменяя значения $\alpha_{вх}$ и $\alpha_{вых}$ (рис. 3.26, а) можно существенно регулировать показатели обмолота.

Подбарабанье 2 (рис.3.26) штифтового молотильного аппарата снабжено штифтами 19, расположенными тремя рядами так, что каждый штифт 16 барабана при вращении проходит между двумя штифтами 19 подбарабанья. Штифтовое подбарабанье может опускаться, изменяя величину вхождения штифтов барабана в штифты подбарабанья, а, следовательно, регулировать интенсивность обмолота растений.

Штифтовый молотильный аппарат обеспечивает лучший обмолот влажных и труднообмолачиваемых растений. При обмолоте сухих растений сои штифты подбарабанья рекомендуется опускать до величины 2/3 величины штифта.

Аксиально-роторное МСУ снабжено ротором 32 (рис.3.26, и), расположенным в неподвижном или вращающемся кожухе 37. В зоне входа растительной массы А на роторе МСУ Б бичи 30, а в зоне сепарации В – ударные планки 31 расположены под углом к оси ротора. В месте выхода соломы на роторе закреплены лопасти 33.

Комбинированные МСУ устанавливаются на зерноуборочных комбайнах ПН-100 «Простор» и КЗР-10 «Полесье-Ротор». Об особенностях их устройства и работы будет описано в разделе 4.2 и 4.4.

Совершенствование работы МСУ на уборке сои сводится не только к снижению частоты вращения барабанов и молотильных зазоров, но и предложениям по изменению способа подвески подбарабанья (рис.3.27) и переоборудования для уборки семенных участков.

Предлагаемые в различных вариантах другие устройства рабочих органов МСУ построены на обосновании преимущественно ударного воздействия на растительную массу (рис. 3.29).

В то же время в последние годы ведутся широкие исследования по обоснованию параметров вальцового устройства, способствующих улучшению качественных показателей и повышению производительности зерноуборочных комбайнов. Причем как в классических барабанных, так и в вальцовых устройствах находит обоснование применения резины в качестве материала для покрытия рабочих поверхностей.

3.1.4. Состояние и перспективы применения направленного воздушного потока в жатке комбайна на уборке сои

Сжатый воздух находит широкое применение в технике и все больше внедряется в зерноуборочных комбайнах.

В селекционных комбайнах при помощи воздуха производится его очистка от возможного засорения семенами разных сортов (рис.3.30).

Всасывающий воздушный поток применяется для подбора потерянных семян с земли, а также вымолачиваемых на корню.

Нагнетательный воздушный поток нашел применение с целью предотвратить потери семян или обеспечить подвод растений к режущему аппарату (А.С.971148).

Устройство, аналогичное описанному выше, имеет жатка (А.С. 1355157), где сопла располагаются за режущим аппаратом, а подаваемый к ним от компрессора воздух способствует лучшей подаче растений к шнеку, снижая отрицательный эффект «мертвой зоны» (рис. 3.31, А; 3.32).

В условиях, когда в жатвенной части, особенно в зоне расположения режущего аппарата, не удастся устранить частичный обмолот бобов сои, приходится применять различные конструктивные решения, в том числе использование направленного воздушного потока (рис. 3.31). Однако параметры та-

кого конструктивного решения не имеют достаточных обоснований.

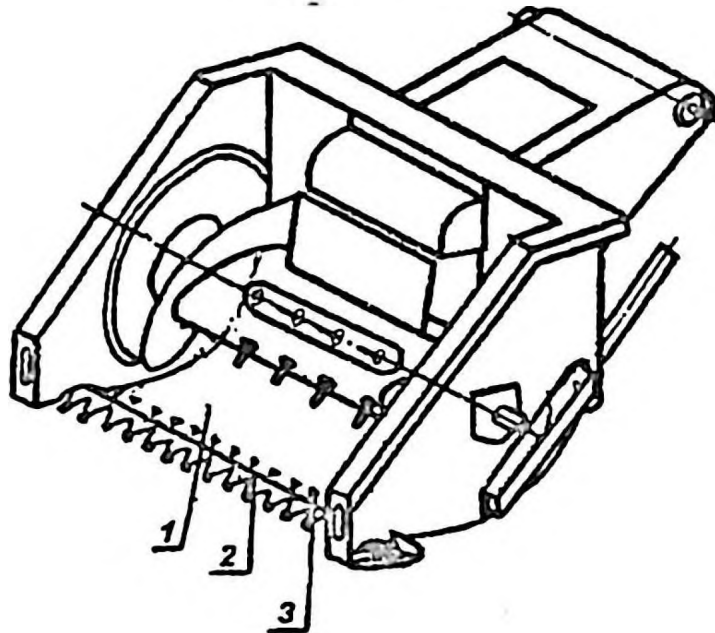


Рис. 3.30. Схема селекционной пневматической жатки:
1 – платформа; 2 – брус; 3 – сопло

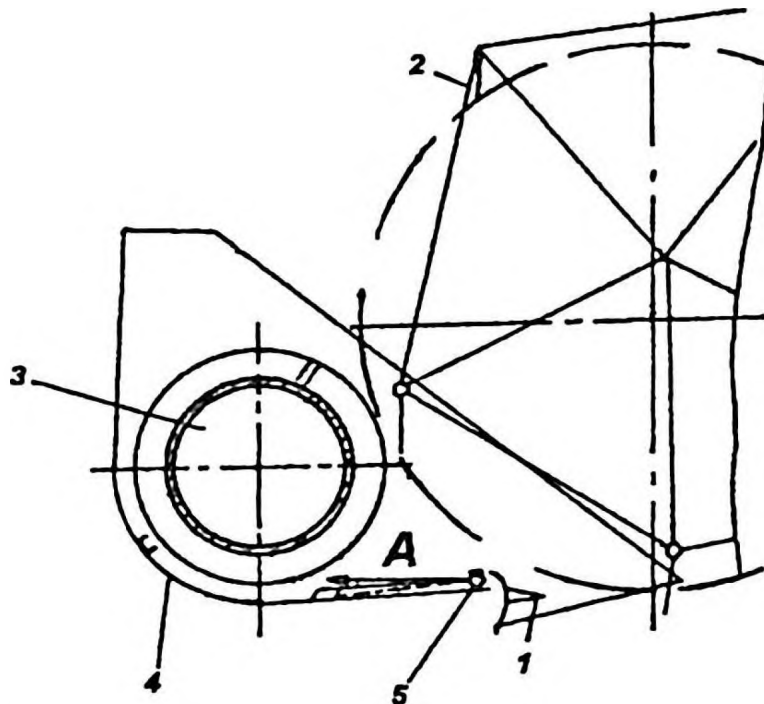


Рис. 3.31. Схема жатки с пневматическими соплами
на переднем участке днища:
1 – режущий аппарат; 2 – мотовило; 3 – пнек; 4 – днище;
5 – сопло; А – «мертвая» зона

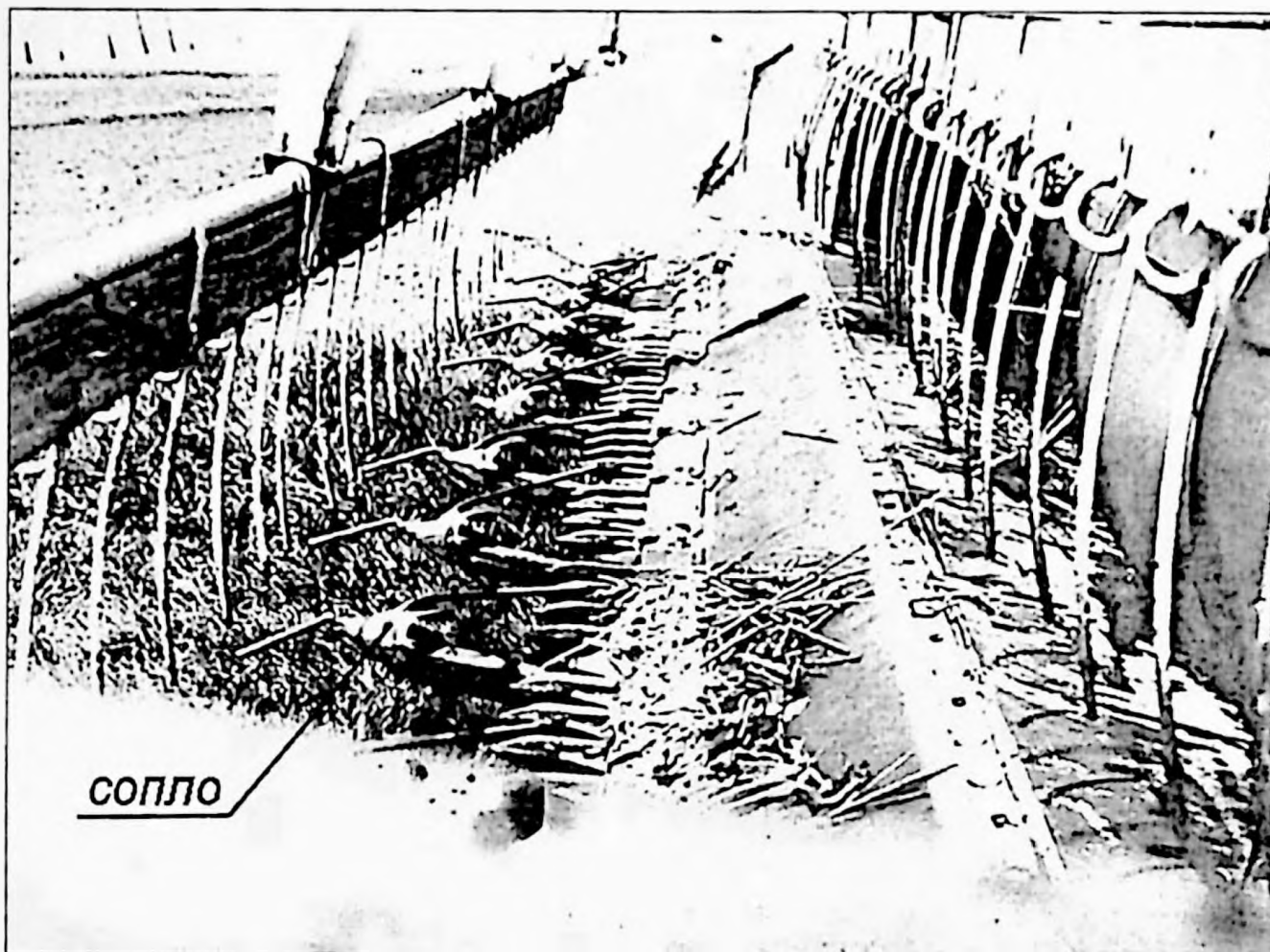


Рис. 3.32. Схема расположения сопел

3.1.5 Совершенствование работы мотовила и обоснование параметров воздушной завесы в жатке

В условиях, когда соя не подвержена полеганию, а ее бобы, расположенные по всей длине растения легко разрушаются при механическом воздействии, работу мотовила следует оценивать по интенсивности перемещения планки в растительной массе до ее перерезания режущим аппаратом и возможными потерями, связанными с вымолотом зерна и обрывом бобов.

Главными критериями здесь являются соотношение окружной скорости планки мотовила и поступательной скорости комбайна, а также конструктивные параметры граблины (планки). Причем передний участок работы мотовила очень важен, так как он проходит над поверхностью поля и не защищен платформой жатки.

Рассмотрим один из наиболее неблагоприятных случаев, приняв боб или зерно за материальную точку массой m , падающую от места отрыва от стебля без начальной скорости и вертикально вниз. Принимаем, что отрыв боба (зерна) происходит в точке C касания планки мотовила со стеблем (рис.3.33).

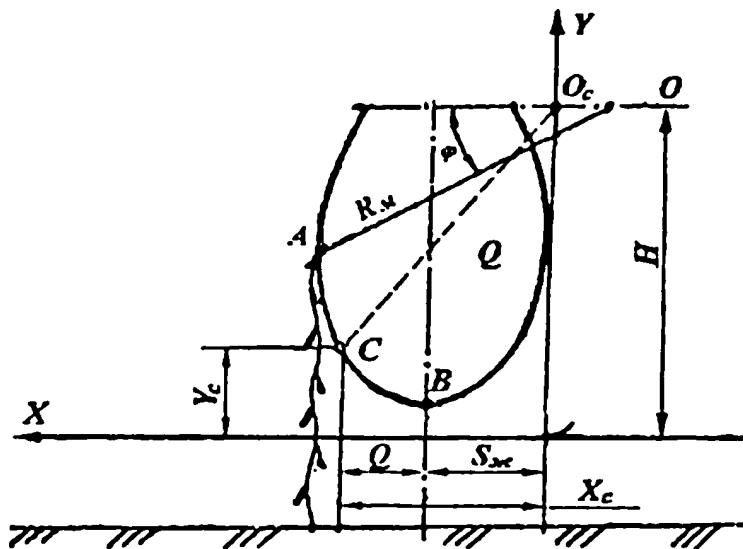


Рис. 3.33. Схема к определению зоны осыпания (обрыва) бобов (зерна) сои под воздействием планки мотовила

Отсюда координаты этой точки, выраженные через конструктивные параметры мотовила запишем следующим образом:

$$X_c = R_m \cdot \cos \varphi, \quad Y_c = H - R_m \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

где R – радиус мотовила, м;
 φ – угол поворота планки мотовила, град;
 H – высота установки вала мотовила над ножом, м;
 X_c и Y_c – соответственно горизонтальная и вертикальная координаты точки C относительно выбранной нами системы координат.

По-видимому, боб не упадет на землю, если за время его падения жатка переместится на расстояние, равное X_c , то есть будет выполнено условие:

$$t_1 \leq t_2, \quad (2)$$

где t_1 – время движения жатки до встречи с траекторией падения боба;
 t_2 – время падения боба.

Исключая сопротивление воздуха, условие (2) можем представить:

$$\frac{x}{v_{ж}} \leq \sqrt{\frac{2Y_c}{g}}, \quad (3)$$

где $v_{ж}$ – скорость жатки, м/с;
 g – ускорение свободного падения тела, м/с².

Исходя из (3) получим:

$$\frac{R_m \cdot \cos \varphi}{v_{ж}} \leq \sqrt{\frac{2(H - R_m \cdot \cos \varphi)}{g}}. \quad (4)$$

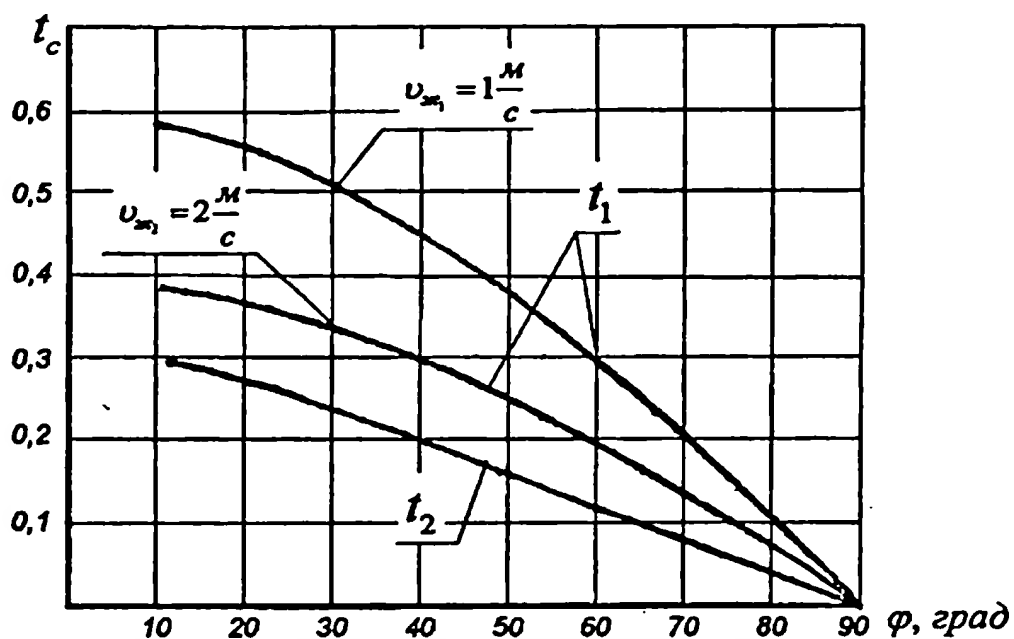


Рис. 3.34. Зависимость времени движения жатки t_1 и времени падения бобов (семян) t_2 от угла φ поворота мотовила для скорости жатки $U_{ж1} = 1 \text{ м/с}$; $U_{ж2} = 2 \text{ м/с}$.

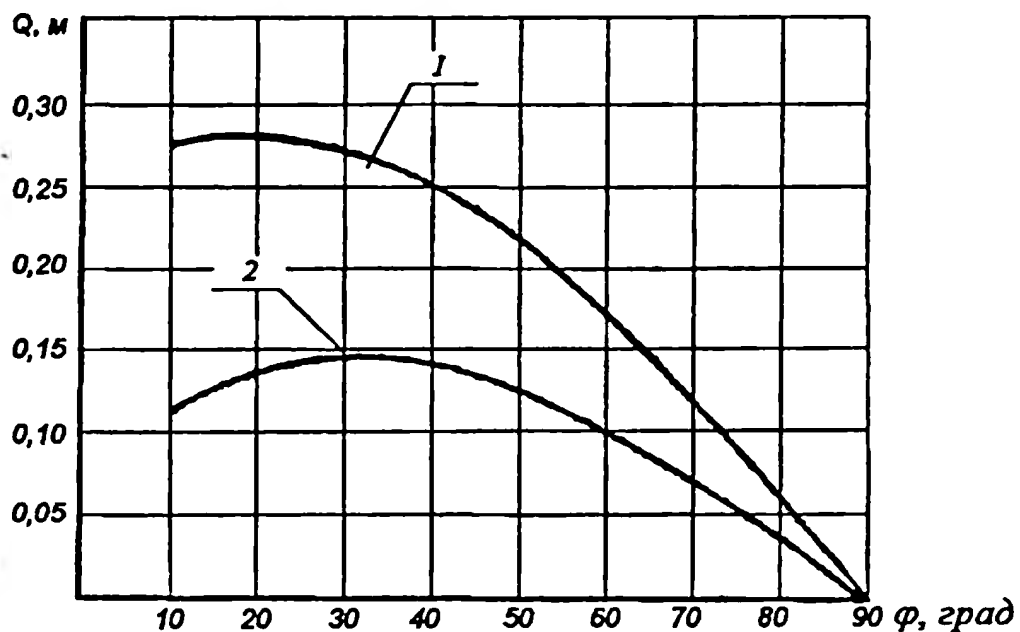


Рис. 3.35. Зависимость зоны осыпания сои Q от угла поворота мотовила φ для скорости жатки $U_{ж1} = 1 \text{ м/с}$; $U_{ж2} = 1,5 \text{ м/с}$ ($R_M = 0,6 \text{ м}$, $H = 0,8 \text{ м}$).

Так как бобы сои располагаются по всей высоте стебля, то процесс их обрыва (обмолота) может происходить в любом месте участка траектории АВ планки. Задавшись различным ее положением, оценим условие (4) в зависимости от угла поворота φ . На рисунке 3.34 представлены зависимости времени движения жатки t_1 , необходимого для ее передвижения до встречи с падающим бобом и время t_2 падения боба от угла φ поворота планки мотовила для двух характерных скоростей жатки на уборке сои.

Из рисунка 3.34 видно, что время t_1 значительно больше времени t_2 и по мере увеличения угла φ , то есть с приближением места обрыва боба к режущему аппарату соблюдается условие $(t_1 - t_2) \rightarrow \min$.

Однако с увеличением скорости жатки разница между t_1 и t_2 существенно снижается и как будто благоприятствует попаданию бобов (зерна) на ее платформу. Однако практика показывает, что уборка сои на скоростях, превышающих 1 – 1,5 м/с, приводит к росту ее потерь из-за неудовлетворительного копирования жаткой поверхности поля, а в некоторых случаях и забивания режущего аппарата. Исходя из рисунка 3.33 и выражения (4) возможная зона обрыва бобов составит:

$$Q = X_c - S_{\text{жк}}$$

или

$$Q = R_m \cdot \cos \varphi - v_{\text{жк}} \sqrt{\frac{2(H - R_m \cdot \sin \varphi)}{g}}. \quad (5)$$

Таким образом, зона возможного обрыва бобов и потерь зерна зависит не только от конструктивных параметров мотовила и скорости жатки, но и места на траектории планки, определяемом углом φ . На рисунке 3.35 представлены зависимости зоны осыпания сои от угла поворота планки мотовила, рассчитанные по формуле (5) для верхних предельных скоростей жатки.

Препятствием на пути движения зерна сои в зоне осыпания, а также воздействия на растения режущего аппарата и шнека может стать искусственная завеса в виде направленного воздушного потока. К настоящему времени известны несколько конструктивных схем воздействия воздушного потока на растительную массу, находящуюся на платформе жатки или на корню. При обосновании параметров воздуходувки можно исходить из выражения:

$$Q_B = v_B \cdot Z \cdot S, \quad (6)$$

где Q_B – расход воздуха, м³/с;
 v_B – скорость воздуха, необходимая для удержания семян (бобов), растений на платформе жатки, м/с.
 Z – число воздухопроводов, расположенных по ширине захвата жатки;
 S – площадь сечения воздуховода (сопла), м²;

Приняв в качестве одного из возможных вариантов движения жатки вдоль рядов сои и необходимости прохождения воздухопроводов в междурядьях шириной a , необходимое количество сопел по ширине захвата жатки составит:

$$Z = \frac{B}{a} + 1, \quad (7)$$

где B – ширина захвата жатки, м;
 a – величина междурядья, м.

Отсюда необходимый расход воздуха составит:

$$Q = v_B \cdot S \left(\frac{B}{a} + 1 \right), \quad (8)$$

Вынос сопел L воздухопроводов относительно режущего аппарата зависит от величины зоны обрыва Q бобов планкой мотовила и определяется неравенством:

$$L \geq Q = R_m \cos \varphi - v_{\infty} \sqrt{\frac{2(H - R_m \sin \varphi)}{g}},$$

(9)

или с учетом сопротивления воздуха получим:

$$L \geq Q = R_m \cdot \cos \varphi - \frac{v_{ж}}{\sqrt{2K_n \cdot g}} \cdot \ln \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 - e^{-K_n Y}}}{1 - \sqrt{1 - e^{-K_n Y}}}}. \quad (10)$$

где R_m – радиус мотовила, м;
 φ – угол поворота планки мотовила, град.;
 K_n – коэффициент парусности бобов (зерна), m^{-1} ;
 Y – начальное положение боба (зерна) относительно линии среза режущего аппарата, м.

Попавшее на горизонтальную стальную платформу жатки и имеющее скорость $V_z = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r$ шаровидное зерно сои можно остановить, если уравновесить количество его движения количеством движения некоторого объема воздуха, выходящего из сопла за некоторый промежуток времени $\tau = 1$ с:

$$\frac{G_z \cdot r_z \cdot \pi \cdot n}{30g} = \frac{\gamma_B \cdot F_z \cdot V_B^2 \cdot \tau \cdot \sin \alpha_c}{n}, \quad (11)$$

где G_z – вес зерна, кг;
 r_z – радиус зерна, м;
 n – частота вращения зерна, $мин^{-1}$;
 γ_B – удельный вес воздуха;
 $F_z = \pi \cdot r_z^2$ – площадь поперечного сечения зерна, m^2 ;
 α_c – угол между направлением движения зерна и направлением воздушного потока, град.

Из выражения (11) можем определить:

$$V_B = \sqrt{\frac{G_z \cdot n_z}{30 \cdot \gamma_B \cdot r_z \cdot \tau}} \quad (12)$$

Проведя расчеты по выражению (12), на рисунке 3.36 покажем влияние веса зерна (G_z), частоты его вращения (n_z) и радиуса (r_z) на скорость воздушной струи, способной остановить перекатывающееся по стальной поверхности шаровидное зерно сои.

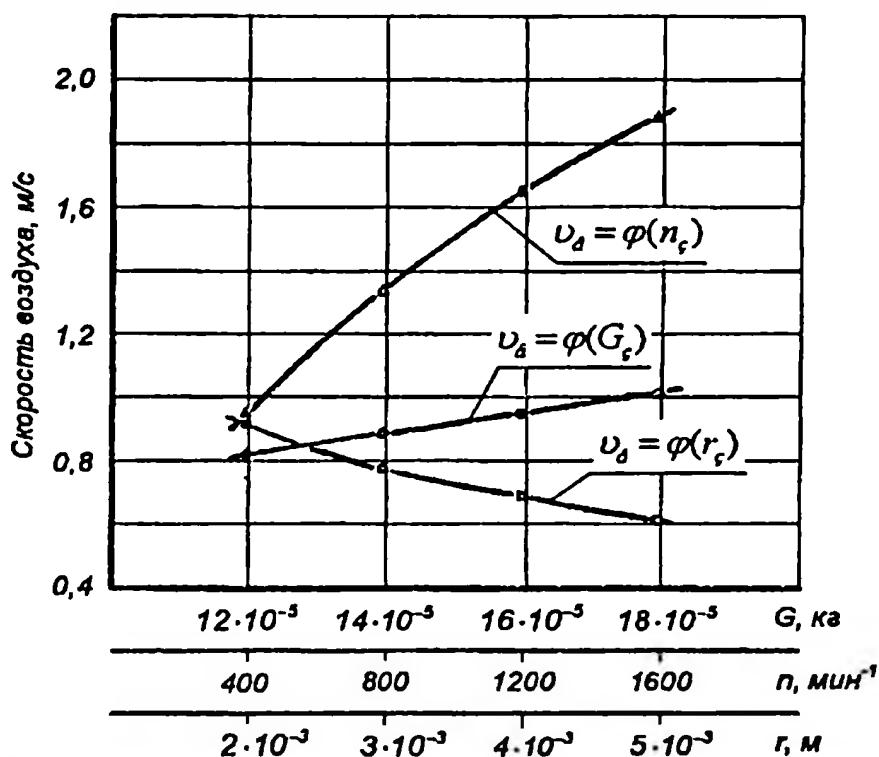


Рис. 3.36. Скорость воздушной струи, необходимой для остановки катящегося шаровидного зерна сои в зависимости от частоты его вращения n_z , (при $G_z = 0,00016$ кг, $r_z = 0,002$ м), веса G_z , (при $n_z = 400$ мин⁻¹, $r_z = 0,002$ м) и радиуса r_z , (при $n_z = 400$ мин⁻¹, $G_z = 0,00016$ кг)

При продольных колебаниях жатки, связанных с копированием поверхности поля, и расположением ее платформы (днища) под некоторым углом α к горизонту зерно сои будет удерживаться воздушным потоком на наклонной поверхности при соблюдении условия:

$$m_s g(\sin \alpha - f_k \cos \alpha) = \frac{1}{2} c \rho F V_{отн.}^2, \quad (13)$$

где C – коэффициент аэродинамического сопротивления зерна;
 m_s – масса зерна;
 g – ускорение свободного падения тела;
 f_k – коэффициент трения качения зерна сои по стали;
 ρ – плотность воздуха;
 F – площадь Миделева сечения зерна;
 $V_{отн.}$ – относительная скорость зерна.

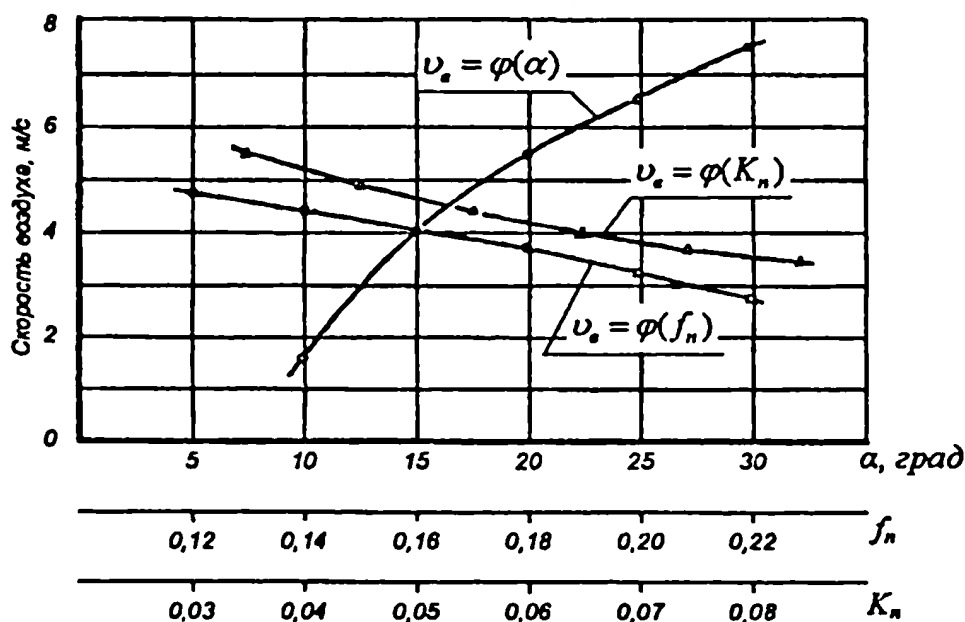


Рис. 3.37. Скорость воздушной струи, необходимой для удержания зерна сои в зависимости от угла α (при $f_k = 0,16$; $K_n = 0,06$), коэффициента K_n (при $f_k = 0,16$; $\alpha = 15^\circ$)

Обозначим $K_n = \frac{c \rho F}{2 m_s}$,

тогда $g(\sin \alpha - f_k \cos \alpha) = K_n \cdot V_{отн.}^2$.

или $V_{отн.} = \sqrt{\frac{g \sin \alpha - f_k \cos \alpha}{K_n}}$.

Учитывая, что $V_{отн.} = V_B - V_s$, окончательно получим

$$V_{отн.} = V_s + \sqrt{\frac{g \sin \alpha - f_k \cos \alpha}{K_n}}. \quad (14)$$

Приняв $K_n = 0,034 - 0,098$ 1/м, $f_k = 0,14 - 0,18$, $V_s = 0$, считаем влияние α , f_k и K_n на скорость воздуха, необходимую для удержания зерна на наклонной поверхности жатки. На рисунке 3.37 представлены графики указанных зависимостей. На основании графиков рисунков 3.36 и 3.37 следует, что наибольшее влияние на величину необходимой скорости воздушной струи для рассматриваемых вариантов оказывает частота вращения зерна (то есть его скорость перекачивания) и угол наклона жатки. Из представленного исследования можно предположить, что величина скорости воздуха, необходимая для удержания сои на жатке должна составлять 6 – 8 м/с, а рассчитанная по выражению (6) производительность воздухоудовки при $B = 5$ м (без учета потерь в воздухопроводах) должна составлять не менее 224 м³/ч.

Как уже отмечалось выше значительные потери за жаткой в виде оторванных бобов и вымолоченных семян сои зависят от недостатков в работе планки мотопила.

Один из них состоит в том, что в некоторых случаях на практике, стремясь улучшить процесс вхождения граблины в растения, не устанавливают на мотовило деревянные планки (или прорезиненный ремень). Однако такое мотовило наряду с плохой очисткой режущего аппарата теряет роль экрана, необходимого для задержки семян сои, вымолоченных шнеком жатки. В то же время деревянная планка с прорезиненным ремнем в виде полосы имеет угол вхождения в растения α_1 значительно меньший, чем угол α_2 предложенной нами планки с грушевидной формой нижней рабочей грани (рис.3.37).

Из схемы разложения сил (рис.3.38) видно, что при равной силе вхождения планки в растительную массу T , но под разными углами $\alpha = 10 - 15^\circ$ (вариант а) и $\alpha = 40 - 50^\circ$ (вариант б), сила нормального давления планки на растение в первом случае в 3 – 4 раза больше, чем во втором. При меньшем зна-

чении силы нормального давления на растение действует и значительно меньшая сила трения R , что снижает обрыв бобов и вымолот зерна сои.

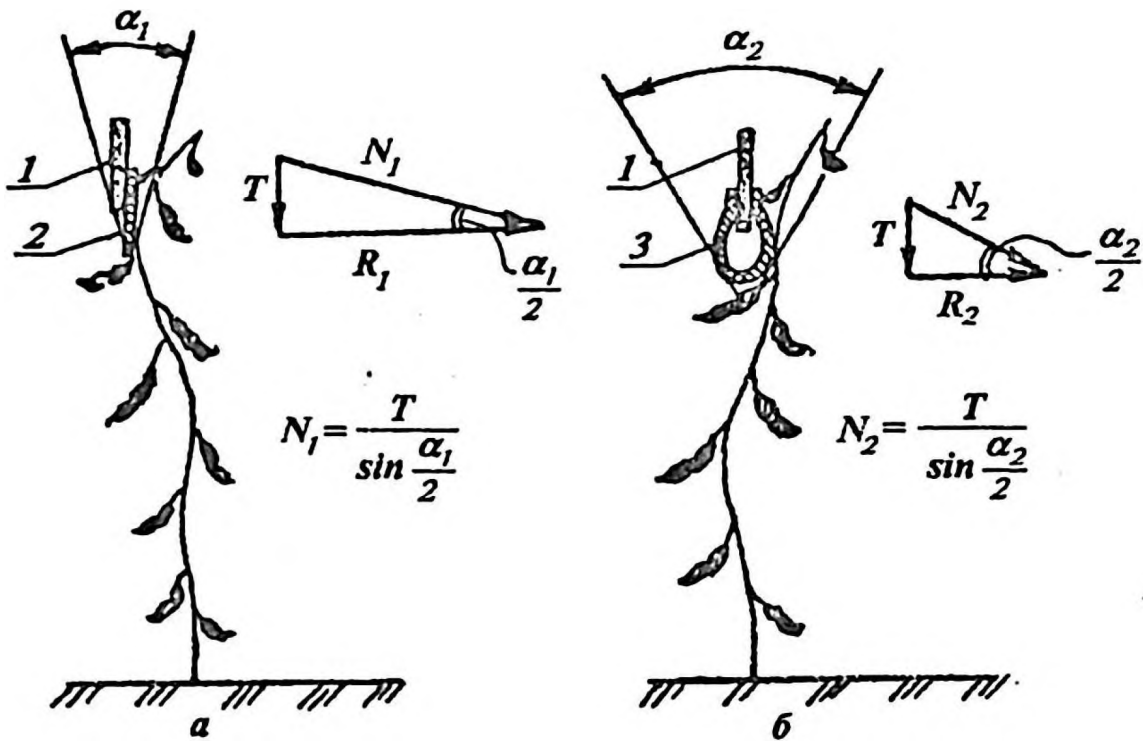


Рис. 3.38. Схема планки мотвила:

a – производственная; b – экспериментальная;
 1 – деревянная планка; 2 – прорезиненный ремень (плоский); 3 – прорезиненный ремень (грушевидный)

3.1.6 Обоснование параметров передней части днища, опорного листа и механизма присоединения жатки при копировании поверхности почвы

В процессе вращения шнека жатки его спиральная часть взаимодействует с единичными бобами или пучками растений сои. Представим их, как некоторое однородное тело диаметра d (рис. 3.39). Примем также, что это тело не может перекатыться по поверхности трения, а лишь скользит по ней.

На основании известной теории защемление для схемы (рис.3.39) отсутствует, если соблюдается условие:

$$\alpha > \varphi_1 + \varphi_2, \quad (1)$$

где α – угол защемления;
 φ_1 – угол трения спирали о тело;
 φ_2 – угол трения о днище жатки.

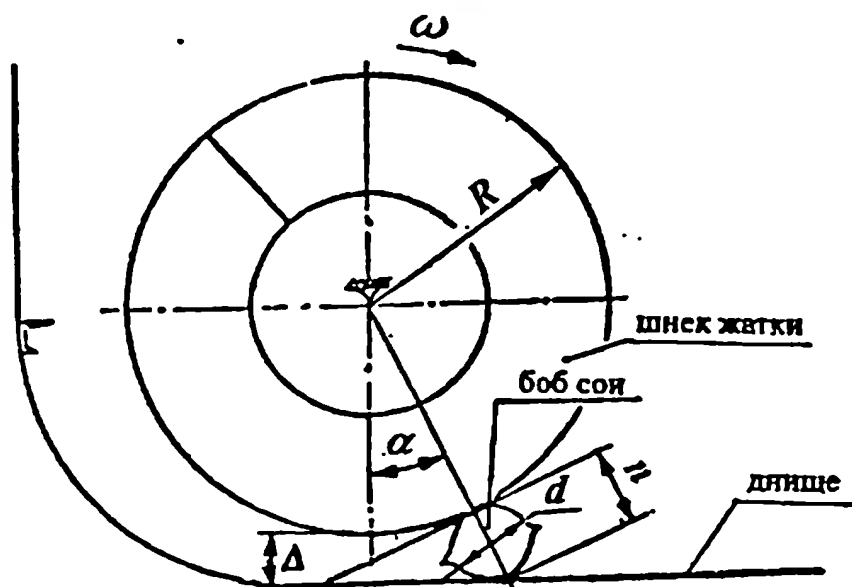


Рис. 3.39. Схема защемления боба сои шнеком жатки

Из рисунка 3.39 условие (1) можем записать так:

$$\arccos\left(\frac{2R-d}{2R+d}\right) > \varphi_1 + \varphi_2. \quad (2)$$

Расчеты показывают, что при существующих размерах бобов сои, величина радиуса шнека R , углов трения растений сои по стали и левая часть выражения (2) значительно меньше правой. Отсюда можно предположить защемление бобов и растений сои спиральной частью шнека. Устранить защемление можно, если увеличить угол α . Для этого необходимо поднять передний участок днища жатки на некоторый угол β (рис. 3.40) и обеспечить выполнение условия:

$$\gamma + \beta > \varphi_1 + \varphi_2. \quad (3)$$

Так как в реальных условиях уборки угол трения растений может изменяться от φ_{min} до φ_{max} , то условие, при котором отсутствует их защемление и сгруживание перед спиральной частью шнека, запишем так:

$$\left. \begin{array}{l} \gamma + \beta > \varphi_{max} \\ \beta < \varphi_{min} \end{array} \right\} \quad (4)$$

Отсюда получим:

$$\varphi_{min} > 2\varphi_{max} - \gamma$$

или

$$\gamma > 2\varphi_{max} - \varphi_{min} \quad (5)$$

Из рисунка 3.40 видно, что величина угла γ возрастает с увеличением углов β и ε , которые характеризуют соответственно положение поверхности KE и размер d тела. Вместе с тем угол γ должен незначительно превышать угол $2\varphi_{max} - \varphi_{min}$, так как с его увеличением растения не смогут проходить в межвитковое пространство шнека, что приведет к снижению его производительности. Исходя из этого, примем предельное значение угла γ равным:

$$\gamma_n > 2\varphi_{max} - \varphi_{min} + \nu, \quad (6)$$

где $\nu = 2 - 4^\circ$.

Окончательно неравенство для определения угла β запишем в следующем виде:

$$\varphi_{min} > \beta > (2\varphi_{max} - \gamma_n). \quad (7)$$

Длина передней части измененного профиля переднего участка днища определяется из выражения:

$$KE = \frac{\left(R + \frac{d_{min}}{2}\right) \cos \arcsin \frac{d_{min}}{d_{min} + 2R} + \frac{d_{min}}{4} \left(\frac{\pi}{2} - \psi - \beta\right) - R}{\sin \beta} + \quad (8)$$

$$+ \frac{\left[\left(\frac{R + \Delta_l}{\cos \psi}\right) - \left(R - \frac{d_{min}}{2}\right) \cos \arcsin \left(\frac{d_{min}}{d_{min} + 2R}\right) - \frac{d_{min}}{4} \left(\frac{\pi}{2} - \psi - \beta\right)\right] \cdot \cos \psi}{\sin \beta},$$

где $\psi = \gamma_n - \arcsin \left(\frac{d_{min}}{d_{min} + 2R}\right)$;

d_{min} – минимальный размер боба сои;

Δ_l – максимальный зазор между нижней частью спирали шнека и днищем.

При изменении условий уборки (урожайность, физико-механические свойства растений) требуется увеличить или уменьшить пропускную способность шнека, то есть изменить зазор Δ . Однако при измененной конфигурации днища такая регулировка имеет свою особенность, которая заключается в

том, что зазор между вершиной B и торцевой поверхностью спирали должен быть неизменным (1 – 3 мм). В этом случае длина пазов регулировочных плит шнека определится из выражения (рис.3.41):

$$OO_1 \approx \sqrt{(\Delta_2 - \Delta_1)^2 + (l_1 - l_2)^2}, \quad (9)$$

где Δ_1, Δ_2 – соответственно максимальный и минимальный зазоры между шнеком и днищем жатки.

$$l_2 \approx \sqrt{R^2 - [(R - \Delta_2) - h]^2}; \quad (10)$$

$$l_1 \approx \sqrt{2R(K - \Delta_1) - (\Delta_1 - K)^2}$$

$$h = \frac{S - l_1}{\text{ctg}\beta}, \quad k = S \cdot \text{tg}\beta, \quad (11)$$

Как известно, сою в Амурской области возделывают в основном как пропашную культуру, высеваемую широкорядным способом. Уход за ее посевами связан с обработкой междурядий, в результате которой часть почвы передвигается в рядки, образуя гребни, что затрудняет низкий срез растений сои при копировании жаткой поверхности поля. Улучшить этот процесс можно, придав днищу определенную форму (рис.3.42). Жатка, проходя гребень, нижней точкой днища опускается в межгребневое пространство, а режущий аппарат перерезает растения на минимальной высоте (рис. 3.42, а). В случае попадания опорного листа на гребень режущий аппарат не воздействует на растение, так как находится между рядками (рис.3.42, б).

Рассмотренная выше схема работы жатки возможна при соблюдении условий

$$1.5l_m < l_{жс} < 2l_m, \quad (12)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 < 90 - \varphi, \quad (13)$$

где l_m – величина междурядья;
 $l_{жс}$ – конструктивный параметр жатки;
 $\alpha_1 = \alpha_2$ – углы подъема передних участков днища;
 φ – угол трения материала днища о почву.

При движении ходового аппарата комбайна по неровностям поверхности поля не исключено воздействие колебаний молотилки на каркас жатки и увеличение высоты среза растений. Это является следствием несовершенства конструкции механизма навески жатки на наклонной камере. В связи с этим разработана измененная схема соединения наклонной камеры с жаткой, исключая передача на нее колебаний молотилки (рис.3.43).

Особенность внесенных изменений состоит в том, что сферический шарнир 1 может совершать колебания в продольно-вертикальной плоскости вокруг хребтовой балки 2 по дуге некоторого радиуса R , равного расстоянию от оси хребтовой балки до оси болта сферического шарнира. Чтобы исключить заклинивание роликов 3 при перекачивании по поверхности копиров 4, их рабочая часть выполнена также по дуге радиуса R и длиной 12 – 150 мм. В этом случае при колебании молотилки (например, при попадании ходового аппарата в пониженный участок почвы) происходит вращение звена 5, а возмущающие воздействия не передаются на корпус жатки, что исключает ее колебания вокруг некоторой линии $O - O$ контакта с почвой опорного листа 6 и не вызывает увеличения высоты среза растений. При наезде на возвышение и подъеме молотилки относительно жатки вращение звена 5 ограничивается упором 7, что приведет к подъему задней части корпуса жатки, обеспечивая снижение высоты среза растений в пределах, исключая захват почвы. Таким образом, при данной схеме соединения сохраняется возможность колебания жатки относительно наклонной камеры, как в продольно-вертикальной, так и поперечно-вертикальной плоскости.

Для работы шарнира 5 необходимо обеспечить натяжение пружин 9 так, чтобы жатка не оказывала давления на почву при холостом ходе и устойчиво копировала рельеф при выполнении технологического процесса.

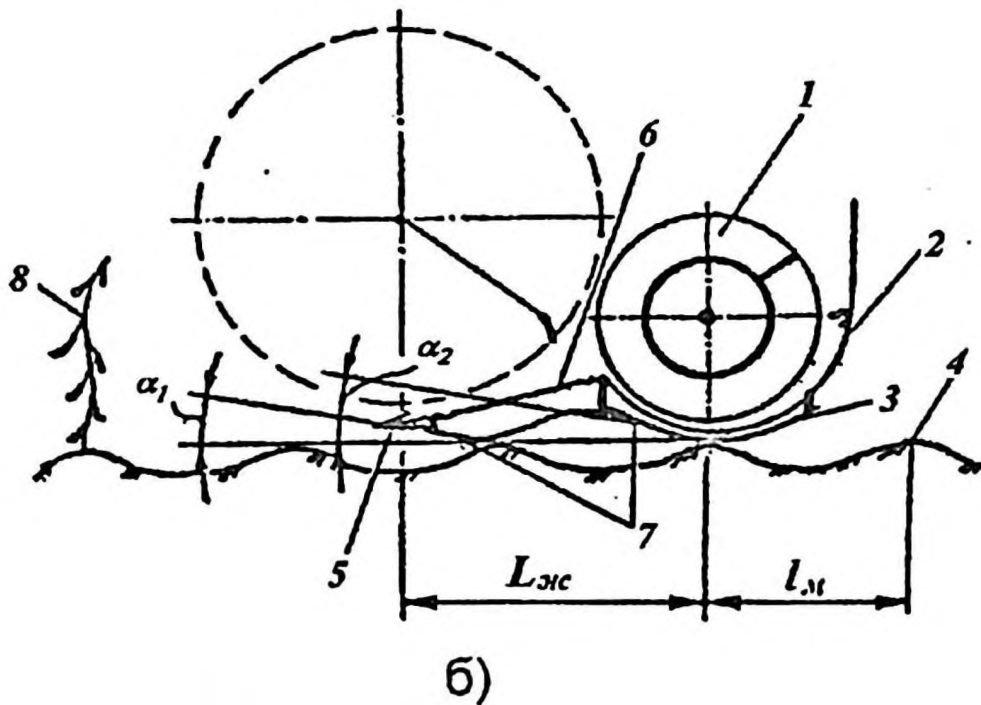
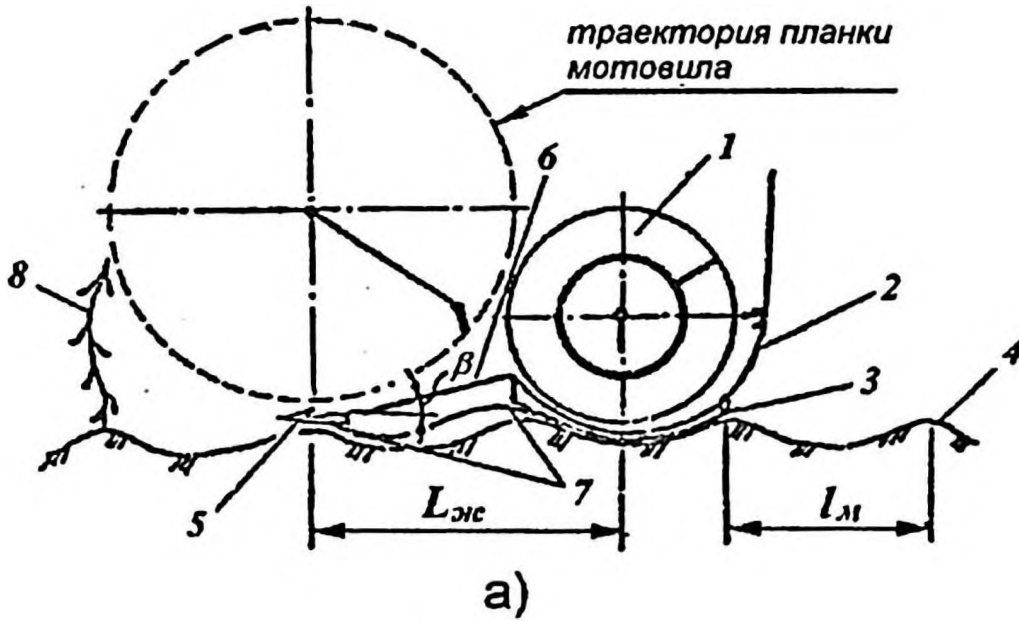


Рис. 3.42. Схема работы жатки с измененной формой дна и опорного листа: 1 – шнек; 2 – днище; 3 – опорный лист (копир); 4 – гребень почвы со стерней; 5 – режущий аппарат; 6 – передний участок днища; 7 – передние участки копира; 8 – растение сои

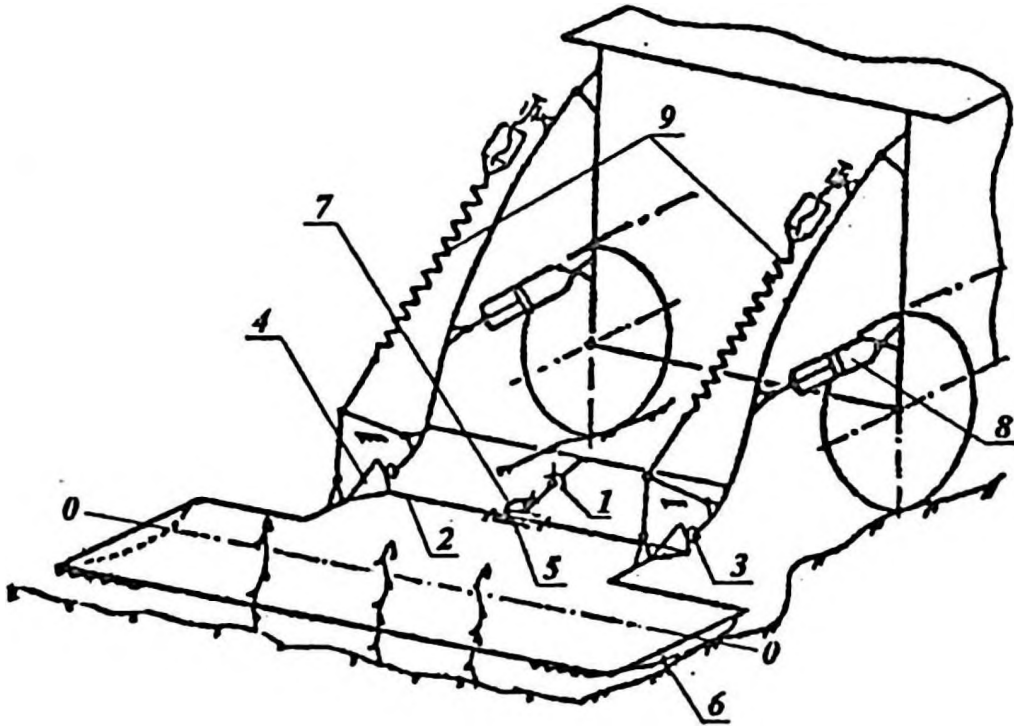


Рис. 3.43. Измененная схема соединения наклонной камеры с жаткой:

- 1 – сферический шарнир; 2 – хребтовая балка; 3 – ролик;
 4 – кошир хребтовой балки; 5 – плоский шарнир; 6 – опорный лист (копир); 7 – ограничительный упор; 8 – гидроцилиндр;
 9 – пружины

3.1.7 Движение растений под воздействием пальцев шнека жатки

Рабочий процесс пальчикового механизма шнека жатки зерноуборочного комбайна определяется подачей растительной массы к транспортеру наклонной камеры или проставке (комбайны семейства «Енисей» и «Колос»). По принципу действия этот механизм аналогичен кулисному. При вращении шнека его пальцы, вращаясь вокруг коленчатой оси O_1 , имеют траекторию, проходящую на различном расстоянии от оси O (рис.3.44). Причем пальцы обеспечивают захватывание растительной массы, поступающей к шнеку на высоте H от днища жатки:

$$H = h_{ш} + l_n - \rho \cdot \cos \delta, \quad (1)$$

где $h_{ш}$ – положение оси шнека относительно днища жатки;
 l_n – длина пальца;
 ρ – радиус колена оси пальцев;
 δ – угол наклона колена оси пальцев.

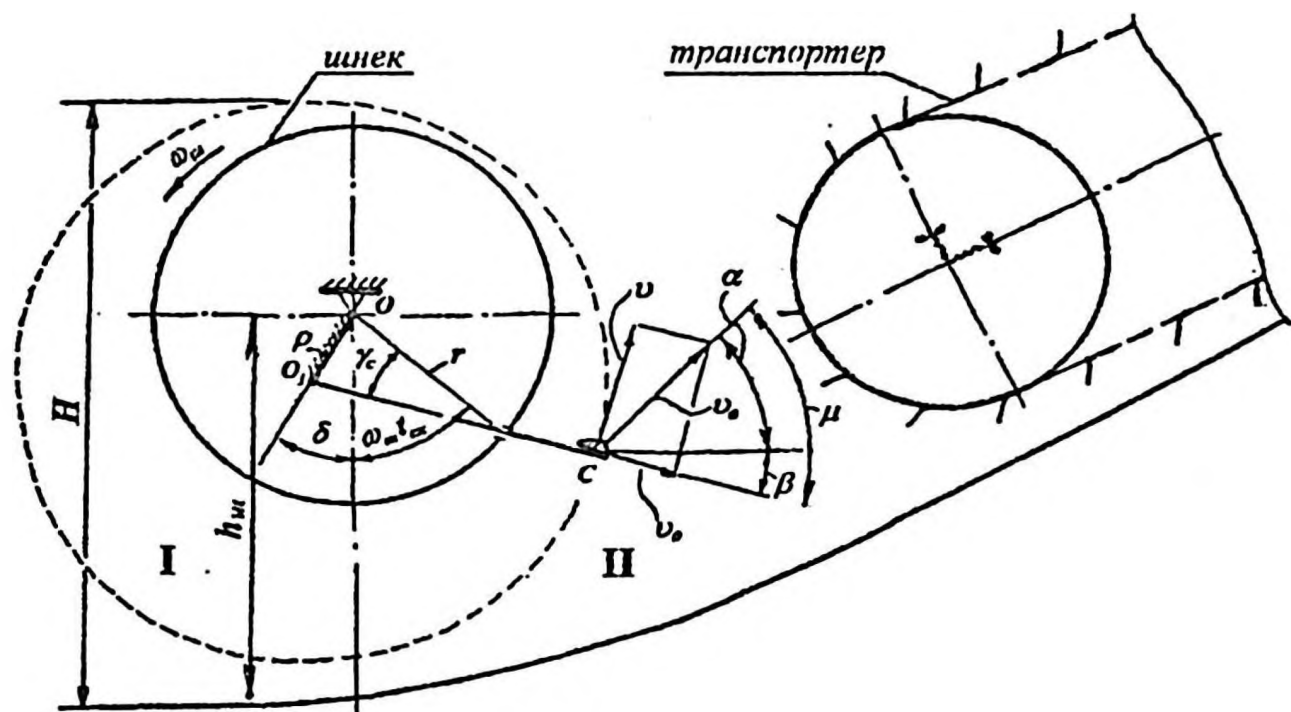


Рис. 3.44. Схема к определению параметров подачи частицы пальцем шнека к транспортеру

Изменяя угол δ и расстояние $h_{ш}$, можно существенным образом регулировать условие движения растительной массы в I и II зонах. Рассматривая зону II, важно обеспечить подачу растительной массы по касательной к траектории движения планок транспортера, так как это снижает встречные удары, вымолот и потери семян сои. Основными параметрами, влияющими на этот процесс, являются абсолютная скорость v_a и углы α_n и $\omega_{ш} t_{сх}$.

Представив растения, находящиеся на пальце, как материальную частицу, из рисунка 3.44 можем записать:

$$\alpha_n = \mu - \beta = \arccos \frac{v_0}{v_a} - \left(\frac{\pi}{2} - \omega_{ш} \cdot t_{с.х.} - \gamma_c \right), \quad (2)$$

где α_n – угол бросания частицы;
 v_0, v_a – соответственно относительная и абсолютная скорость при сходе частицы с пальца;
 $\omega_{ш} \cdot t_{с.х.}$ – угол поворота шнека, в течение которого частица находилась на пальце (угол схода);
 γ_c – угол, заключенный между радиусом r цилиндра шнека и пальцем O_1C .

$$\gamma_c = \arcsin \frac{\rho \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t_{с.х.} + \delta)}{\sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho r \cos(\omega_{ш} \cdot t_{с.х.} + \delta)}}. \quad (3)$$

Абсолютная скорость v_a может быть определена из выражения

$$v_a = \sqrt{\omega_{пс}^2 \cdot l_n^2 + v_0^2},$$

где $\omega_{пс}$ – угловая скорость пальца в момент схода частицы;

$$\omega_{пс} = \omega_{ш} \left[\frac{1 - \varepsilon \cos(\omega_{ш} \cdot t_{с.х.} + \delta)}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_{с.х.} + \delta)} \right], \quad (4)$$

где $\varepsilon = \frac{\rho}{r}$;

$l_n = O_1C$ – длина пальца шнека.

Таким образом, задавшись конструктивными параметрами $r, \rho, \varepsilon = \frac{\rho}{r}, l$ и δ , а также кинематическим режимом работы шнека, определяемым угловой скоростью $\omega_{ш}$, можно найти параметры $v_B, \omega_{ш} \cdot t_{с.х.}$ и α_n , если знать относительную скорость v_0 и время $t_{с.х.}$, в течение которого частица находилась в движении пальцу.

Предположим, что в начальный момент времени частица расположена в точке b (рис. 3.47) пересечения пальца с цилиндрической частью шнека и увлекаемого им пальца. На частицу, расположенную на пальце, действует центробежная сила $m \cdot \omega_n^2(o, b + x)$, гравитационная сила mg , Кориолисова сила инерции и сила трения $F = \left[2m \cdot \omega_n \frac{dx}{dt} + m \cdot g \cdot \sin(\varphi_n + \theta) \right] \cdot f$.

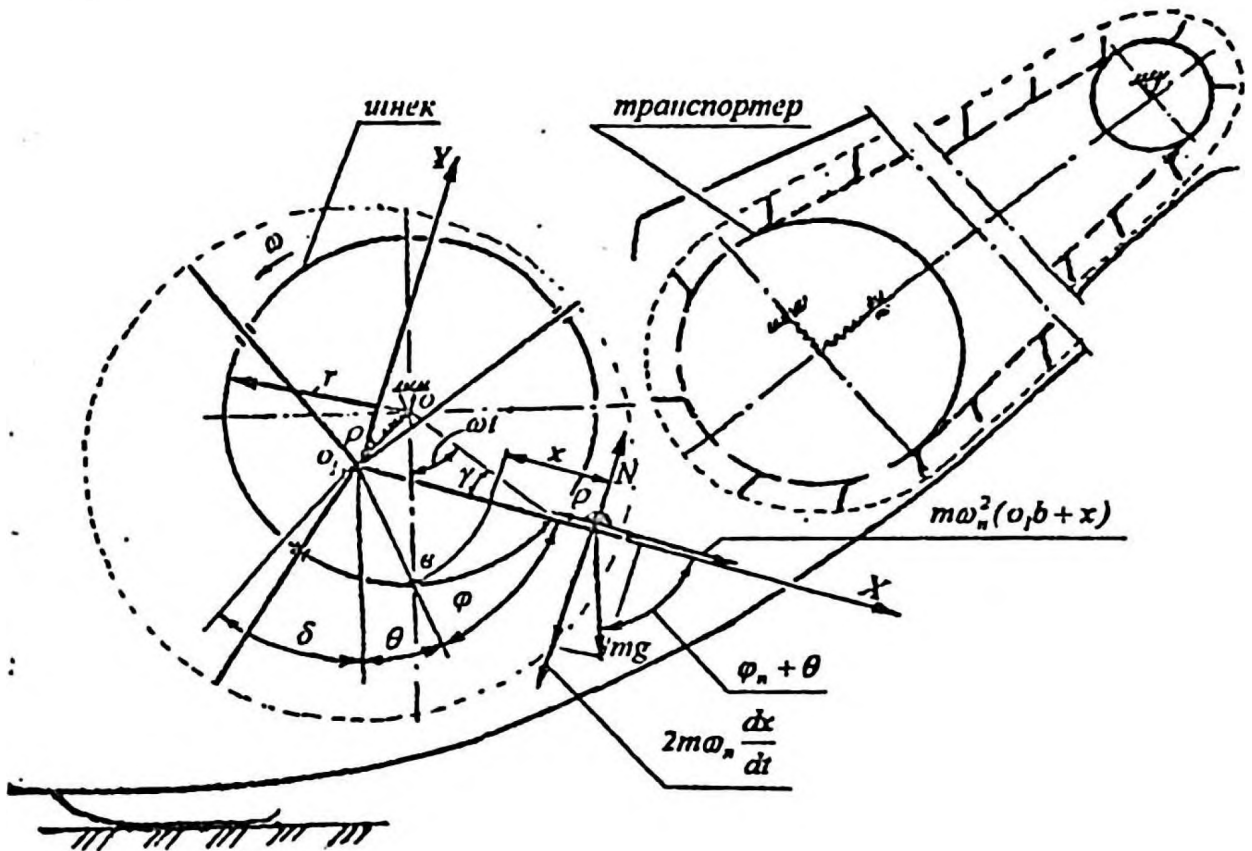


Рис. 3.45. Силы, действующие на частицу, находящуюся на пальце шнека жатки

Теперь дифференциальное уравнение движения частицы относительно пальца можем записать так:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \cdot \omega_n^2(o, b + x) + m \cdot g \cdot \cos(\varphi_n + \theta) - F. \quad (5)$$

Сократив на m левую и правую части выражения (5) и имея в виду, что $o_1 b = a = \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}$, получим уравнение:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_n \cdot \frac{dx}{dt} - \omega_n^2 \cdot x = a \cdot \omega_n^2 + g \cdot \cos(\varphi_n + \theta) + g \cdot f \cdot \sin(\varphi_n + \theta)$$

После некоторых несложных преобразований правой части этого выражения имеем следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_n \cdot \frac{dx}{dt} - \omega_n^2 \cdot x = a \cdot \omega_n^2 + b \cdot \cos \varphi_n + c \cdot \sin \varphi_n, \quad (6)$$

где $a = \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}$, $b = g(\cos \theta - f \cdot \sin \theta)$,
 $c = -g(\sin \theta + f \cdot \cos \theta)$;

f – коэффициент трения растения по поверхности пальца;

ω_n – угловая скорость пальца;

φ_n – угол поворота пальца;

$\theta = \arcsin \frac{\rho \cdot \sin \delta}{\sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}}$ – угол, определяю-

щий положение пальца в точке b ;

g – ускорение свободного падения тела;

x – путь;

t – время.

Уравнение (6) является неоднородным, нелинейным второго порядка. Его нелинейность обусловлена переменным величиной угловой скорости пальца ω_n значение которой в заданный момент времени t можно найти из выражения (4).

Прибегнув к кусочно-линейной аппроксимации угловой скорости пальца скорость $\omega_n = \omega_{n_1} = \text{const}$, а угол $\varphi_{n_1} = \omega_{n_1} \cdot t$. Отсюда уравнение (6) примет вид:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_{n_1} \cdot \frac{dx}{dt} - \omega_{n_1}^2 \cdot x_i = a \cdot \omega_{n_1}^2 + b \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t + c \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t. \quad (7)$$

Общее решение этого линейного неоднородного уравнения имеет вид:

$$X_i = Y_i + U_i,$$

где Y_i – общее решение линейного однородного уравнения

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_{n_1} \frac{dx_i}{dt} - \omega_{n_1}^2 \cdot x_i = 0;$$

U_j – частное решение данного уравнения.

Корнями характеристического уравнения

$$\lambda_i^2 + 2f \cdot \omega_{n_1} \cdot \lambda_i - \omega_{n_1}^2 = 0$$

являются $\lambda_{11} = -f \cdot \omega_{n_1} + \omega_{n_1} \cdot \sqrt{f^2 + 1} = \omega_{n_1} \cdot k_1,$

$$\lambda_{21} = -f \cdot \omega_{n_1} - \omega_{n_1} \cdot \sqrt{f^2 + 1} = \omega_{n_1} \cdot k_2.$$

Общее решение линейного однородного уравнения имеет вид

$$Y_i = S_{11} \cdot e^{k_1 \cdot \omega_{n_1} \cdot t} + S_{21} \cdot e^{k_2 \cdot \omega_{n_1} \cdot t} \quad (8)$$

Частное решение уравнения (7) будем искать в виде

$$U_i = A + B_i \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t + D_i \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t$$

Для отыскания коэффициентов U_i, U_i', U_i'' находим производные

$$U_i' = -B_i \cdot \omega_{n_1} \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t + D_i \cdot \omega_{n_1} \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t$$

$$U_i'' = -B_i \cdot \omega_{n_1}^2 \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t - D_i \cdot \omega_{n_1}^2 \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t$$

Подставим значение U_i, U_i', U_i'' в уравнение (7), получим тождество

$$\begin{aligned}
& -B_i \cdot \omega_{n_1}^2 \cdot \cos \omega \cdot t - D_i \cdot \omega_{n_1}^2 \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t - 2f \cdot \omega_{n_1} \cdot B_i \cdot \omega_{n_1} \sin \omega_{n_1} \cdot t + \\
& + 2f \cdot \omega_{n_1} \cdot D_i \cdot \omega_{n_1} \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t - \omega_{n_1}^2 \cdot A - \omega_{n_1}^2 \cdot B_i \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t - \\
& - \omega_{n_1}^2 \cdot D_i \sin \omega_{n_1} \cdot t = \omega_{n_1}^2 \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta} + \\
& + g(\cos \theta - f \cdot \sin \theta) \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t - g(\sin \theta + f \cos \theta) \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t.
\end{aligned}$$

Сгруппировав члены левой части этого выражения, можем записать

$$\left. \begin{aligned}
-2B_i \cdot \omega_{n_1}^2 + 2f \cdot D_i \cdot \omega_{n_1}^2 &= g(\cos \theta - f \cdot \sin \theta) \\
-2D_i \cdot \omega_{n_1}^2 - 2f \cdot B_i \cdot \omega_{n_1}^2 &= -g(\sin \theta + f \cdot \cos \theta) \\
-\omega_{n_1}^2 \cdot A &= -\omega_{n_1}^2 \cdot \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}.
\end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Отсюда

$$\begin{aligned}
A &= -\sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}, \\
D_i &= \frac{g(\cos \theta - f \cdot \sin \theta) + 2B_i \cdot \omega_{n_1}^2}{2f \cdot \omega_{n_1}^2}, \quad (10)
\end{aligned}$$

Подставим полученное значение D_i в уравнение (8) и, учитывая обозначения в уравнении (6), запишем

$$-\frac{b}{f} - \frac{2B_i \cdot \omega_{n_1}^2}{f} - 2f \cdot B_i \cdot \omega_{n_1}^2 = C.$$

Отсюда после не сложных преобразований получим:

$$B_i = \frac{g \cdot f \cdot \left(f \cdot \cos \theta + 2 \sin \theta - \frac{\cos \theta}{f} \right) \theta \omega}{2 \cdot \omega_{n_1}^2 (1 + f^2)}. \quad (11)$$

Теперь подставим в выражение (9) значение B_i , определим D_i и запишем решение дифференциального уравнения (7) в следующем виде:

$$X_i = S_{11} \cdot e^{k_1 \cdot \omega_{n_1} \cdot t} + S_{21} \cdot e^{k_2 \cdot \omega_{n_2} \cdot t} + B_i \cdot \cos \omega_{n_1} \cdot t + D_i \cdot \sin \omega_{n_1} \cdot t + A, \quad (12)$$

Взяв производную от этого выражения, найдем уравнение для относительной скорости

$$\begin{aligned} v_{oi} = & S_{1i} \cdot k_1 \cdot \omega_{n_i} \cdot e^{k_2 \cdot \omega_{n_i} \cdot t} + S_{2i} \cdot k_2 \cdot \omega_{n_i} \cdot e^{k_2 \cdot \omega_{n_i} \cdot t} - \\ & - B_i \cdot \omega_{n_i} \cdot \sin \omega_{n_i} \cdot t + D_i \cdot \omega_{n_i} \cos \omega_{n_i} \cdot t \end{aligned} \quad (12)$$

Постоянные интегрирования S_{1i} и S_{2i} определим исходя из условия, если $t = 0$, то $x_i = x_{(i-1)}$, $v_i = v_{(i-1)}$. С учетом начальных условий можем записать:

$$\left. \begin{aligned} S_{1i} + S_{2i} &= -B_i - A + x_{(i-1)} \\ v_{o(i-1)} &= S_{1i} \cdot k_1 \cdot \omega_{n_i} + S_{2i} \cdot k_2 \cdot \omega_{n_i} + D_i \cdot \omega_{n_i} \end{aligned} \right\}$$

Из этой системы определим S_{1i} и S_{2i} :

$$\begin{aligned} S_{1i} &= -B_i - A - S_{2i} + x_{(i-1)} \\ S_{2i} &= \frac{v_{o(i-1)} - \omega_{n_i} [D_i - k_1 \cdot (B_i + A - x_{(i-1)})]}{\omega_{n_i} \cdot (k_2 - k_1)}. \end{aligned} \quad (13)$$

Определяя постоянные интегрирования S_{1i} и S_{2i} при повороте пальца шнека на угол $\omega_{n_i} \cdot t$, следует иметь ввиду начальные условия, если $t = 0$, то $x_{(i-1)} = 0$, $v_{o(i-1)} = v_{2л}$, где $v_{2л} = \omega_{ш} \cdot r \cdot \sin \theta$ – относительная скорость скольжения глазка по пальцу шнека в точке b (рис.3.45). В этом случае при определении коэффициентов B_i , D_i , S_2 необходимо в выражения (9), (10), (13) подставить вместо ω_{n_i} скорость

$$\omega_{n_0} = \omega_{ш} \left(\frac{1 - \varepsilon \cdot \cos \delta}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos \delta} \right).$$

Одним из направлений улучшения условий схода растительной массы с вращающихся рабочих поверхностей является изготовление их в виде логарифмической спирали. Учитывая конструктивные особенности пальчикового механизма шнека, уравнение поверхности логарифмического пальца в полярных координатах можем записать так (рис. 3.48):

$$r_i = (r - \rho) \cdot e^{\frac{\sigma_i}{\lg \varphi}}, \quad (14)$$

где r_i – длина радиуса-вектора, соответствующая значениям σ_i ;
 r – радиус цилиндра шнека;
 ρ – радиус колена оси пальцев;
 e – основание натуральных логарифмов;
 σ_i – переменный полярный угол, измеренный в радианах;
 $\varphi = const$ – угол, характеризующий кривую пальца.

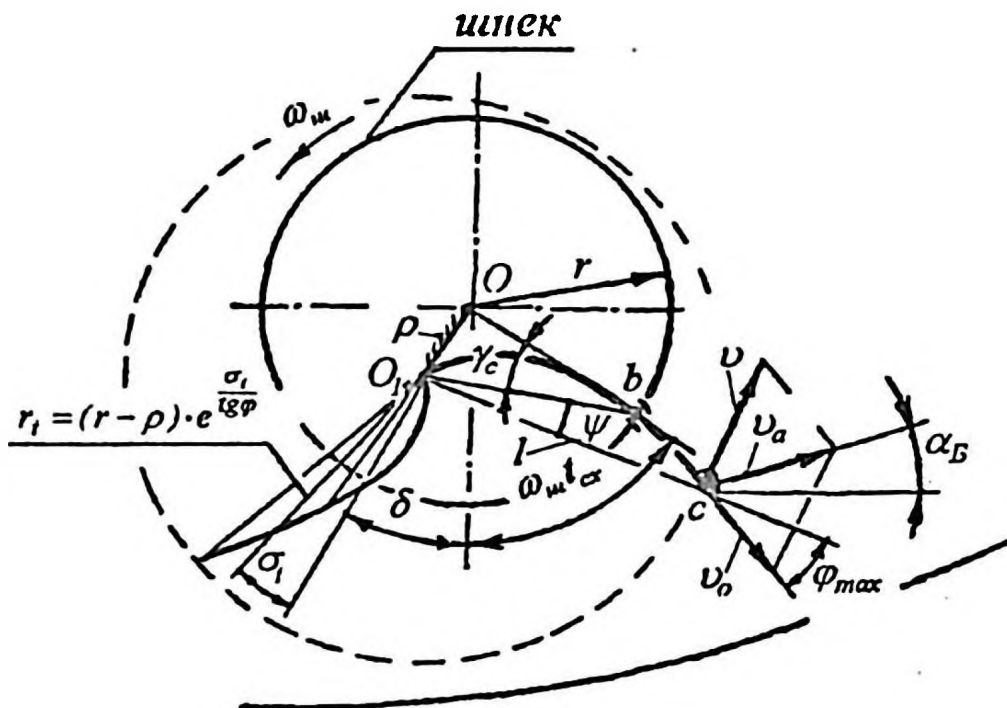


Рис. 3.48. Схема к построению пальца логарифмической формы и определению параметров схода частицы

Проведенные исследования показали, что величину угловой скорости ω_l пальца логарифмической формы можно определить их формулы:

$$\omega_n = \frac{\omega_{ш}}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t + \delta)} \times$$

$$\times [1 - \varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t + \delta) + \operatorname{tg} \varphi \cdot \varepsilon \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t + \delta)] \quad (15)$$

Нетрудно показать, что при $\operatorname{tg} \varphi = 0$ это выражение соответствует выражению (4), определяющему угловую скорость прямого пальца шпека.

Процесс подачи частицы пальцем логарифмической формы так же, как и прямым определяется величиной абсолютной скорости схода v_a и углами $\omega_{ш} \cdot t$, $\alpha_{лб}$. Из рисунка 3.48 можем записать:

$$\alpha_{лб} = \mu - \beta - \psi = \arccos \frac{v_{ол} \cdot \cos \varphi}{v_a} - \frac{\pi}{2} + \omega_{ш} \cdot t_{сх} + \gamma_{сх} -$$

$$- \arccos \left[\frac{(E^2 + l^2) \cdot \cos^2 \varphi - (l - E)^2}{2E \cdot l \cdot \cos^2 \varphi} \right], \quad (16)$$

где $\alpha_{лб}$ — угол бросания частицы, замеренный между горизонталью и направлением вектора абсолютной скорости в точке C схода;

$v_{ол}$ — относительная скорость частицы при сходе с пальца;

$\omega_{ш} \cdot t$ — угол поворота шпека, в течение которого частица находилась на пальце (угол схода);

$$\gamma_{сх} = \arcsin \frac{\rho \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t_{сх} + \delta)}{\sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_{сх} + \delta)}} -$$

гол между радиусом r , проведенным в точку b и отрезком

$$E = o_1 b = \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_{сх} + \delta)};$$

l — длина прямого пальца шпека или хорда, соединяющая точки O_1 и C логарифмического пальца;

$$\psi = \arccos \left[\frac{(E^2 + l^2) \cdot \cos^2 \varphi - (l - E)^2}{2E \cdot l \cdot \cos^2 \varphi} \right] - \text{угол, ха-}$$

рактеризующий положение точки C при сходе частицы с пальца. Абсолютную скорость схода частицы с пальца найдем из выражения

$$v_{ал} = \sqrt{\omega_{лс}^2 \cdot l^2 - 2\omega_{лс} \cdot l \cdot v_{ол} \cdot \sin \varphi + v_{ол}^2}, \quad (17)$$

где
$$\omega_{сл} = \frac{\omega_{ш}}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_{сх} + \delta)} \times$$

$$\times [1 - \varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_{сх} + \delta) + \operatorname{tg} \varphi \cdot \varepsilon \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t_{сх} + \delta)] -$$

угловая скорость пальца в момент схода частицы.

Задавшись конструктивными параметрами r , ρ , $\varepsilon = \frac{\rho}{r}$, l , δ , величиной угла φ (можно принять $\varphi = \operatorname{arctg} f$, где f – коэффициент трения частицы по пальцу), а также кинематическим режимом работы шнека $\omega_{ш}$, параметры $v_{ал}$, $\omega_{ш} \cdot t_{сх}$ и $\alpha_{лб}$ можно определить, если знать относительную скорость $v_{ол}$ и время t , в течение которого частица находилась в движении по пальцу.

При вращении шнека на частицу, находящуюся на пальце логарифмической формы, действует центробежная сила

$m \cdot \omega_{л}^2 \cdot R_c$, гравитационная сила mg , Кориолисова сила инер-

ции $2m\omega_{л} \frac{dx}{dt}$ и сила трения F (рис.3.49).

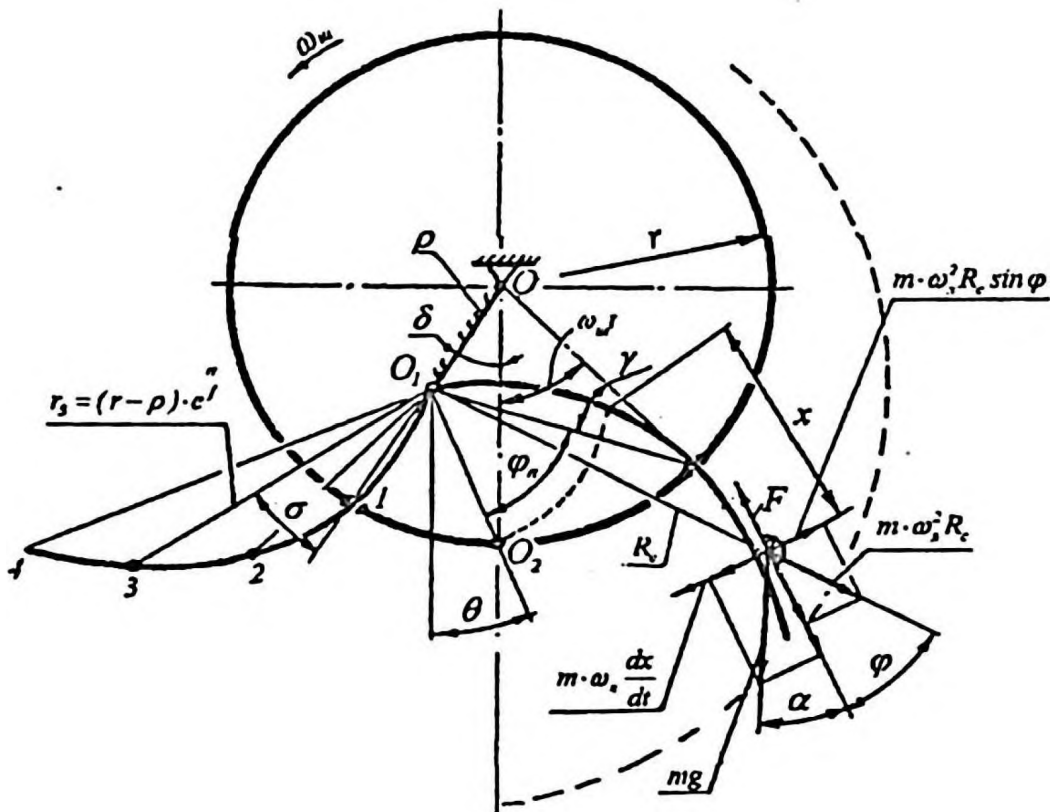


Рис. 3.49. Силы, действующие на частицу, находящуюся на пальце логарифмической формы

Пренебрегая сопротивлением воздуха, а также центробежной силой, обусловленной скоростью движения частицы по криволинейной поверхности, можем записать силу, движущую частицу по пальцу:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \cdot \omega_n^2 \cdot R_c \cdot \cos \varphi + m \cdot g \cdot \cos \alpha - F.$$

Подставив в это выражение значение силы F :

$F = 2m \cdot f \cdot \omega_n + m \cdot g \cdot f \cdot \sin \alpha - m \cdot \omega_n^2 \cdot f \cdot R_c \cdot \sin \varphi$, а также приняв, что $R_c = x \cdot \cos \varphi + a$, $\alpha = \varphi_n + \theta - \varphi$, получим:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \cdot \omega_n^2 \cdot (x \cdot \cos \varphi + a) \cdot \cos \varphi + m \cdot g \cdot \cos[\varphi_n + (\theta - \varphi)] - 2m \cdot f \cdot \omega_n \frac{dx}{dt} - m \cdot g \cdot f \cdot \sin[\varphi_n + (\theta - \varphi)] + m \cdot \omega_n^2 \cdot f \cdot (x \cdot \cos \varphi + a) \quad (18)$$

Сократив на m левую и правую части этого выражения и сделав несложные преобразования, запишем:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_n \cdot \frac{dx}{dt} - \omega_n^2 (\cos^2 \varphi + f \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi) \cdot x = \\ = \omega_n \cdot a (\cos \varphi + f \cdot \sin \varphi) + g \cdot \cos[\varphi_n + (\theta - \varphi)] - \\ - g \cdot f \cdot \sin[\varphi_n + (\theta - \varphi)] \end{aligned} \quad (19)$$

Так как $f = \operatorname{tg} \varphi$,

$$\cos^2 \varphi + f \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi = 1, \text{ а } \cos \varphi + f \cdot \sin \varphi = \frac{1}{\cos \varphi},$$

то уравнение (19) перепишем в виде

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_n \cdot \frac{dx}{dt} - \omega_n^2 \cdot x = \omega_n^2 \cdot \frac{a}{\cos \varphi} + \\ + g \cdot \cos[\varphi_n + (\theta - \varphi)] - g \cdot f \cdot \sin[\varphi_n + (\theta - \varphi)] \end{aligned} \quad (20)$$

где x – путь, пройденный частицей по пальцу;
 t – время;
 f – коэффициент трения частицы о палец;
 ω_n – угловая скорость пальца логарифмической формы;
 φ_n – угол поворота пальца;
 g – ускорение свободного падения тела;
 θ – угол, определяющий положение пальца в точке O_2 ;
 $a = \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \alpha}$ – длина отрезка $O_1 O_2$
(рис.3.49).

Раскрыв квадратные скобки при функциях \cos и \sin в выражении (20) и сгруппировав члены, получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega_n \cdot \frac{dx}{dt} - \omega_n^2 \cdot x = \omega_n^2 \cdot \frac{a}{\cos \varphi} + b \cdot \cos \varphi_n + c \cdot \sin \varphi_n, \quad (21)$$

где $b = g[\cos(\theta - \varphi) - f \cdot \sin(\theta - \varphi)],$

$$c = -g[\sin(\theta - \varphi) - f \cdot \cos(\theta - \varphi)],$$

$$\varphi_n = \omega_{ш} \cdot t - \theta + \gamma,$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t + \delta)}{\sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t + \delta)}}.$$

Заметим, что при $t = 0$ $\gamma = \theta$.

По аналогии с угловой скоростью прямого пальца допустим, что в некоторый достаточно малый промежуток времени $t = 0,001$ с угловая скорость пальца логарифмической формы также является постоянной: $\omega_{л} = \omega_{л_i} = const$. Зная соотношения между $\omega_{л_i}$ и $\omega_{н_i}$ для каждого из моментов времени $t = 0; 0,001$ с; $0,002$ с и т.д., можем записать:

$$\omega_{л_i} = \mu_i \omega_{н_i},$$

где μ_i — коэффициент, характеризующий отношение $\frac{\omega_{л_i}}{\omega_{н_i}}$ в

заданные моменты времени $t = 0; 0,001$ с; $0,002$ с и т.д.

Подставив в уравнение (21) значение $\omega_{л_i} = \mu_i \omega_{н_i}$,

$\varphi_n = \omega_{н_i} \cdot t_i$, запишем

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x_i}{dt^2} + 2f \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot \frac{dx}{dt} - \mu_i^2 \cdot \omega_{н_i}^2 \cdot x = \\ = \mu_i^2 \cdot \omega_{н_i}^2 \cdot \frac{a}{\cos \varphi} + b \cdot \cos \omega_{н_i} \cdot t + c \cdot \sin \omega_{н_i} \cdot t, \end{aligned} \quad (22)$$

Решив его как неоднородное линейное уравнение, получим

$$X_i = S_{1i} \cdot e^{k_1 \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot t} + S_{2i} \cdot e^{k_2 \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot t} + B_i \cdot \cos \omega_{н_i} \cdot t + D_i \cdot \sin \omega_{н_i} \cdot t + A, \quad (23)$$

Отсюда найдем выражение для определения относительной скорости:

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} = v_{oi} = S_{1i} \cdot k_1 \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot e^{k_1 \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot t} + \\ + S_{2i} \cdot k_2 \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot e^{k_2 \cdot \mu_i \cdot \omega_{н_i} \cdot t} - B_i \cdot \omega_{н_i} \cdot \sin \omega_{н_i} \cdot t + D_i \cdot \omega_{н_i} \cdot \cos \omega_{н_i} \cdot t, \end{aligned} \quad (24)$$

где $k_1 = -f + \sqrt{f^2 + 1}$, $k_2 = -f - \sqrt{f^2 + 1}$,

$$A = -\frac{\sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}}{\cos \varphi},$$

$$B_i = -\frac{C + \frac{b}{2f} \cdot \left[\frac{1 + \mu_i^2}{\mu_i} \right]}{\left[\frac{(1 + \mu_i)^2}{2f \cdot \mu_i} + 2f \cdot \mu_i \right] \cdot \omega_{n_i}^2}, \quad (25)$$

$$D_i = \frac{b + B_i \cdot \omega_{n_i}^2 (1 + \mu_i^2)}{2f \cdot \mu_i \cdot \omega_{n_i}^2}, \quad (26)$$

$$S_{1i} = -B_i - A - S_{2i} + x_{(i-1)} \quad (27)$$

$$S_{2i} = \frac{v_{0(i-1)} - \omega_{0i} [D_i - k_1 \cdot \mu_i (A - B - x_{(i-1)})]}{\mu_i \cdot \omega_{n_i} \cdot (k_2 - k_1)} \quad (28)$$

Определяя путь x_i и относительную скорость v_i при движении частицы в первом промежутке времени $t = 0,001$ с в выражения (25), (26), (28) необходимо подставить

$$\omega_{n_i} = \omega_{n_0} = \omega_{ш} \cdot \frac{1 - \varepsilon \cdot \cos \delta}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos \delta},$$

$$\mu_i = \mu_0 = \frac{1 - \varepsilon \cdot \cos \delta + \operatorname{tg} \varphi \cdot \varepsilon \cdot \sin \delta}{1 - \varepsilon \cdot \cos \delta},$$

$$v_{0(i-1)} = \frac{\omega_{ш} \cdot r \cdot \sin \theta}{\cos \varphi}, \quad x_{(i-1)} = 0.$$

Нетрудно заметить, что при $\varphi = 0$, а следовательно, $\mu = 1$ коэффициенты A , B_i , D_i , S_{2i} , равны аналогичным коэффициентам уравнений (11), (12). При расчете x_i и v_{0i} на ПЭВМ (приложение) ограничением для выдачи на печать величины относительной скорости v_{0c} и времени $t_c = \sum t_i$ является рабочая длина пальца x_{pn} , определяемая из выражения:

$$x_i = x_{пл} = \frac{1 - \sqrt{\rho^2 + r^2 - 2\rho \cdot r \cdot \cos \delta}}{\cos \varphi}$$

На рисунке 3.50 для сравнения представлены графики изменения пути x и относительной скорости v_0 при движении частицы по пальцу прямой и логарифмической формы, а также схема определения v_{oc} (точки 1) и t_c (точки 2) для условий $\delta = 35^\circ$; $\omega_{ш} = 16,5 \text{ с}^{-1}$; $f = 0,5$; $r = 0,15 \text{ м}$; $\rho = 0,068 \text{ м}$. Несмотря на то что рабочая длина пальца логарифмической формы больше (за счет криволинейности поверхности), чем прямого, время движения частицы по нему в 1,21 раза меньше, что пропорционально уменьшает угол $\omega_{ш} t_c$ и благоприятствует вхождению частицы в транспортер. Объяснить это можно большей скоростью движения частицы по пальцу логарифмической формы, полученной в результате снижения силы трения F на величину $m \cdot \omega_{ш}^2 \cdot R_c \cdot f \cdot \sin \varphi$ (рис.3.49).

Результаты расчета параметров подачи частицы к транспортеру пальцами шнека прямой и логарифмической формы в зависимости δ , $\omega_{ш}$, f представлены на графиках (рис. 3.51 и 3.52). Анализируя эти графики, следует отметить, что при существующей в шнеке жатки комбайна «Енисей» наиболее благоприятной установке угла $\delta = 75^\circ$ и скорости $\omega_{ш} = 16,5 \text{ с}^{-1}$, направление вектора абсолютной скорости, определяемое углами $\omega_{ш} t_c = 50,1^\circ$, $\alpha_{лб} = 30,4^\circ$ проходит выше оси ведомого барабана транспортера, а, следовательно, способствует встречному удару его планок по частице.

Благоприятные условия подачи частицы рассматриваемыми типами пальцев складываются при снижении угловой скорости шнека и коэффициента трения. Однако путь уменьшения угловой скорости шнека неперспективен, так как с ростом урожая и увеличением подачи растений его пропускная способность окажется недостаточной. В связи с этим значительное преимущество имеют пальцы логарифмической формы, которые даже при самых неблагоприятных его установках ($\delta = 35^\circ$; $\omega_{ш} = 16,5 \text{ с}^{-1}$) и коэффициенте трения $f = 0,5$ обеспечивают меньшее значение угла $\alpha_{лб}$.

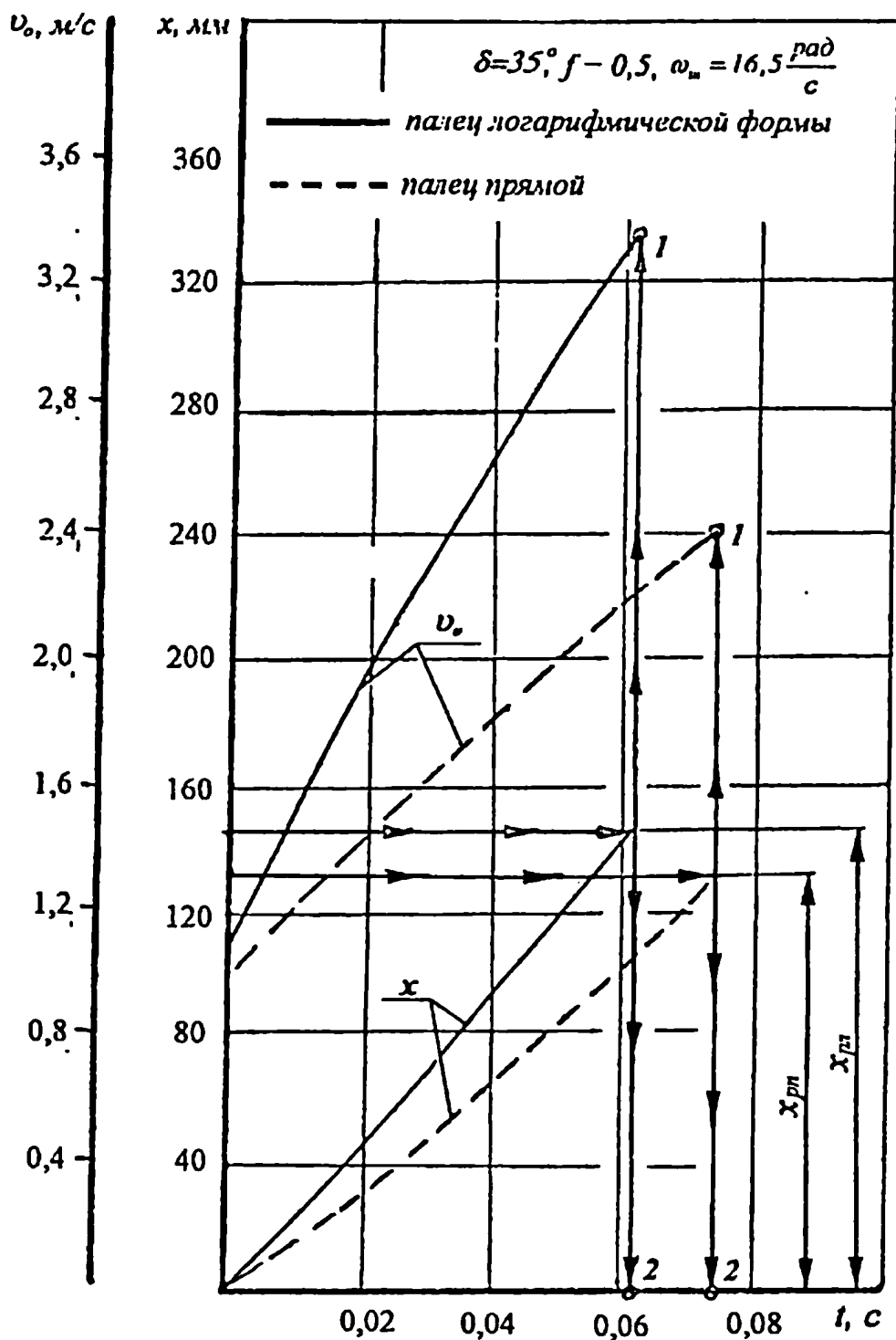


Рис. 3.50. Зависимость перемещения x и относительной скорости v_0 движения частицы по пальцу шнека прямой и логарифмической формы от времени t

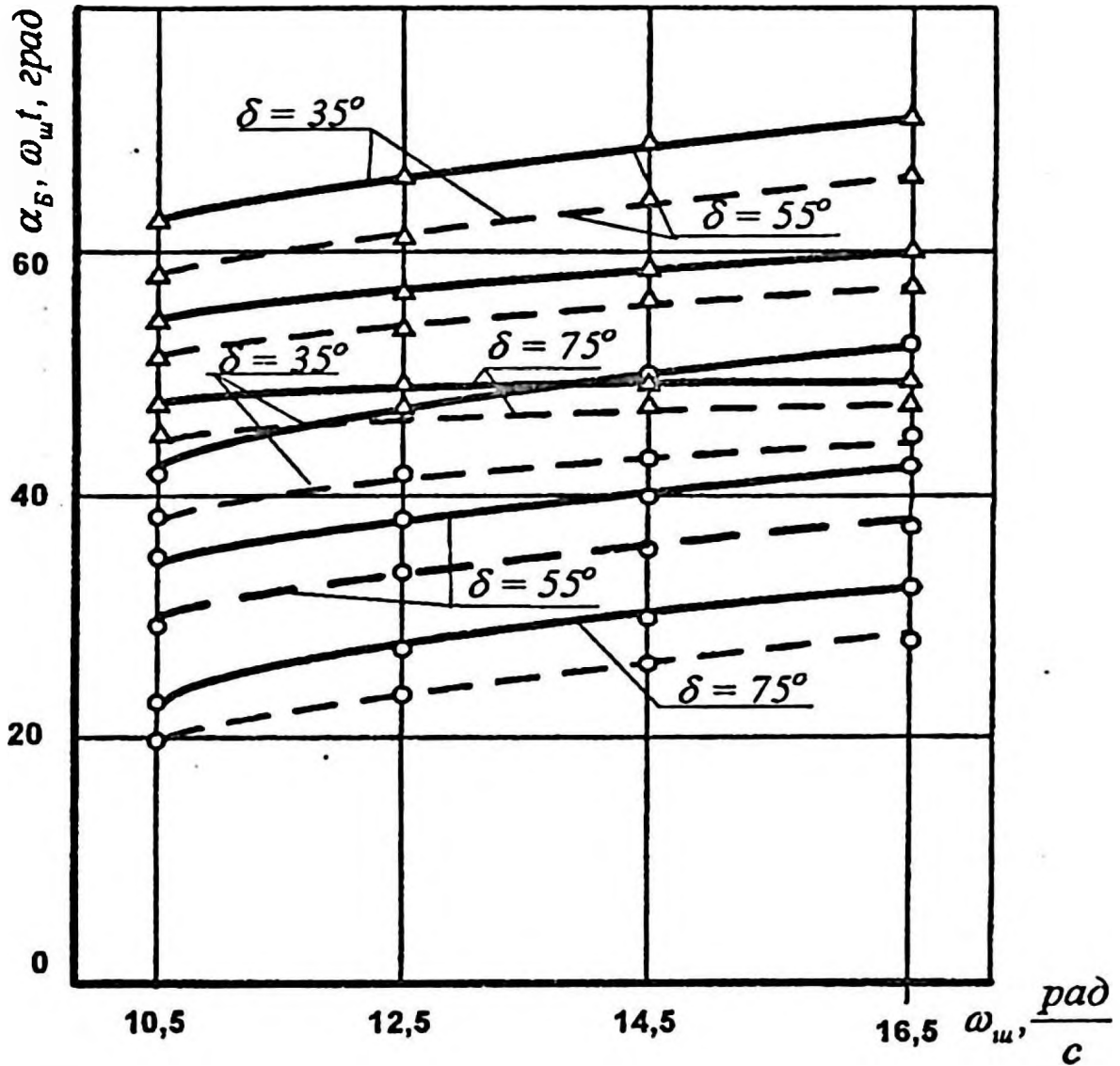


Рис. 3.51. Зависимость угла схода $\omega_{ш} t_c$ и угла бросания α_B частицы от изменения угловой скорости шнека для значений коэффициента трения $f = 0,4; 0,5$; угла наклона колена $\delta = 35^\circ; 55^\circ; 75^\circ$ (палец прямой):

- — зависимость угла бросания частицы (α_B), $f = 0,5$;
- -○- - - зависимость угла бросания частицы (α_B), $f = 0,4$;
- △— — зависимость угла схода частицы ($\omega_{ш} t_c$), $f = 0,5$;
- -△- - - зависимость угла схода частицы ($\omega_{ш} t_c$), $f = 0,4$

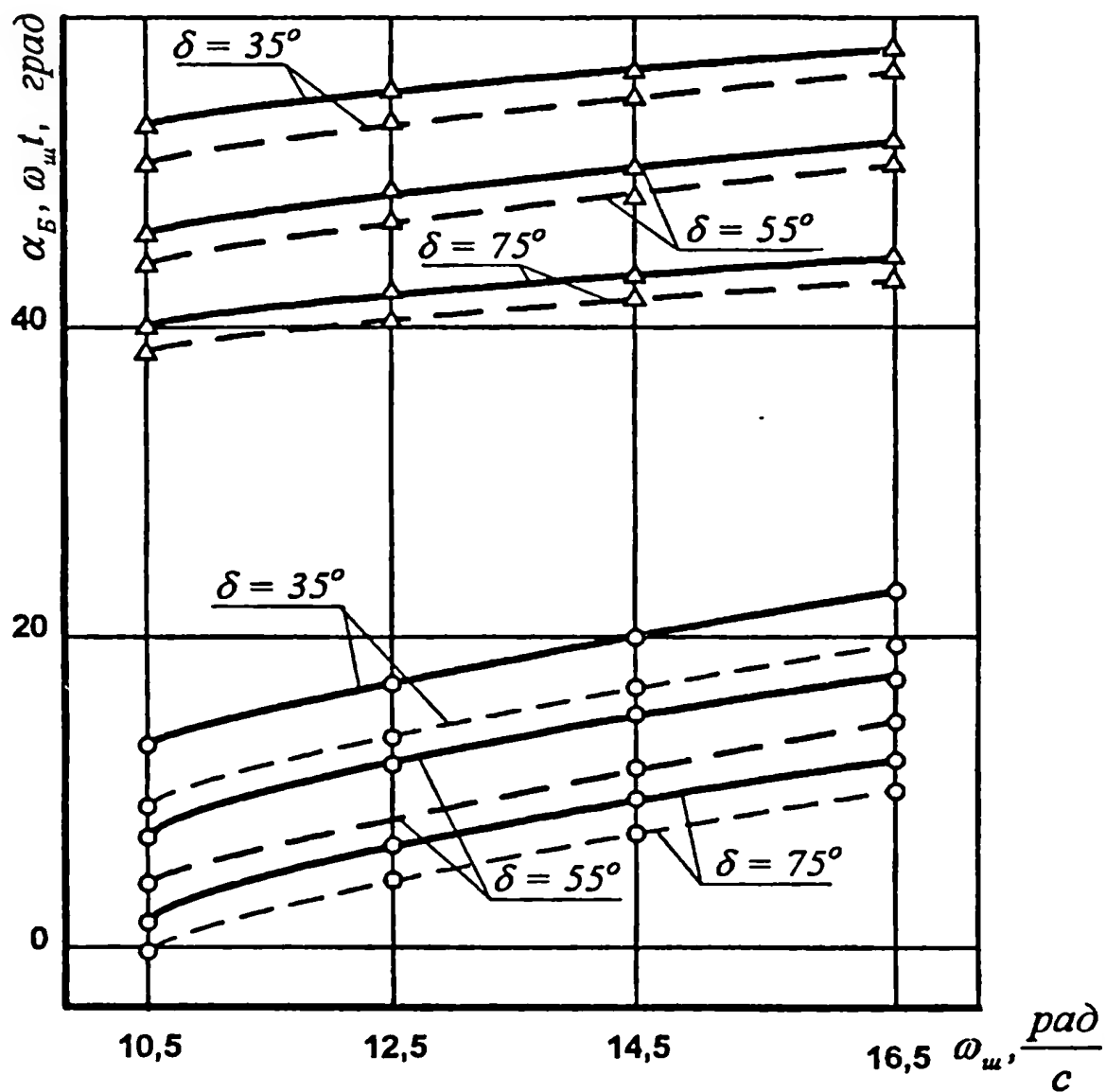


Рис. 3.52. Зависимость угла схода $\omega_{ш} t_c$ и угла бросания $\alpha_{Б}$ частицы от изменения угловой скорости шнека для значений коэффициента трения $f = 0,4; 0,5$; угла наклона колена $\delta = 35^\circ; 55^\circ; 75^\circ$ (палец логарифмической формы):

- — зависимость угла бросания частицы ($\alpha_{Б}$), $f = 0,5$;
- -○- - - зависимость угла бросания частицы ($\alpha_{Б}$), $f = 0,4$;
- △— — зависимость угла схода частицы ($\omega_{ш} t_c$), $f = 0,5$;
- -△- - - зависимость угла схода частицы ($\omega_{ш} t_c$), $f = 0,4$.

При сходе с прямого пальца в некоторой точке l (рис.3.53) частица продолжает движение к плавающему транспортеру как тело, брошенное под углом $\alpha_{лб}$ к горизонту. Уравнение ее движения (без учета сопротивления воздуха) имеет вид

$$Y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha_{лб} - \frac{g \cdot x^2}{2v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_{лб}} \quad (29)$$

Координаты точки l в системе координат YO_2X равны:

$$Y_l = r - [l \cdot \cos(\varphi_n + \theta) + \rho \cdot \cos \delta] \quad (30)$$

$$X_l = l \cdot \sin(\varphi_n + \theta) - \rho \cdot \cos \delta. \quad (31)$$

Из рисунка 3.53 видно, что угол $\varphi_n = \omega_{ш} \cdot t_c - \theta + \gamma_c$.

Подставив в уравнения (30) и (31) значения угла φ_n , получим:

$$Y_l = r - l \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_c + \gamma_c) - \rho \cdot \cos \delta, \quad (32)$$

$$X_l = l \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t_c + \gamma_c) - \rho \cdot \sin \delta. \quad (33)$$

Положение точки A , в которой произойдет встреча частицы с траекторией движения основания планок транспортера, определяется координатами Y_A и X_A в системе координат YX и углом α_A . Так как траектория движения основания планок плавающего транспортера на рассматриваемом участке представляет дугу окружности, то ее уравнение (рис. 3.53) можем записать так:

$$(Y_A + K)^2 + [(m - X_l) - X_A]^2 - 2 \cdot R_0(Y_A + K) = 0, \quad (34)$$

где Y_A, X_A – координаты точки A (рис.3.53);

$R_0 + Y_l - r - n = K$ – расстояние, определяющее положение нижней точки траектории основания планок по горизонтали;

m – расстояние между центрами шнека жатки и ведомой осью плавающего транспортера по горизонтали;

X_l – координата точки l , определяемая уравнением (33);

R_0 – радиус траектории основания планок транспортера;

$(m - X_l) = b$ – расстояние от точки l до вертикального диаметра плавающего барабана.

Для определения координаты X запишем систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} Y_A &= X_A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{n6} - \frac{g \cdot X_A^2}{2v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_{n6}}, \\ (Y_A + K)^2 + (b - X_A)^2 - 2R_0(Y_A + K) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

Раскроем скобки в уравнении (34):

$$\begin{aligned} Y_A^2 + 2K \cdot Y_A + K^2 - b^2 - 2b \cdot X_A + X_A^2 - 2R_0 \cdot Y_A - 2R_0 \cdot K &= \\ = Y_A^2 + 2Y_A(K - R_0) + X_A^2 + K^2 - 2R_0 \cdot K + b^2 - 2b \cdot X_A &= 0 \end{aligned} \quad (36)$$

Подставив значение Y_A в уравнение (36), получим:

$$\begin{aligned} \left(X_A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{n6} - \frac{g \cdot X_A^2}{2v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_{n6}} \right)^2 + p \left(X_A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{n6} - \frac{g \cdot X_A^2}{2v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_{n6}} \right) + \\ + X_A^2 - 2b \cdot X_A + q = 0, \end{aligned}$$

где $p = 2(K - R_0); \quad q = K^2 - 2R_0 \cdot K + b^2.$

После раскрытия скобок и группировки членов имеем уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{g^2}{4v_a^4 \cdot \cos^4 \alpha_{n6}} \cdot X_A^4 - \frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha_{n6}}{4v_a^4 \cdot \cos^4 \alpha_{n6}} X_A^3 + \\ + \left(1 - \frac{p \cdot g}{2v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_{n6}} + \operatorname{tg}^2 \alpha_{n6} \right) \cdot X_A^2 + \\ + (p \cdot \operatorname{tg} \alpha_{n6} - 2b) X_A + q = 0. \end{aligned} \quad (37)$$

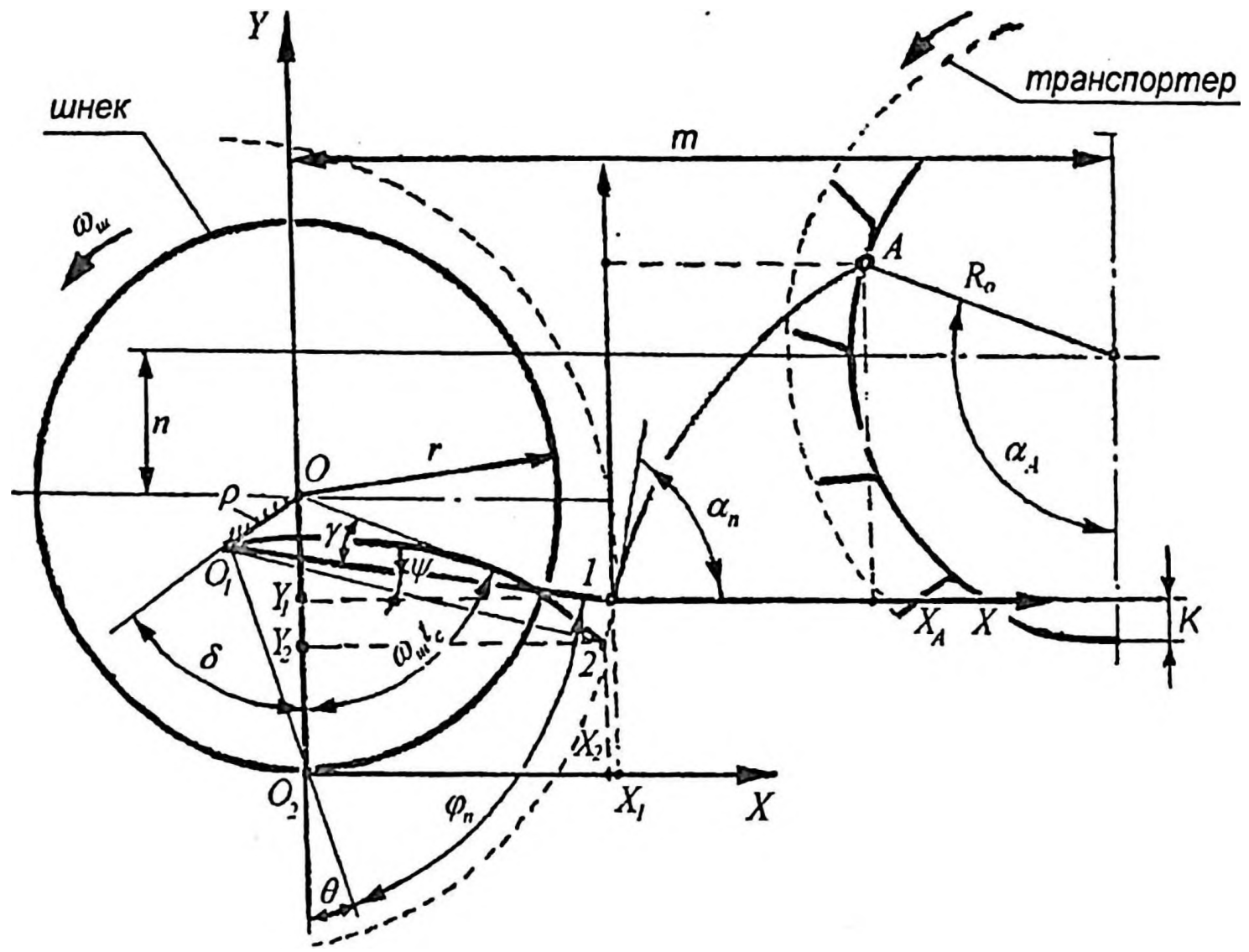


Рис. 3.53. Схема к определению угла α_A

Прежде чем приступить к решению этого уравнения, необходимо проверить выполнение следующих условий:

$$\frac{v_a^2 \cdot \sin^2 \alpha_{нб}}{2g} \leq \left[(m - X_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{нб} - \frac{g(m - X_1)}{2v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_{нб}} \right] - \text{ограни-}$$

чение по высоте траектории.

$$\left(m - X_1 - \frac{R_0}{2} \right) \leq \frac{v_a^2}{g} \cdot \sin 2\alpha_{нб} - \text{ограничение по дальности}$$

траектории движения частицы.

Выполнение этих условий определяет возможность встречи частицы растений с транспортером.

Корни уравнения (37) можно найти при помощи ПЭВМ. Определив, нетрудно найти угол α_A :

$$\alpha_A = \frac{\pi}{2} \pm \arccos \frac{m - X_1 - X_A}{R_0} \quad (38)$$

Знак «+» здесь ставится при условии $(Y_1 + Y_A) > (r + n)$, а знак «-» — при $(Y_1 + Y_A) < (r + n)$.

Координаты точки 2 схода частицы с логарифмического пальца отличаются от координат точки 1 и могут быть определены из выражений:

$$Y_2 = r - l \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_c + \gamma_c - \psi) - \rho \cdot \cos \delta,$$

$$X_2 = l \cdot \sin(\omega_{ш} \cdot t_c + \gamma_c - \psi) - \rho \cdot \cos \delta.$$

Определяя расстояние X_A при подаче частицы логарифмическим пальцем в выражение (37) необходимо подставить угол $\alpha_{нб}$ и скорость v_a , характеризующие условия схода частицы с логарифмического пальца, а в выражение (38) вместо X_1 , величину X_2 .

3.1.8 Направление и скорость движения частицы под воздействием планки транспортера или битера проставки

Пренебрегая упругими свойствами растений сои, представим их как материальную частицу, соударяющуюся с планкой в некоторой точке A (рис.3.54). К числу факторов, влияющих

на процесс захвата и подачи в зону B (рис.3.54) этой частицы планкой следует отнести угол β , определяющий направление вектора абсолютной скорости v_a :

$$\beta = \mu - (\gamma - \psi_k) - \left(\alpha_A - \frac{\pi}{2} - \omega \cdot t_c + \psi_k \right) \quad (1)$$

или

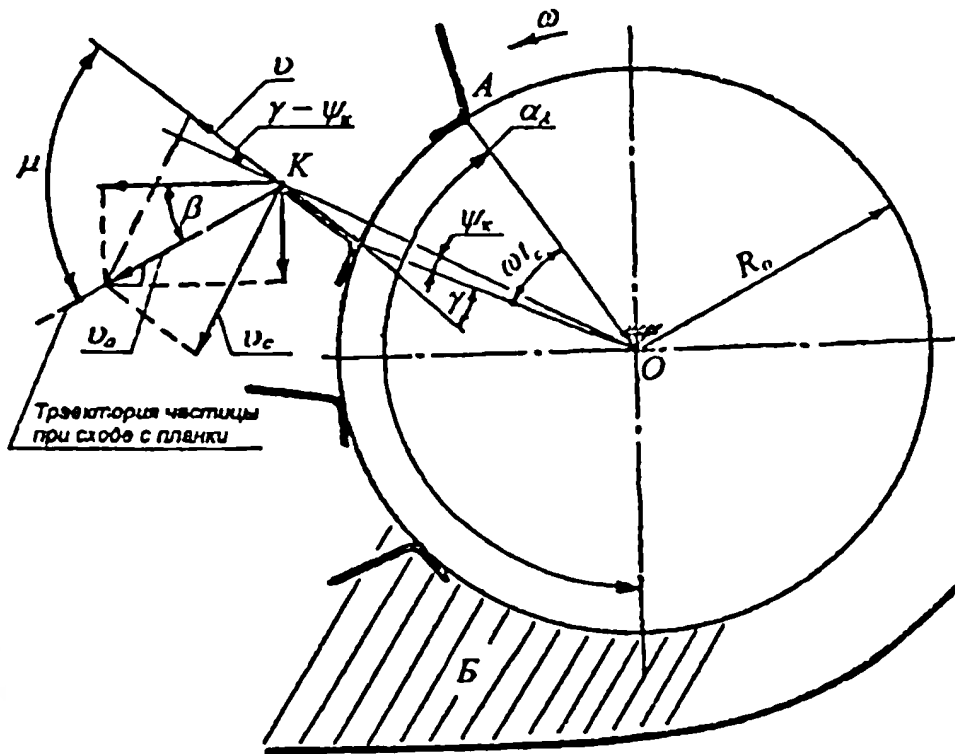
$$\beta = \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{v \cdot \cos(\gamma - \psi_k)}{v_A} - \psi_k - \alpha_A + \omega \cdot t_c$$

Из формулы (1) заметим, что величина угла β будет больше, следовательно, условие вхождения частицы в зону B лучше при меньшем значении углов α_A и γ и большем значении углов μ и $\omega \cdot t_c$. Уменьшать угол γ нецелесообразно, так как это ухудшает процесс схода растительной массы. Чтобы определить величины углов μ и $\omega \cdot t_c$ необходимо знать относительную v и абсолютную v_a скорости движения частицы в точке K (рис.3.54), а также время t_c , в течение которого частица находилась на планке транспортера.

Величина абсолютной скорости v_a при сходе частицы с планки определяется из выражения:

$$v_a = \sqrt{v^2 \cdot \cos^2(\gamma - \psi_k) + \{\omega[R_0 + l_0 \cdot \cos(\gamma - \psi_k)] - v \cdot \sin(\gamma - \psi_k)\}^2}, \quad (2)$$

где v – относительная скорость частицы в точке K (рис.3.53);
 ω – угловая скорость планки;
 l_0 – рабочая длина гребня планки;
 γ – угол, характеризующий положение гребня планки относительно радиуса R_0 ;
 $\psi_k = \arcsin \frac{l_0 \cdot \sin \gamma}{R_0 + l_0 \cdot \cos \gamma}$ – угол, характеризующий положение точки K планки.

Рис. 3.54. Схема к определению угла β

Относительную скорость v найдем, рассмотрев движение частицы по поверхности планки под действием приложенных сил (рис.3.55), для чего запишем выражение для определения силы трения F :

$$F = \left\{ 2m \cdot \omega \frac{dx}{dt} - m \cdot g \cdot \sin[(\pi - \alpha) + (\omega \cdot t - \gamma)] - \right.$$

$$\left. - m \cdot \omega^2 \cdot R_c \cdot \sin(\gamma - \psi) \right\} \cdot f + m \cdot g \cdot \cos[(\pi - \alpha) + (\omega \cdot t - \gamma)]$$

Дифференциальное уравнение движения частицы в направлении оси OX имеет вид:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = m \cdot \omega^2 \cdot R_c \cdot \cos(\gamma - \psi) - m \cdot g \cdot \cos[(\pi - \alpha) + (\omega \cdot t - \gamma)] -$$

$$- 2m \cdot f \frac{dx}{dt} + m \cdot g \cdot f \cdot \sin[(\pi - \alpha) + (\omega \cdot t - \gamma)] + m \cdot \omega^2 \cdot R_c \cdot \sin(\gamma - \psi)$$

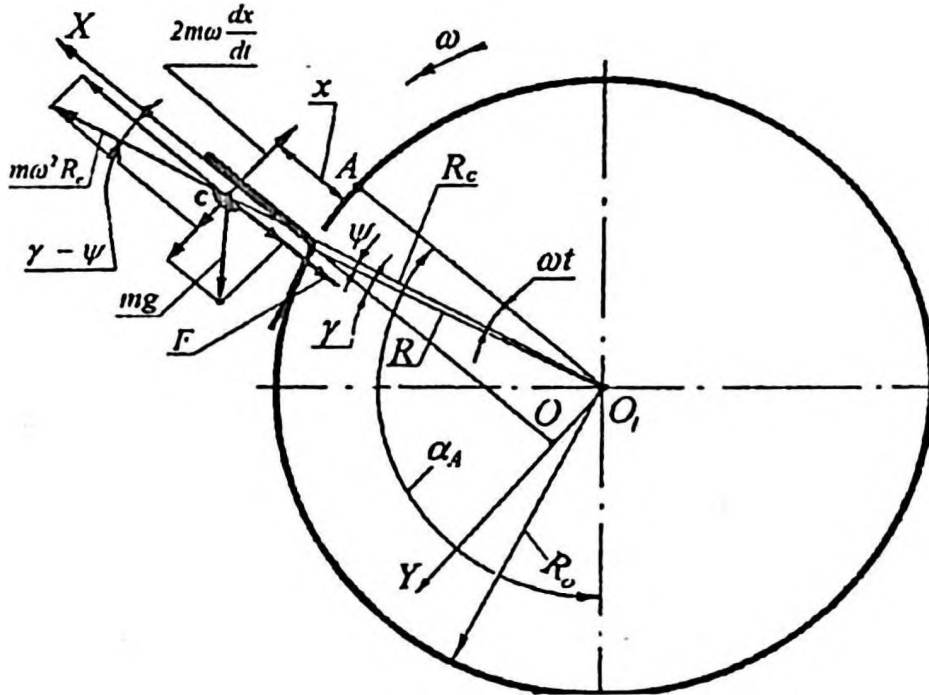


Рис. 3.55. Силы, действующие на частицу, находящуюся на планке транспортера

Преобразовав это уравнение, получим:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2m \cdot f - \omega^2 \cdot [R_c \cdot \cos(\gamma - \psi) - R_c \cdot \sin(\gamma - \psi)] = \quad (3)$$

$$= g \cdot f \cdot \sin(\alpha_A + \gamma - \omega \cdot t) + g \cos(\alpha_A + \gamma - \omega \cdot t)$$

где

x – путь, пройденный частицей;

g – ускорение свободного падения;

m – масса частицы, захватываемой планкой;

ω – угловая скорость планки;

f – коэффициент трения;

t – время;

R_c – расстояние от центра вращения барабана до местонахождения частицы на планке;

γ – угол наклона рабочей планки к радиусу R ;

ψ – угол между R и R_c ;

R_0 – радиус окружности, проходящий через основание планок;

$\omega \cdot t$ – текущий угол поворота планки;

α_A – угол встречи планки транспортера с частицей;

$2m \cdot \omega \frac{dx}{dt}$ – Кориолисова сила.

Из рисунка 3.54 видно, что

$$R_c \cdot \cos(\gamma - \psi) \approx R_0 \cdot \cos \gamma + x,$$

$$R_c \cdot \sin(\gamma - \psi) \approx R_0 \cdot \sin \gamma.$$

Поэтому дифференциальное уравнение (3) запишется так:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega \frac{dx}{dt} - \omega^2 \cdot x = \omega^2 \cdot R_0 (\cos \gamma + f \cdot \sin \gamma) +$$

$$+ g \cdot f \cdot \sin[(\alpha_A + \gamma) - \omega \cdot t] + g \cdot \cos[(\alpha_A + \gamma) - \omega \cdot t]$$

Теперь представим правую часть этого уравнения следующим образом:

$$\omega^2 \cdot R_0 (\cos \gamma + f \cdot \sin \gamma) + g \cdot f \cdot \sin[(\alpha_A + \gamma) - \omega \cdot t] +$$

$$+ g \cdot \cos[(\alpha_A + \gamma) - \omega \cdot t] = \omega^2 \cdot R_0 (\cos \gamma + f \cdot \sin \gamma) +$$

$$+ g \cdot f \cdot \sin(\alpha_A + \gamma) \cdot \cos \omega \cdot t - g \cdot f \cdot \cos(\alpha_A + \gamma) \cdot \sin \omega \cdot t +$$

$$+ g \cdot \cos(\alpha_A + \gamma) \cdot \sin \omega \cdot t + g \cdot \cos(\alpha_A + \gamma) \cdot \cos \omega \cdot t +$$

$$+ g \cdot \sin(\alpha_A + \gamma) \cdot \sin \omega \cdot t = \omega^2 \cdot R_0 (\cos \gamma + f \cdot \sin \gamma) +$$

$$+ [-g \cdot \cos(\alpha_A + \gamma) + g \cdot \sin(\alpha_A + \gamma)] \cdot \sin \omega \cdot t +$$

$$+ [g \cdot f \cdot \sin(\alpha_A + \gamma) + g \cdot \cos(\alpha_A + \gamma)] \cdot \cos \omega \cdot t$$

Вводя обозначения

$$\omega^2 \cdot R_0 (\cos \gamma + f \cdot \sin \gamma) = a;$$

$$g \cdot \sin(\alpha_A + \gamma) - g \cdot f \cdot \cos(\alpha_A + \gamma) = c;$$

$$g \cdot \cos(\alpha_A + \gamma) + g \cdot f \cdot \sin(\alpha_A + \gamma) = b,$$

окончательно получим:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2f \cdot \omega \frac{dx}{dt} - \omega^2 \cdot x = a + b \cdot \cos \omega \cdot t + c \cdot \sin \omega \cdot t \quad (4)$$

Выражение (4) – неоднородное линейное уравнение с постоянными коэффициентами. Решив его, получим следующее выражение для определения пути x

$$x = S_1 \cdot e^{k_1 \cdot \omega t} + S_2 \cdot e^{k_2 \cdot \omega t} + B \cdot \cos \omega \cdot t + C \cdot \sin \omega \cdot t + A. \quad (5)$$

Взяв производную от этого выражения, найдем относительную скорость:

$$\frac{dx}{dt} = v = S_1 \cdot k_1 \cdot e^{k_1 \cdot \omega t} + S_2 \cdot k_2 \cdot e^{k_2 \cdot \omega t} - B \cdot \omega \cdot \sin \omega \cdot t + C \cdot \omega \cdot \cos \omega \cdot t, \quad (6)$$

где
$$B = \frac{g \cdot [(f^2 - 1) \cdot \cos(\alpha_A - \gamma) - 2f \cdot \sin(\alpha_A - \gamma)]}{2 \cdot \omega \cdot (1 + f^2)};$$

$$C = \frac{g \cdot [\cos(\alpha_A + \gamma) + f \cdot \sin(\alpha_A + \gamma)]}{2 \cdot f \cdot \omega^2} + \frac{B}{f};$$

$$A = -R_0(\cos \gamma + f \cdot \sin \gamma), \quad S_1 = -A - B - S_2,$$

$$S_2 = \frac{l}{k_1 - k_2} \cdot [c - k_1 \cdot (A + B)]$$

$$k_1 = -f + \sqrt{f^2 + 1}, \quad k_2 = -f - \sqrt{f^2 + 1}.$$

Представим, что соевый боб или зерно имеет шаровидную форму и значительные упругие свойства. Тогда частица, обладающая такими свойствами при встрече с вращающейся планкой транспортера в точке B (рис.3.56) изменит траекторию, направление которой можно характеризовать некоторым углом β_1 (рис.3.56).

$$\beta_1 = \alpha_B + \omega \cdot t - \theta_1 - \theta_2. \quad (7)$$

Угол α_B найдем, зная начальные условия движения частицы при ее сходе с пальца шнека:

$$\alpha_B = \arctg \frac{v_y}{v_x} = \arctg \left(\operatorname{tg} \alpha_B - \frac{g \cdot x_B}{v_a^2 \cdot \cos^2 \alpha_B} \right),$$

где α_B – угол бросания частицы.

Подставив θ_1 и θ_2 в уравнение (7), получим:

$$\beta_1 = \pi + \omega \cdot t - \alpha_A - \gamma - \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{k} \operatorname{tg} \alpha_A + \alpha_B + \gamma - \pi \right) \quad (8)$$

Для определения угла $\omega \cdot t$ необходимо знать время t соударения частицы с планкой:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{\lambda_{\text{упр}} + \lambda_{\text{пл}}}{U_1} + \frac{\lambda_{\text{упр}}}{U_2},$$

где t_1 – время полной деформации частицы в точке контакта с планкой;

t_2 – время восстановления упругой деформации частицы; $\lambda_{\text{упр}}$, $\lambda_{\text{пл}}$ – соответственно упругая и пластическая деформации частиц;

U_1 – среднее значение скорости деформации частицы планкой;

U_2 – среднее значение скорости восстановления упругой деформации частицы.

Если пренебречь массой зерна по сравнению с массой планки, а также деформацией планки, то можем записать:

$$U_1 = \frac{v_B \cdot \cos \theta_1 + \omega \cdot (R_0 + l_1 \cdot \cos \gamma) \cdot \cos \gamma}{2} \quad (8)$$

$$U_2 = \frac{v_B \cdot k \cdot \cos \theta_1 + \omega \cdot (R_0 + l_1 \cdot \cos \gamma) \cdot \cos \gamma}{2}, \quad (9)$$

где

$$v_B = \sqrt{v_x + v_y} = \sqrt{(v_a \cdot \cos \alpha_B)^2 + \left(v_a \cdot \sin \alpha_B - \frac{g \cdot x_B}{v_a \cdot \cos \alpha_B} \right)^2}$$

После соударения частицы с планкой транспортера ее скорость составит:

$$U_B = v_B \cdot \sqrt{\sin^2 \theta_2 + k^2 \cdot \cos^2 \theta_1} + \omega \cdot (R_0 + l_1 \cdot \cos \gamma) \cdot \cos(\gamma + \theta_2) \quad (10)$$

Согласно исследованиям величины максимальной упругой и пластической деформации зерна сои влажностью 17,8%, при которой на его поверхности нет видимых трещин равна не более $\lambda_{упр} = 1,5$ мм, $\lambda_{пл} = 0,70$ мм. Расчеты показывают, что в этом случае при существующих скоростях шнека и транспортера, угле $\delta = 75^\circ$, величина угла $\omega \cdot t$ не превышает 5° .

Таким образом, можно сделать вывод о том, что основное влияние на величину угла β_1 оказывают углы α_A и α_B . Их уменьшение благоприятствует захвату частицы планкой транспортера или битера проставки и предотвращает ее отбрасывание в направлении к режущему аппарату, а для реального технологического процесса является предпосылкой к уменьшению потерь сои.

3.1.9 Моделирование условий движения растительной массы под воздействием пальчиковой части шнека

Проверка теоретических предпосылок о влиянии конструктивно-кинематических параметров пальчиковой части шнека на процесс подачи частицы к транспортеру или к рабочему органу проставки наклонной камеры проведено методом физического моделирования на лабораторной установке (рис.3.57). Закрепление частицы на пальце осуществлялось при помощи специального механического устройства (на рис.3.57 не показано), позволявшего освободить ее в точке А. Изготавливая частицу (укрупненную модель боба сои) из различных материалов с целью получения различных коэффициентов трения и задаваясь $\omega_{шн}$, и δ можно определять характеристики ее подачи. При этом траектория частицы легко определяется, если на пути ее движения, на некотором расстоянии x_1 , x_2 и т.д., устанавливается экран 5, покрытый мягким и пластичным материалом, оставляющим след при соударении. По полученным точкам С, Д, Е... строится траектория АВСДЕ. При этом точка В момента схода частицы с пальца получается при пересечении траектории АС с известной траекторией конца пальца

шнека. Отсюда построением не трудно найти угол $\omega_{ш} \cdot t$, а из выражения $\omega_{nc} = \omega_{ш} \left[\frac{1 - \varepsilon \cos(\omega_{ш} \cdot t_{cx} + \delta)}{1 + \varepsilon^2 - 2\varepsilon \cdot \cos(\omega_{ш} \cdot t_{cx} + \delta)} \right]$ угловую скорость пальца. Теперь окружная скорость в точке B составит:

$$V_B = \omega_n \cdot l,$$

где ω_n – угловая скорость пальца в момент схода частицы;
 l – длина пальца шнека.

Отложив в принятом масштабе вектор окружной скорости пальца V_B и зная направление вектора абсолютной скорости (по касательной к траектории) из векторного треугольника BMN , найдем длину векторов MN и BN , а, следовательно, относительную и абсолютную скорость v_o и v_a . Отсюда угол бросания α_B частицы определяется из выражения

$$\alpha_n = \mu - \beta = \text{arccos} \frac{v_o}{v_a} - \left(\frac{\pi}{2} - \omega_{ш} \cdot t_{c.x.} - \gamma_c \right).$$

На рисунке 3.58 представлены результаты теоретических и экспериментальных данных по влиянию угловой скорости шнека $\omega_{ш}$, угла наклона колена оси пальцев δ и их формы на характер траекторий движения частицы. Установлено, что наибольшее влияние на процесс подачи частицы оказывает величина угла δ . С его увеличением резко уменьшается путь прохождения частицы, что снижает углы $\omega_{ш} \cdot t$ и α_B и благоприятствует ее захвату планкой транспортера или рабочим органом проставки наклонной камеры. Однако с увеличением угла δ возрастает угловая скорость пальца на переднем участке его траектории, а это вызывает дополнительный обмолот бобов и потери семян. В то же время уменьшение угловой скорости шнека приводит к улучшению подачи частицы как прямым, так и логарифмическим пальцем. Однако палец логарифмической формы даже при $\omega_{ш} = 16,5 \text{ с}^{-1}$ и $\delta = 35^\circ$ обеспечивает угол $\alpha_B < 45^\circ$ (рис.3.58), а при прямом пальце величина угла α_B превышает $\pi/2$.

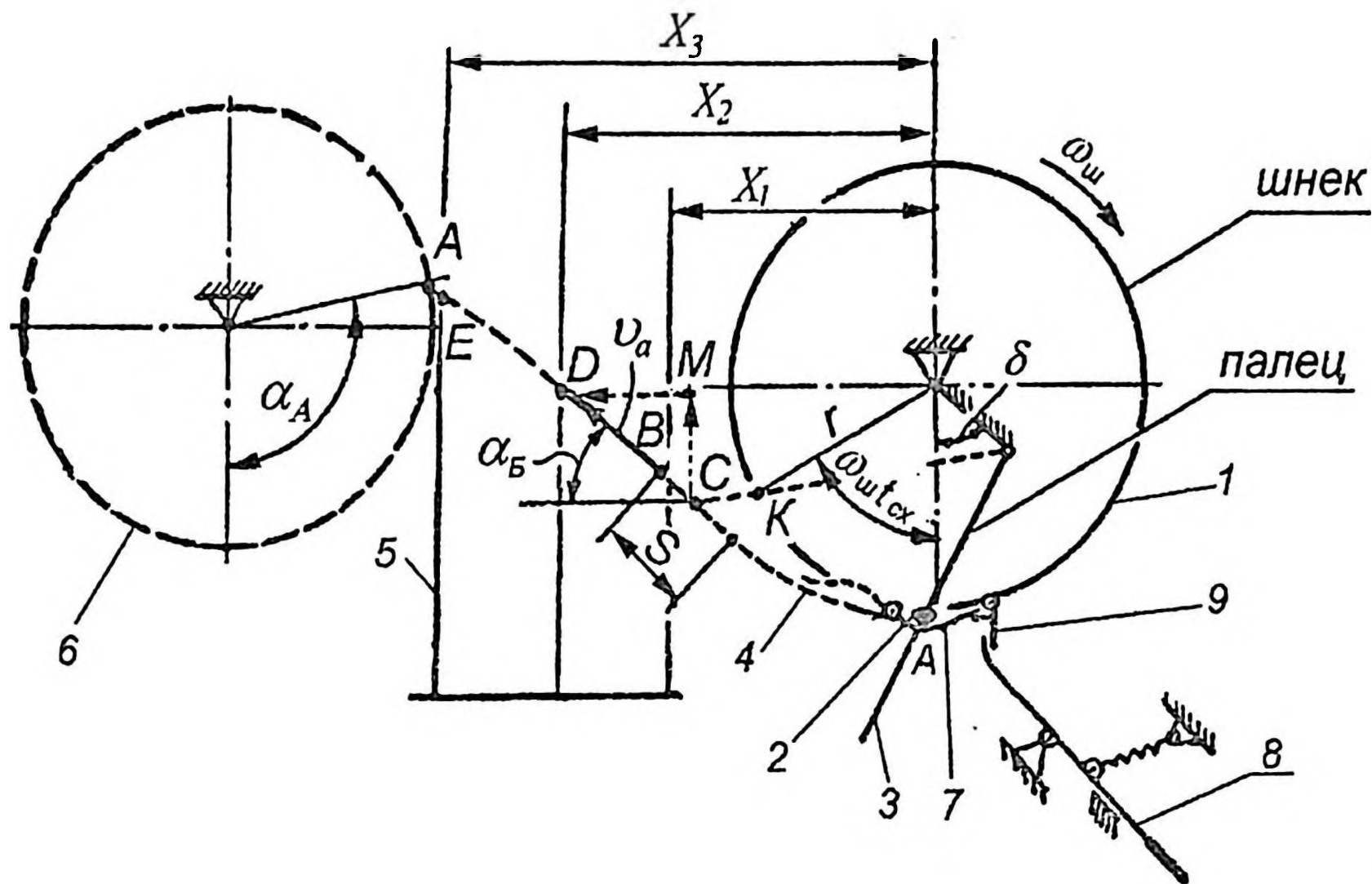


Рис. 3.57. Схема лабораторной установки для определения параметров подачи материальной частицы пальцем шнека:
 1 – цилиндр шнека; 2 – частица; 3 – палец; 4 – траектория; 5 – экран; 6 – траектория планки транспортера или битера проставки; 7 – зажим частицы; 8 – рычаг; 9 – защелка

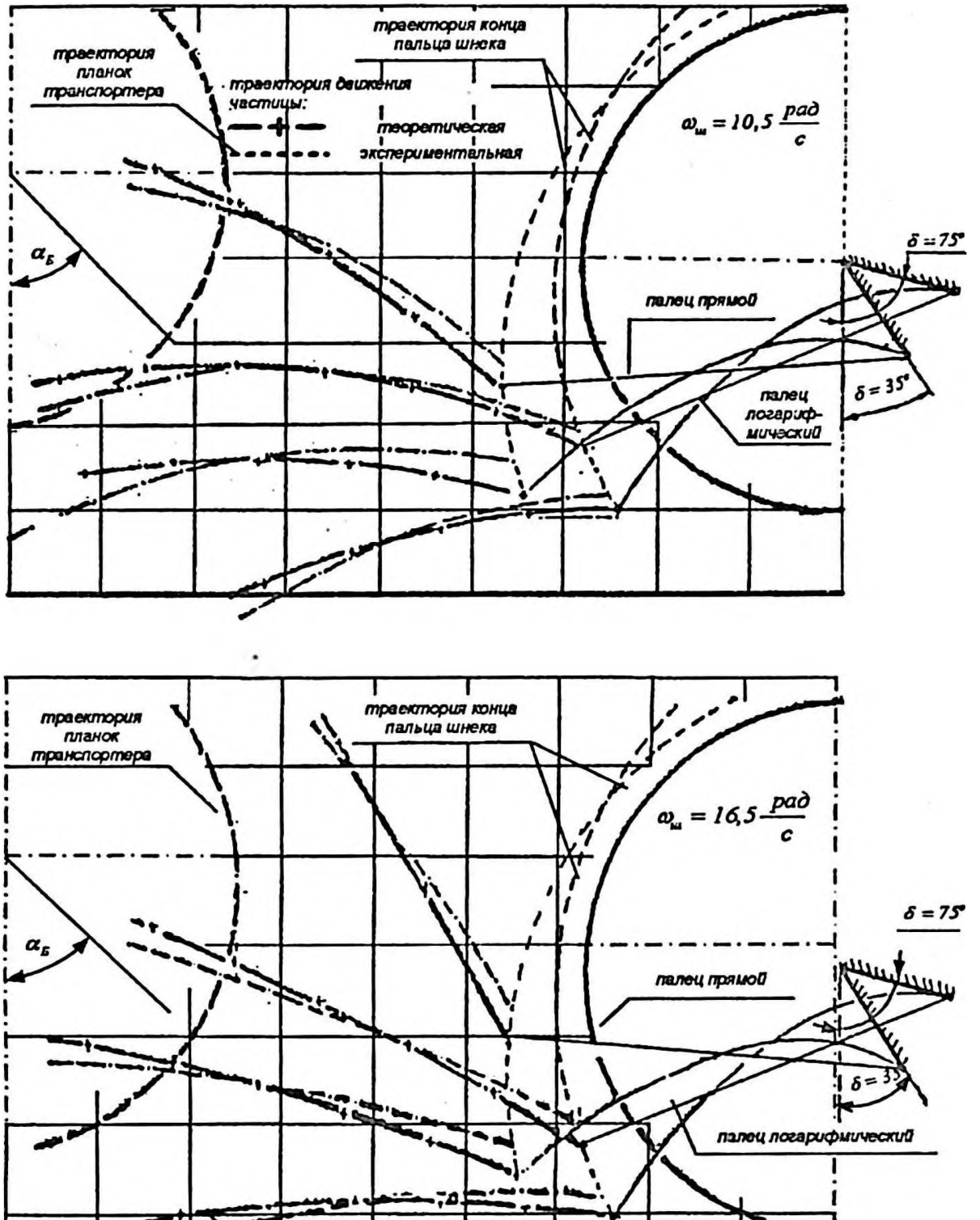


Рис. 3.58. Теоретические и экспериментальные траектории движения частицы при сходе с прямого и логарифмического пальцев шнека

3.1.10 Лабораторно-полевые исследования усовершенствованной жатки-хедера и транспортера наклонной камеры

Лабораторные исследования проводились на установке, которая включала питающий транспортер, жатку-хедер и транспортер наклонной камеры.

Питающий транспортер, в деревянных планках которого крепились растения сои, сделан подвижным, что позволяло устанавливать его как против пальчиковой, так и спиральной части шнека. В месте расположения режущего аппарата жатки питающий транспортер устанавливали так, чтобы обеспечить минимальную высоту среза растений (2 – 3 см), исключая перерезание бобов. Растения и зерно сои, транспортируемые шнеком, попадали непосредственно в сборник или к транспортеру наклонной камеры. В передней части жатки под режущим аппаратом размещался сборник, в который поступали потери в виде свободного зерна, а также зерна в бобах. Исходя из перспективной урожайности сои в Амурской области, равной 2,0 т/га, скорости движения комбайна 4 км/ч и ширины захвата жатки 5 м, устанавливали величину подачи. Действительная подача растительной массы определялась по результатам опыта из выражения:

$$q = \frac{G_p + G_{сз} + G_{пз}}{t}, \quad (1)$$

где q – подача растений в жатку, кг/с;
 G_p – масса растений, прошедших через жатку и поступивших в сборник, кг;
 $G_{сз}$ – масса вымолоченного зерна, поступившего в сборник и оставшегося в жатке, кг;
 $G_{пз}$ – масса потерь зерна, бобов и стеблей, кг;
 t – время опыта.

Потери зерна, его вымолот и дробление определялись в процентном отношении ко всему поступившему зерну в жатку.

Поиск оптимальных значений исследуемых параметров шнека и транспортера наклонной камеры проводили, применив метод планирования эксперимента типа 2 и ведя поиск оптимизма по программе крутого восхождения. В таблицах 3.5 и 3.6 представлены действительные значения параметров и уровни их варьирования при исследовании шнека и транспортера.

Таблица 3.5

Интервалы и уровни варьирования факторов при исследовании спиральной части шнека

Показатели	Кодированное значение	Факторы и их обозначение		
		Зазор между торцом спирали и днищем жатки, мм X_1	Частота вращения шнека, мин ⁻¹ (X_2)	Угол наклона передней грани порога днища, град. (X_3)
Верхний уровень	+ 1	47	180	40
Основной уровень	0	25	120	20
Нижний уровень	-1	3	60	0
Интервал варьирования	ε	22	60	20

Составив матрицу планирования экспериментов, определяли величину потерь Z и вымолот зерна сои Y для каждого из N вариантов.

В результате проведенных экспериментов получены (после отбрасывания незначимых членов) следующие уравнения регрессии обмолота бобов (Y_c) и потерь зерна на спиральном участке шнека Z_c :

$$Y_c = 7,96 + 0,94X_1 + 1,59X_2 + 1,04X_3 \quad (2)$$

$$Z_c = 1,28 + 0,16X_1 + 0,24X_2 + 0,21X_3 \quad (3)$$

Таблица 3.6

Интервал и уровни варьирования факторов при исследовании пальчиковой части шнека и транспортера наклонной камеры

Показатели	Кодовые обозначения	Факторы и их обозначение		
		Угол колена оси пальцев шнека, град $\delta (X_1)$	Частота вращения шнека, мин ⁻¹ $n_{ш} (X_2)$	Скорость транспортера, м/с $v_m (X_3)$
Верхний уровень	+ 1	75	180	2,9
Основной уровень	0	55	120	2,1
Нижний уровень	-1	35	60	1,3
Интервал варьирования	ϵ_0	20	60	0,8

Анализируя полученные уравнения, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на обмолот бобов и потери зерна оказывает частота вращения шнека $n_{ш}$ и угол β (рис.3.41) наклона передней грани экспериментального профиля днища жатки. Объяснить это можно тем, что с увеличением частоты вращения шнека возрастает осевая скорость воздействия боковых поверхностей спирали на растения, подаваемые планкой мотовила, а это интенсифицирует процесс протягивания (перетирания) стеблей по поверхности днища жатки, а также резиновой поверхности планок мотовила, а это интенсифицирует процесс протягивания (перетирания) стеблей по поверхности днища жатки, а также резиновой поверхности планок мотовила и ведет к увеличению обмолота бобов и потерь зерна. Значительное влияние на обмолот бобов и потери зерна оказывает также увеличение угла наклона передней грани (β) экспериментального профиля днища жатки и зазора (Δ) между шнеком и днищем. Так опыты показали, что при угле $\beta = 40^\circ$ и зазоре $\Delta = 47$ мм растения неудовлетворительно захватываются шнеком, повторно перерезаются режущим аппаратом, а это является причиной резкого возрастания потерь зерна.

В результате проведенных экспериментов также установлено, что при уменьшении зазора Δ до 3 мм, угла β до 0° , а частоты вращения шнека до 60 мин^{-1} , происходит возрастание обмолота бобов и потерь зерна. Это объясняется явлением заземления бобов (о чем говорят теоретические исследования (раздел 3) и неудовлетворительной пропускной способностью шнека.

Так как результаты опытов на нулевом уровне исследуемых факторов показали уменьшение обмолота и потерь зерна, то был проведен поиск таких значений Δ , $n_{ш}$, β , при которых потери зерна минимальные. Реализация этой серии опытов осуществлялась согласно матрице крутого восхождения (табл.3.7).

Таблица 3.7

Матрицы крутого восхождения при исследовании
спиральной части шнека

Показатели	Кодовые обозначения	Факторы и их размерность			Значение критерия оптимизации, %
		X_1 , (Δ), мм	X_2 ($n_{ш}$), мин^{-1}	X_3 (β), град	
1 Основной уровень	0	25	120	20	0,62
2 Верхний уровень	+1	47	180	40	2,11
3 Нижний уровень	-1	3	60	0	0,87
4 Интервал варьирования	ϵ	22	60	20	
5 Коэффициенты регрессии линейных членов	b_i	0,16	0,24	0,21	
6 Произведений	$b_i \cdot \epsilon$	3,52	14,4	4,2	
7 Шаг восхождения	μ	5	15	5	
Реализованные опыты:	первый	20	105	15	0,44
	второй	15	90	10	0,53
	третий	10	75	5	0,65
	четвертый	5	60	0	0,81

Из таблицы 3.7 видно, что наименьшее значение потерь зерна 0,44% получено в первом опыте. Реализация второго, третьего и четвертого опытов показала, что с уменьшением частоты вращения шнека $n_{ш}$, зазора Δ и угла β потери зерна увеличиваются. Это объясняется ухудшением пропускной способности спиральной части шнека. Из результатов опытов можно утверждать, что при зазоре $\Delta = 20$ мм, $n_{ш} = 105$ мин⁻¹, $\beta = 15$ потери зерна минимальны. Однако полностью исключить их не удастся, так как здесь, по-видимому, определенную роль играет мотовило и режущий аппарат.

Исследование обмолота бобов (Y) и потерь зерна сои (Z) на пальчиковом участке шнека позволило получить следующие уравнения регрессии соответственно для пальцев прямой (4, 5) и логарифмической (6, 7) форм:

$$Y_n = 12,52 - 0,50X_1 + 3,12X_2 + 6,15X_3 - 0,22X_{1,2} + 1,75X_{2,3} \quad (4)$$

$$Z_n = 1,64 - 0,125X_1 + 0,49X_2 + 0,36X_3 + 0,11X_{2,3} \quad (5)$$

$$Y_n = 9,39 - 0,71X_1 + 1,69X_2 + 4,04X_3 - 0,26X_{1,3} + 1,11X_{2,3} \quad (6)$$

$$Z_n = 1,19 - 0,165X_1 + 0,36X_2 + 0,19X_3 \quad (7)$$

Полученные уравнения показывают, что с увеличением частоты вращения шнека и скорости транспортера обмолот бобов и потери зерна возрастают, причем в большей степени при наличии прямых пальцев. С увеличением угла δ процесс обмолота бобов и потери зерна уменьшаются как для пальцев прямой, так и логарифмической формы, однако во втором случае качественные показатели технологического процесса выглядят лучше.

Таким образом, полученные экспериментальные уравнения регрессии подтвердили теоретические предпосылки о том, что пальцы логарифмической формы создают более благоприятные условия подачи хлебной массы к плавающему транспортеру. С учетом этого в дальнейшем были проведены опыты с целью определения таких значений параметров $n_{ш}$, v_m , δ , при которых потери зерна сои за жаткой будут минимальные

(табл.3.8). Из этой таблицы видно, что при $\delta = 60 - 65^\circ$, $n_{ш} = 80 - 100 \text{ мин}^{-1}$, $v_m = 1,7 - 1,9 \text{ м/с}$ потери зерна наименьшие. При дальнейшем уменьшении частоты вращения шнека, скорости транспортера и увеличения угла δ потери возрастают. Это объясняется тем, что при $n_{ш} = 60 \text{ мин}^{-1}$, $v_m = 1,5 \text{ м/с}$, $\delta = 70$ пропускная способность пальчикового участка шнека недостаточна, растения задерживаются на режущем аппарате и подвергаются повторному перерезанию.

Таблица 3.8

Матрица крутого восхождения при исследовании пальчиковой части шнека (пальцы логарифмические)

Показатели	Кодовые обозначения	Факторы и их размерность			Значение критерия оптимизации, %
		X_1 , (Δ), мм	X_2 ($n_{ш}$), мин^{-1}	X_3 (β), град	
1 Основной уровень	0	55	120	2,1	0,71
2 Верхний уровень	+1	75	180	2,9	1,53
3 Нижний уровень	-1	35	60	1,3	0,80
4 Интервал варьирования	ε	20	60	0,8	
5 Коэффициенты регрессии линейных членов	b_i	-0,16	0,36	0,19	
6 Произведение	$b_i \cdot \varepsilon$	3,2	21,6	0,152	
7 Шаг восхождения	μ	5	20	0,20	
Реализованные опыты:	первый	60	100	1,9	0,52
	второй	65	80	1,7	0,55
	третий	70	60	1,5	0,73
	четвертый	75	40	1,3	0,96

Таким образом, в результате поиска оптимальных значений Δ , $n_{ш}$, v_m , δ для спиральной и пальчиковой части шнека можно принять, что для подачи сои 1,0 кг/с ее влажности 9 –

10% указанные выше параметры должны находиться в следующих пределах: $\Delta = 15 - 20$ мм, $\beta = 10 - 15^\circ$, $n_{ш} = 90 - 100$ мин⁻¹, $v_m = 1,7 - 1,9$ м/с, $\delta = 60 - 65^\circ$.

Проводя предварительные полевые опыты с целью настройки молотильных аппаратов и очистки комбайна на наименьшую величину суммарных (недомолот + невытряс + дробление) потерь зерна равных 5,06% установили частоту вращения первого барабана 410 мин⁻¹, а второго – 460 мин⁻¹.

Молотильные зазоры составили для 1-го аппарата на входе 28 мм, на выходе – 14 мм, у второго аппарата соответственно – 20 мм и 10 мм.

Влажность зерна сои в период проведения опытов равнялась 6,5 – 9,2%, а подача растительной массы не превышала 0,9 – 1,1 кг/с. Исследования шнека показали, что при уменьшении частоты его вращения со 165 мин⁻¹ до 105 мин⁻¹ для эталонной жатки и до 125 мин⁻¹ для экспериментальной потери зерна уменьшаются в первом случае с 7,34% до 6,24%, а во втором – с 6,04% до 5,45%. Дробление зерна, поступающего в бункер, также уменьшается соответственно с 4,70% до 4,52% и 4,33% до 4,21% (рис. 3.59).

Уменьшение частоты вращения шнека до 85 мин⁻¹ (при $v_{ш} = 3,0$ м/с, $\Delta = 15$ мм, $\delta = 65^\circ$) привело к возрастанию потерь зерна для эталонной жатки до 6,41%, а экспериментальной – до 5,76%. Это можно объяснить процессом задержки (сгуживания) растений на режущем аппарате и их повторному перерезанию.

Установив частоту вращения шнека постоянной, равной для эталонной жатки 105 мин⁻¹, а для экспериментальной 125 мин⁻¹, проведены исследования влияния скорости транспортера на качественные показатели работы комбайна. Опыты показали, что при уменьшении скорости транспортера с 30,1 м/с до 1,8 м/с потери зерна за эталонной жаткой снижаются с 6,24% до 5,65%, а экспериментальной – с 5,4% до 5,35%. Дробление зерна уменьшилось в первом случае с 4,52% до 4,40%, а во втором – с 4,28% до 4,21%.

При снижении скорости транспортера до 0,6 м/с потери зерна за эталонной жаткой возросло до 6,22%, а экспериментальной – до 6,03%. Дробление зерна также увеличилось, в первом случае оно составило 4,66%, а во втором – 4,41%.

Таким образом, уменьшение скорости шнека и транспортера лишь до определенного предела ведет к уменьшению потерь зерна жаткой и некоторому снижению его дробления комбайном. Однако несмотря на то, что для эталонной жатки наблюдается несколько большая интенсивность уменьшения потерь и дробления зерна, величина абсолютных показателей для экспериментальной жатки меньше. Так по потерям за жаткой разность составляет 0,3%, а по дроблению – 0,19%. Этому способствует фигурный профиль днища жатки и логарифмическая форма пальцев шнека.

Установив частоту вращения шнека и скорость транспортера для экспериментальной и эталонной жаток соответственно $n_{ш}^{эк} = 125 \text{ мин}^{-1}$; $v_{ш}^{эк} = 1,8 \text{ м/с}$; $n_{ш}^{эм} = 105 \text{ мин}^{-1}$; $v_{ш}^{эм} = 1,8 \text{ м/с}$, были проведены опыты по обоснованию оптимальных значений зазора Δ и угла наклона колена оси пальцев δ . Опыты, показали, что для эталонной жатки уменьшение зазора Δ с 15 мм до 5 мм и одновременном увеличении угла δ с 65° до 75° вызывает рост потерь зерна за жаткой на 0,22%, а дробление – на 0,18%. Увеличение зазора Δ до 45 мм, а угла δ до 35° привело к резкому возрастанию потерь за жаткой (с 5,65% до 6,48%) за счет неудовлетворительной захватывающей способности спиралей шнека и задержки растения на режущем аппарате. Минимальные потери зерна за эталонной жаткой, его дробление, недомолот и невытряс сои соответствует следующим установкам исследуемых параметров: $n_{ш}^{эм} = 105 \text{ мин}^{-1}$; $v_{ш}^{эм} = 1,3 \text{ м/с}$, $\Delta = 15 - 25 \text{ мм}$; $\delta = 65 - 55^\circ$. В этом случае снижение потерь зерна за жаткой, имеющей существующие скорости шнека и транспортера, составляет 1,69%. Дробление сои уменьшилось с 4,70 до 4,32% при неизменных значениях показателей по недомолоту (0,07%) и невытрясу (0,29%).

Исследование экспериментальной жатки для тех же установок зазора Δ и угла δ показало, что с изменением Δ с 5 мм до 45 мм, а угла δ с 75° до 35° для $n_{ш}^{эм} = 125 \text{ мин}^{-1}$, $v_{ш}^{эк} = 1,8 \text{ м/с}$ потери зерна возрастают лишь на 0,14%, а дробление увеличивается с 4,14% до 4,3% при недомолоте 0,8% и невытрясе 0,25%.

Таким образом, для экспериментальной жатки можно принять оптимальную частоту вращения шнека $n_{ш}^{эк} = 125 \text{ мин}^{-1}$, скорость транспортера $v_{ш}^{эк} = 1,8 \text{ м/с}$, зазор $\Delta = 15 - 25 \text{ мм}$, угол $\delta = 75^\circ - 45^\circ$. В этом случае снижение потерь зерна сои за экспериментальной жаткой по сравнению с эталонной составляет 0,49%, а по сравнению с жаткой и транспортером, имеющим существующие в настоящее время скорости, величина потерь уменьшается на 2,18%, а дробление на 0,59%.

Все это указывает на преимущества предлагаемого совершенствования конструктивных параметров и технологических режимов работы шнека и транспортера. Однако здесь необходимо отметить, что полученное снижение потерь зерна составляет лишь около 30% от действительных потерь, большая часть которых (примерно 2/3) приходится на режущий аппарат и мотовило.

Согласно принятой нами методике, зерно, поступающее в сборники жатки, поступает от воздействия шнека и транспортера. Анализ этих потерь позволил построить графики, характеризующие абсолютную величину потерь зерна шнеком и транспортером эталонной и экспериментальной жатками (рис.3.60).

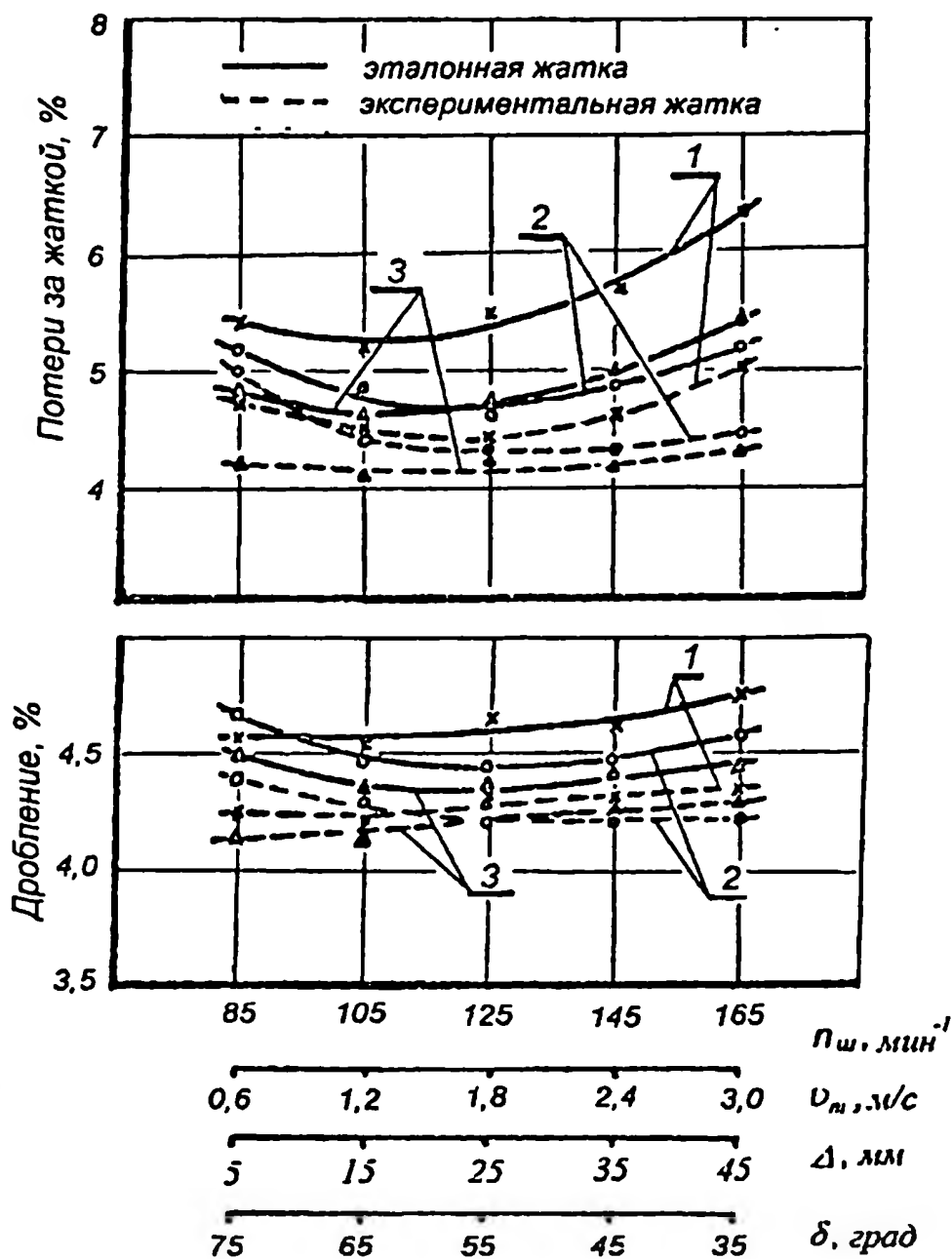


Рис. 3.59. Зависимость потерь зерна сои за жаткой и дробления зерна комбайном от изменения частоты вращения шнека 1 (при $\beta = 15^\circ$; $\Delta = 15$ мм; $v_m = 3,0$ м/с; $\delta = 65^\circ$), скорости транспортера 2 (при $\beta = 15^\circ$; $\Delta = 15$ мм; $n_{ш}^{\text{эт.}} = 105 \text{ мин}^{-1}$; $n_{ш}^{\text{эк.}} = 125 \text{ мин}^{-1}$) и зазора между шнеком и днищем 3 (при $\beta = 15^\circ$; $v_m = 1,8$ м/с; $n_{ш}^{\text{эт.}} = 105 \text{ мин}^{-1}$; $n_{ш}^{\text{эк.}} = 125 \text{ мин}^{-1}$)

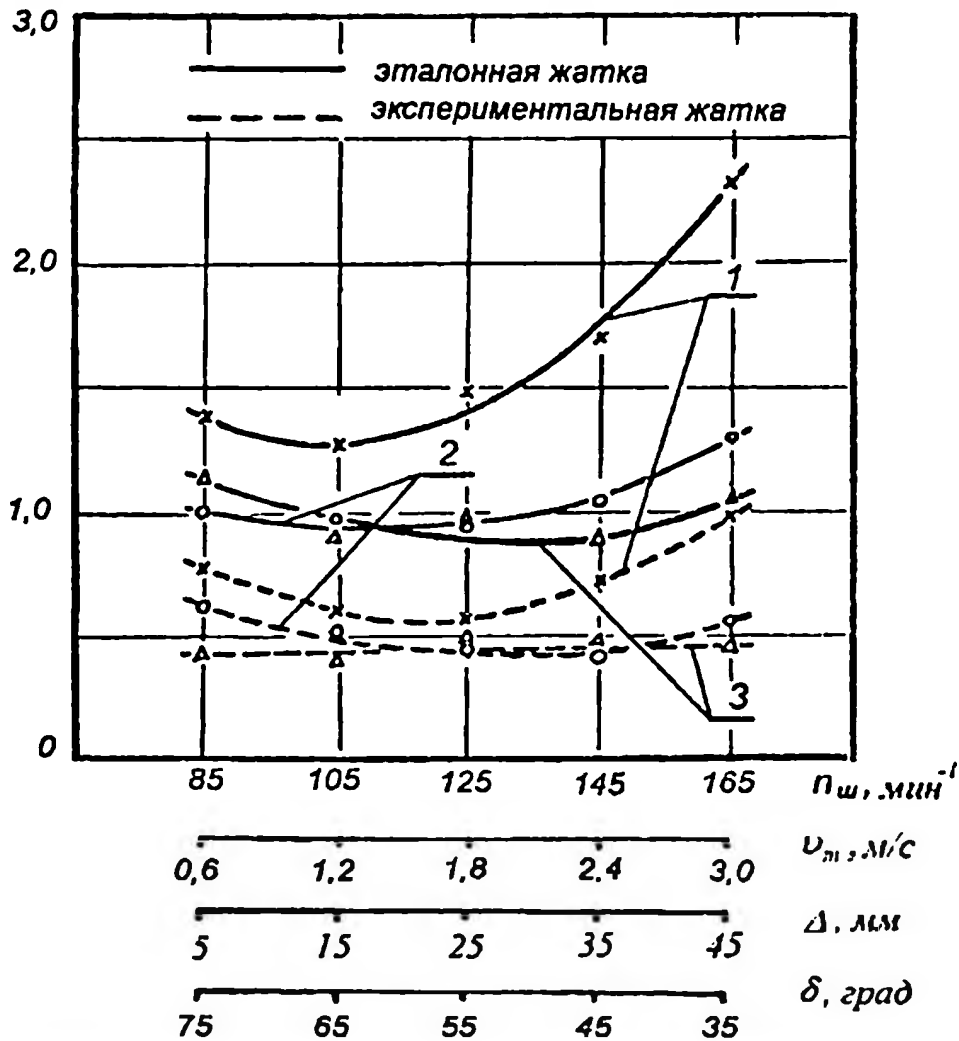


Рис. 3.60. Зависимость потерь зерна сои шнеком и транспортером в зависимости от частоты вращения шнека 1 (при $\beta = 15^\circ$; $\Delta = 15$ мм; $v_m = 3,0$ м/с; $\delta = 65^\circ$), скорости транспортера 2 (при $\beta = 15^\circ$; $\Delta = 15$ мм; $n_{ш}^{эм.} = 105$ мин^{-1} ; $n_{ш}^{эк.} = 125$ мин^{-1}) и зазора между шнеком и днищем 3 (при $\beta = 15^\circ$; $v_m = 1,8$ м/с; $n_{ш}^{эм.} = 105$ мин^{-1} ; $n_{ш}^{эк.} = 125$ мин^{-1})

Из этого рисунка видно, что изменение частоты вращения шнека, скорости транспортера, зазора Δ и угла δ меньше влияет на потери зерна экспериментальной жаткой, чем эталонной. Причем меньшее значение потерь зерна наблюдается даже при

весьма высокой (до $150 - 160 \text{ мин}^{-1}$) частоте вращения шнека и скорости транспортера. Это обстоятельство имеет большое практическое значение в связи с ростом урожайности с.-х. культур, а следовательно, с увеличением подачи растительной массы. В этих условиях значительное уменьшение скоростей рабочих органов не представляется возможным, так как это ведет к уменьшению их пропускной способности, снижению производительности машины и ухудшению качества ее работы.

Сравнивая минимальные значения потерь зерна шнеком и транспортером за эталонной (0,91%) и экспериментальной (0,42%) жатками, можно с уверенностью сказать, что применение фигурного профиля днища и пальцев логарифмической формы имеет практическое значение и является перспективным.

Наглядную картину преимущества логарифмических пальцев шнека дают графики, характеризующие количество зерна, поступающего в каждый из сборников жатки, расположенных по ширине ее захвата (рис. 3.61).

Из рисунка 3.61 видно, что для экспериментальной и эталонной жатки наибольшее количество зерна поступает в 3; 4; 5; 6; 7 сборники. Однако следует отметить существенную разницу в количестве поступающего зерна в сборники 4, 5, 6 для рассматриваемых жаток. Сравнивая линии 2 и 4, 1 и 3, видим, что наличие логарифмических пальцев шнека обеспечивает более чем в два раза меньшее поступление зерна в сборники 4; 5, 6. Наглядное представление о характере распределения зерна сои по сборникам для жатки, имеющей существующую в настоящее время частоту вращения шнека и скорость транспортера, дает линия 5. Она показывает, результат действительного технологического процесса работы спиральной и пальчиковой частей, шнека, и также транспортера, при котором происходит вымолот большого количества зерна сои. Часть его теряется, а часть, находясь в свободном состоянии, поступает к другим рабочим органам, где подвергается механическому повреждению.

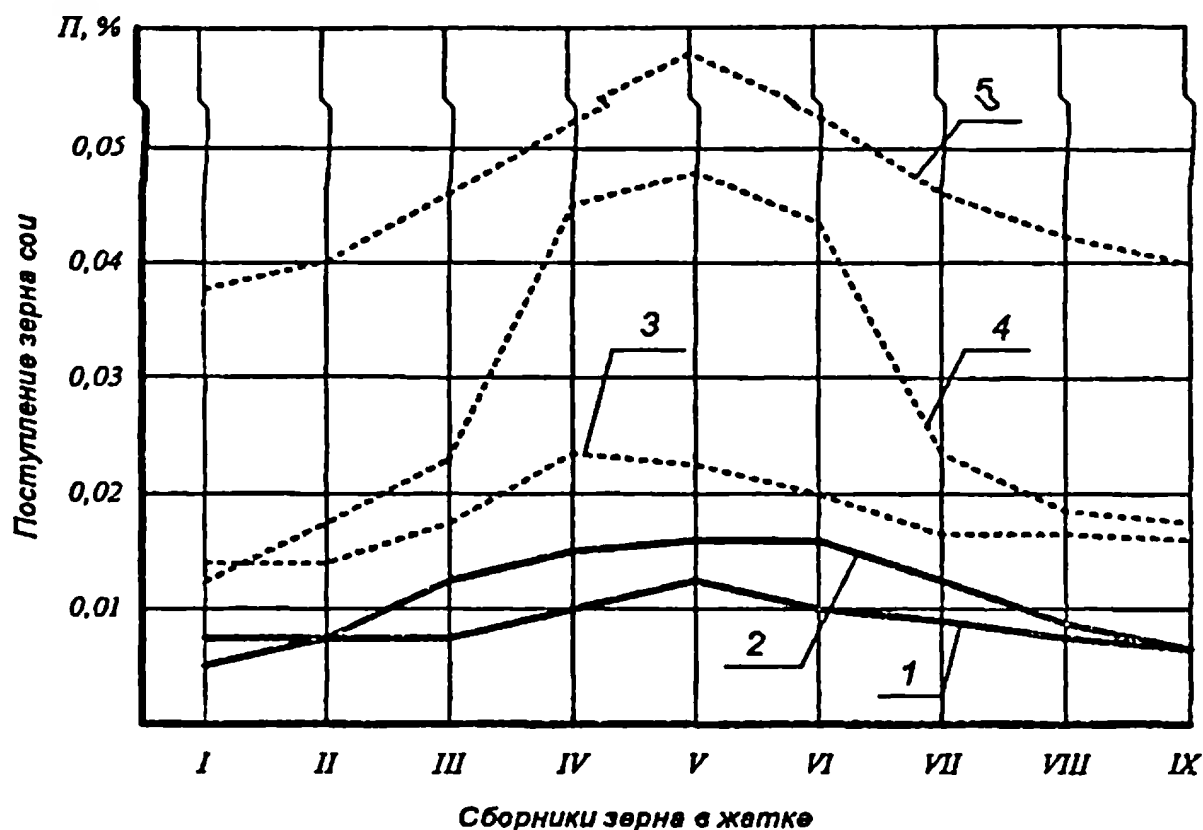


Рис. 3.61. Поступление зерна сои в сборники жатки:

- 1 – жатка экспериментальная ($n_{ш}^{эк} = 125 \text{ мин}^{-1}$; $v_m = 1,8 \text{ м/с}$; $\Delta = 15 \text{ мм}$; $\delta = 65^\circ$; $\beta = 15^\circ$); 2 – жатка экспериментальная ($n_{ш}^{эк} = 125 \text{ мин}^{-1}$; $v_m = 3,0 \text{ м/с}$; $\Delta = 15 \text{ мм}$; $\delta = 65^\circ$; $\beta = 15^\circ$); 3 – жатка эталонная ($n_{ш}^{эт} = 105 \text{ мин}^{-1}$; $v_m = 1,8 \text{ м/с}$; $\Delta = 15 \text{ мм}$; $\delta = 65^\circ$); 4 – жатка эталонная ($n_{ш}^{эт} = 105 \text{ мин}^{-1}$; $v_m = 3,0 \text{ м/с}$; $\Delta = 15 \text{ мм}$; $\delta = 65^\circ$); 5 – жатка эталонная ($n_{ш}^{эт} = 165 \text{ мин}^{-1}$; $v_m = 3,0 \text{ м/с}$; $\Delta = 15 \text{ мм}$; $\delta = 65^\circ$)

Исследование влияния подачи на качество работы экспериментальной жатки показало, что с ее увеличением с 0,38 кг/с до 0,96 кг/с потери зерна изменяются незначительно. Однако при увеличении подачи до 1,43 кг/с потери зерна возрастают до 5,70% (рис.3.62).

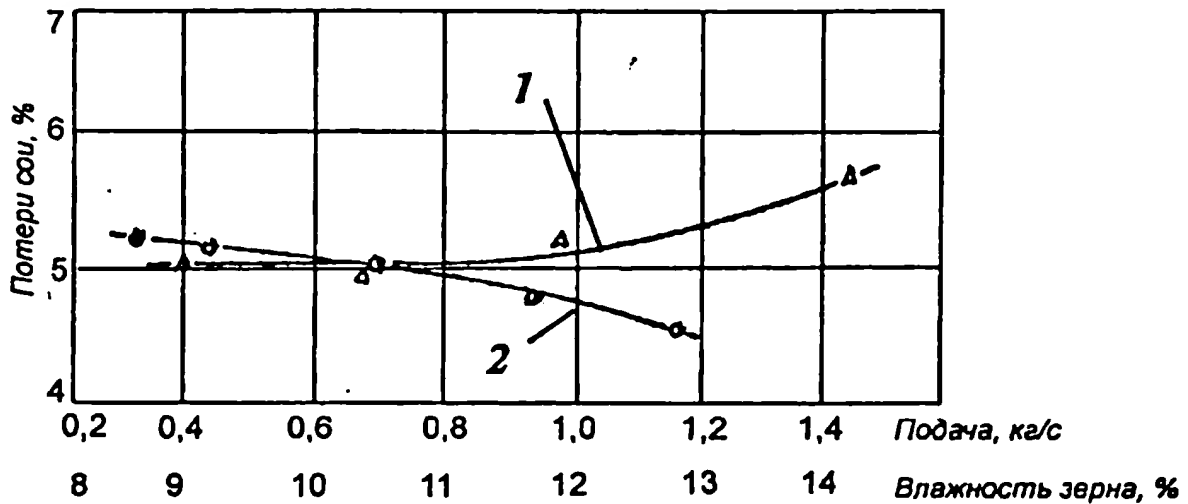


Рис. 3.62. Зависимость потерь зерна сои экспериментальной жаткой от изменения подачи растительной массы (1) и влажности зерна (2)

Анализ характера распределения потерь показал, что указанное выше увеличение подачи не вызывает существенных изменений в поступлении зерна в сборники жатки, однако его потери в виде несрезанных бобов возрастают. Это объясняется неудовлетворительным процессом копирования поверхности поля жаткой при увеличении скорости комбайна (увеличение подачи достигалось за счет изменения скорости комбайна).

В связи с тем, что в период проведения опытов влажность зерна сои была небольшая, то провести более широкие исследования ее влияния на работу шнека и транспортера не представилось возможным. Однако исследование показало, что даже в рассматриваемых пределах изменения влажности зерна, характерном для условий уборки сои в Амурской области, его потери уменьшаются с 5,28% при $W = 8,5\%$ до 4,54% при $W = 12,9\%$.

Объяснить это можно тем, что при увеличении влажности растений соевые бобы менее податливы обмолоту рабочими органами жатки, в том числе шнеком и транспортером.

3.1.11 Обмолот сои молотильно-сепарирующим устройством (МСУ) с вальцовым деформатором

3.1.11.1 Обоснование параметров вальцового деформатора

Рассматриваемые в литературе исследования по прокатке металлов и растений вальцами, имеющими стальную рабочую поверхность, не могут быть в полной мере применены к деформации растений вальцами, покрытыми резиной и предназначенными для выполнения роли молотильного устройства (рис. 3.63).

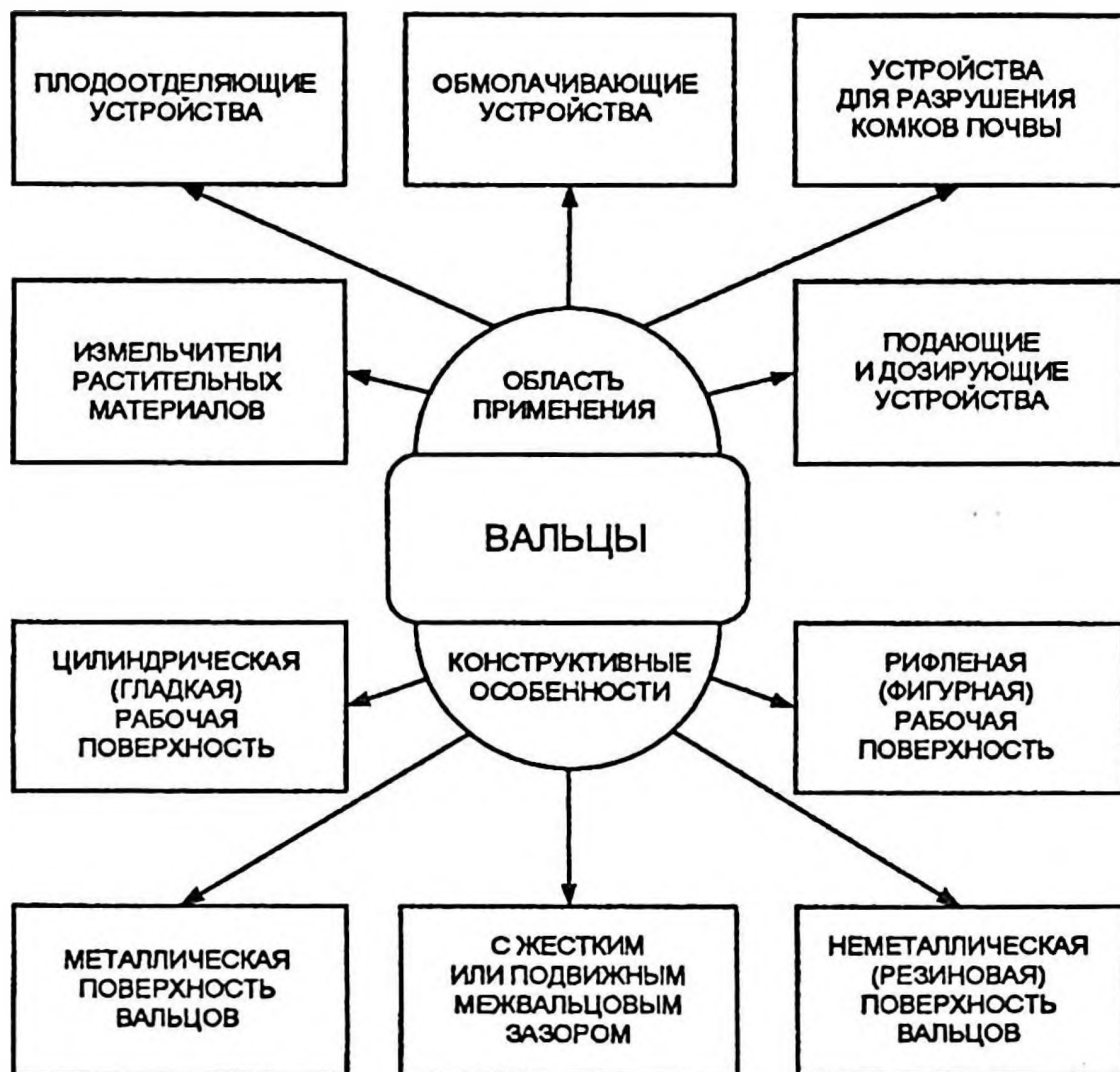


Рис. 3.63. Применение в с.-х. машинах и конструктивные особенности вальцов

Причем в последнем случае необходимо обеспечить выделение зерна из растений (для сои, например, это выделение из створок бобов), исключая его разрушение или механическое повреждение. В связи с этим проведем обоснование некоторых конструктивных параметров такого молотильного устройства, называемого далее вальцовым деформатором и предназначенного прежде всего для улучшения качественных показателей работы комбайна на уборке сои.

Обеспечить устойчивость процесса работы вальцового деформатора при подаче растительной массы в МСУ комбайна возможно, если вальцы хороню ее захватывают (рис. 3.64).

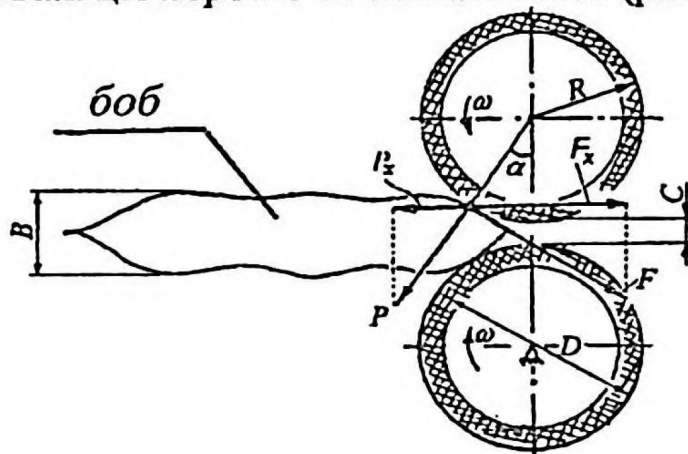


Рис.3.64. Схема к обоснованию диаметра вальцов

Так как наиболее крупной частью растения сои является боб, то рассмотрим условие его захвата. Исходя из рисунка условие захвата боба между вальцами выполнимо, если предельное значение составляющей F_x силы F трения будет больше составляющей P_x выталкивающей силы P :

$$F_x \geq P_x, \quad (1)$$

или

$$\begin{aligned} F_x &= F \cdot \cos \alpha = f \cdot P \cdot \cos \alpha \\ P_x &= P \cdot \sin \alpha, \end{aligned} \quad (2)$$

где $f = \operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент трения поверхности вальца по поверхности боба;

α – теоретический угол, определяющий точку контакта вальца с бобом.

После несложных преобразований получим $\operatorname{tg} \varphi \geq \operatorname{tg} \alpha$.
 $\varphi \geq \alpha$

или можно записать $\cos \alpha \geq \cos \varphi$. Из рисунка 3.64 и известных тригонометрических зависимостей имеет

$$\cos \alpha = \frac{R - \left(\frac{B-C}{2}\right)}{R}, \quad \cos \varphi = \frac{l}{\sqrt{l + \operatorname{tg}^2 \varphi}},$$

где B – ширина боба;
 C – зазор между вальцами;
 R – радиус вальцов;
 φ – угол трения боба по резине.

Отсюда запишем

$$\cos \alpha = \frac{R - \left(\frac{B-C}{2}\right)}{R} \geq \frac{l}{\sqrt{l + \operatorname{tg}^2 \varphi}}$$

или $R \geq \frac{B-C}{\left(1 - \frac{l}{\sqrt{l + f^2}}\right)}$ $D \geq \frac{B-C}{\left(1 - \frac{l}{\sqrt{l + f^2}}\right)}$ (3)

Исходя из того, что $B \leq 0,014$ м, $C = 0$, $f = 0,5$, диаметр вальцов должен быть не менее 120 мм.

В случае установки вальцового деформатора между транспортером наклонной камеры и молотилкой (рис.3.65) вымолоченное зерно должно максимально сепарироваться под приемным битером и не попадать под его удар, а также удар вращающихся частей молотильного барабана. Это произойдет в том случае, если будет выполняться условие

$$L < S, \quad (4)$$

где L – дальность полета зерна при выходе из валцов;
 S – расстояние между валцами и битером

Нетрудно сказать, что теоретическая дальность полета зерна (без учета сопротивления воздуха и воздействия растений) может быть определена из выражения:

$$L_T = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot R \cdot \cos \alpha_B \sqrt{\frac{2R}{g}}, \quad (5)$$

где n – частота вращения валцов, мин^{-1} ;
 R – радиус валцов, м;
 α_B – угол бросания зерна, град.;
 g – ускорение свободного падения тела, м/с.

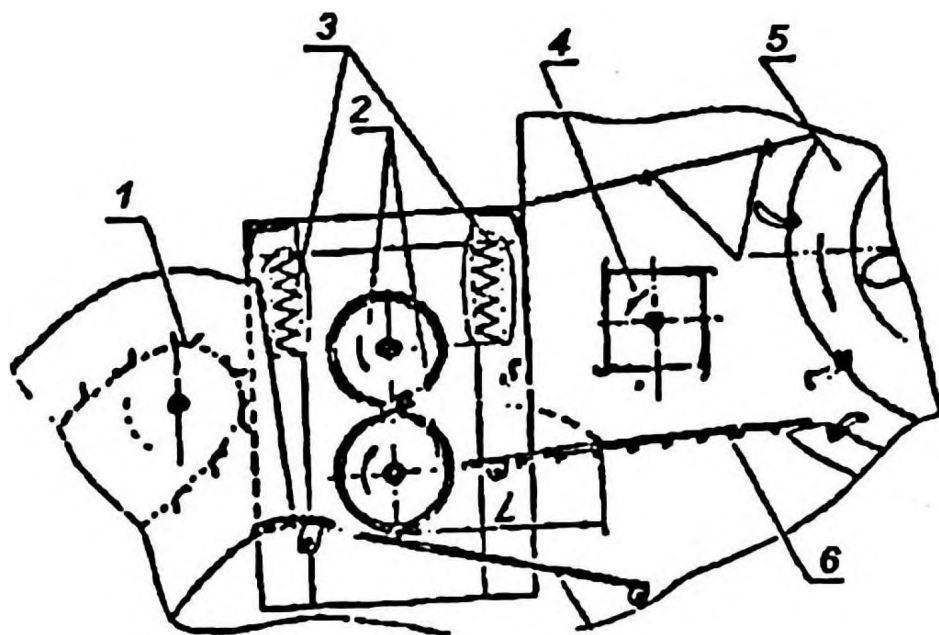


Рис.3.65. Схема расположения вальцового деформатора и определение зоны сепарации зерна: 1 – наклонный транспортер; 2 – валцы; 3 – пружины; 4 – приемный битер; 5 – молотильный барабан; 6 – сепарационная решетка; 7 – скатная доска

Действительная дальность бросания зерна неизбежно будет отличаться от теоретической на величину, определяемую некоторым коэффициентом k .

$$L_g = L_T \cdot k, \quad (6)$$

где $k = 1, 2 \dots 1, 3$ – экспериментальный коэффициент, учитывающий влияние конструктивных параметров и режимов работы валцов, в том числе их резинового покрытия, а также физико-механических свойств сои.

Экспериментальные исследования показали, что дальность бросания свободных зерен сои изменяется незначительно с увеличением прижатия валцов от 171 до 421Н. В то же время дальность бросания зерна, вымолоченного валцами из бобов, уменьшается, но превосходит указанную выше для всех значений частоты вращения валцов (350...500 мин⁻¹) и удельной нагрузке прижатия от 4,3 Н/м до 10,5 Н/м.

Условие (4) с учетом экспериментальных данных можно записать так

$$L_{max} \leq S \quad (7)$$

или

$$(0,00068 \cdot n_{max} + 0,005) \leq S \quad (8)$$

Откуда имеем

$$n_{max} \leq \frac{S - 0,005}{0,00068}. \quad (9)$$

Учитывая скорость транспортера наклонной камеры $v_{тр}$ и необходимость исключить сгруживание (задержку) растений перед валцами, их минимальная частота вращения составит:

$$n_{min} \geq \frac{30 \cdot v_{тр}}{\pi \cdot R} \quad (10)$$

Совмещая (9) и (10), получили условие выбора частоты вращения валцов:

$$\frac{S - 0,005}{0,00068} \geq n \geq \frac{30 \cdot v_{тр}}{\pi \cdot R} \quad (11)$$

Приняв $v_{тр} = 3$ м/с; $R = 0,06$ м; $S = 0,5$, получим $n = 500 \dots 728$ мин⁻¹.

Одно из направлений интенсификации процесса деформирования растительной массы состоит в применении в вальцах клиновидных элементов (рис.3.66). Внедряя в растительную массу клиновидный элемент, силы нормального давления на рабочих гранях $N_1 = N_2$ зависят от нескольких факторов:

$$N_1 = N_2 = \frac{P_B}{2 \left(\sin \frac{\alpha}{2} + f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right)} = \frac{G_B + G_{пр.}}{2 \left(\sin \frac{\alpha}{2} + f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right)}, \quad (12)$$

где P_B – суммарная сила прижатия вальцов;
 G_B – вес верхнего вальца;
 $G_{пр.}$ – усилие сжатия пружин;
 α – угол клина;
 f – коэффициент трения материала клиновидной поверхности L (рис.3.66) о растительную массу.

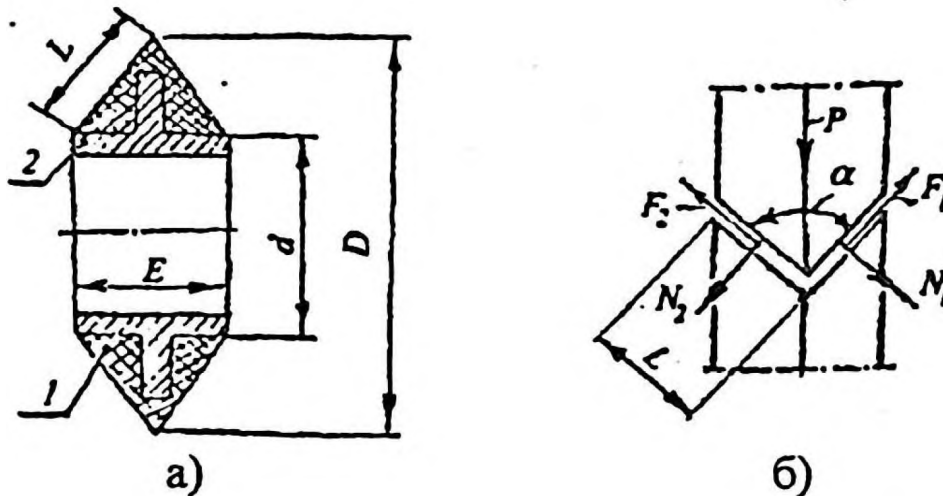


Рис.3.66. Клиновидный элемент а и схема действия сил б на его рабочей грани L : 1 – резина; 2 – металлическая втулка

Из выражения (12) видно, что с увеличением угла α силы нормального давления на рабочих гранях клиновидных элементов уменьшатся при условии, что G_B , $G_{пр.}$, f постоянны.

Исходя из обозначений конструктивных параметров клиновидного элемента (рис.3.66, а) выражение (12) можем записать в следующем виде:

$$N_1 = N_2 = \frac{G_B + G_{np.}}{2 \left[\frac{E}{2L} + \left(\frac{D-d}{2L} \right) \right]} \quad (13)$$

Так как предельные значения сил нормального давления должны удовлетворять условию

$$P_3 > N_{1,2} > P_B, \quad (14)$$

где P_B, P_3 – предельная сила разрушения соответственно боба и зерна сои при сжатии,

то предельная сила прижатия вальцов составит:

$$G_B + G_{np.} = P_B \leq 2P_3 \left[\frac{E}{2L} + f \cdot \left(\frac{D-d}{2L} \right) \right] \quad (15)$$

3.1.11.2 Результаты обмолота сои МСУ с вальцовым деформатором

Лабораторные исследования проводились на установке (рис.3.67). Привод к нижнему вальцу осуществлялся при помощи цепной передачи от ведущего вала транспортера наклонной камеры. Верхний валец прижат к нижнему при помощи четырех пружин (по две с каждой стороны), позволяющих регулировать интенсивность воздействия на растительную массу. Предварительные опыты показали, что минимальный недомолот (0,1%) достигается при частоте вращения второго молотильного барабана 500 мин^{-1} , и зазорах на входе 18 мм на выходе 9 мм. Молотильные зазоры в первом молотильном аппарате составили на входе 21 мм и 10 мм на выходе при частоте вращения барабана 300....500 оборотов в минуту. Частоту вращения вальцов и приемного битера выбирали равной $650..680 \text{ мин}^{-1}$, исходя из необходимости обеспечить устойчивость технологического процесса. Оценка влияния факторов на показатели дробления и сепарации сои МСУ с вальцовым деформатором осуществлялась на основе метода планирования эксперимента типа 23 (табл. 3.9).

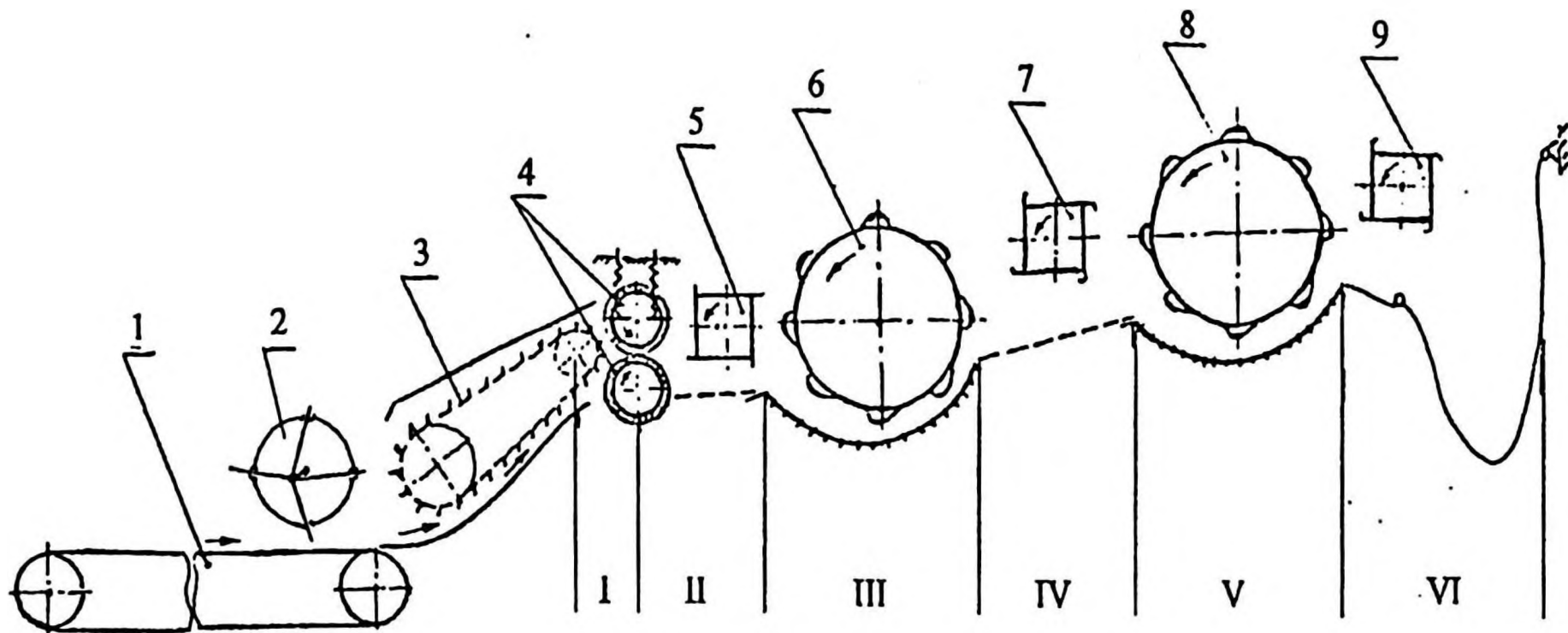


Рис. 3.67. Схема МСУ с вальцовым деформатором:

1 – питающий транспортер; 2 – пальчиковый механизм; 3 – транспортер наклонной камеры; 4 – вальцы; 6, 8 – молотильные барабаны; 5, 7, 9 – битеры; I, II, III, IV, V – зоны сепарации; VI – сборник

Таблица 3.9

Уровни и интервалы варьирования факторов при исследовании МСУ с вальцовым деформатором

Обозначение	Наименование	Интервалы варьирования	Уровни варьирования		
			основной	верхний	нижний
			(0)	(+1)	(-1)
X_1	Частота вращения первого барабана	100	400	500	300
X_2	Сила прижимания вальцов, Н	200	240	440	40
X_3	Подача растительной массы	1	2	3	1

Реализовав с трехкратной повторностью опыты на основном уровне исследуемых факторов, выяснили, что величина дробления сои МСУ с вальцовым деформатором составила 2,6% при отсутствии недомолота в сборнике VI (рис.3.67).

В таблице 3.9 представлена матрица плана экспериментов типа 2 и их реализация. В результате обработки опытных данных получено следующее уравнение регрессии, характеризующее влияние исследуемых факторов на дробление зерна сои:

$$D = 3,1 + 1,4X_1 - 0,4X_2 - 0,5X_3 - 0,26X_1X_2 - 0,16X_1X_3 - 0,06X_2X_3 \quad (1)$$

Анализируя уравнение (1), можно сделать вывод о том, что с увеличением частоты вращения первого молотильного барабана (фактор X_1) дробление зерна сои возрастает, в то же время увеличение силы прижатия вальцов (фактор X_2) и подачи растительной массы (X_3) ведет к уменьшению дроблению зерна.

Таблица 3.10

Матрица планирования опытов и результат их реализации по общему дроблению зерна сои и сепарации в зонах I и II МСУ с вальцовым деформатором

№ варианта	Планирование				Расчеты				Выход дробленого зерна сои, %	Сепарация зерна сои в зонах I и II, %
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	+	-	-	-	+	+	+	+	2,2	35,9
2	+	+	-	-	-	-	+	+	5,8	32,0
3	+	-	+	-	-	+	-	-	1,9	39,7
4	+	+	+	-	+	-	-	-	4,7	31,8
5	+	+	+	+	+	-	-	+	1,5	26,5
6	+	+	-	+	-	+	-	-	4,7	35,2
7	+	-	+	+	-	-	+	-	1,2	38,0
8	+	+	+	+	+	+	+	+	3,1	47,5

Кроме того установлено, что до прихода растительной массы к вальцам (зона I) сепарируется от 6,9 до 16,3% зерна, а на участке между вальцами и первым молотильным аппаратом (зона II) сепарируется от 19,3 до 31,2% при установке рабочих органов, предусмотренных планом проведения экспериментов.

Суммарная сепарация зерна в зонах I и II составила 26,5... 17,5%, а сепарация дробленного зерна сои изменялась от 0,16 до 0,8%. Причем меньшее количество дробленной сои в зоне II наблюдалось при уменьшении частоты вращения первого молотильного аппарата до 300 мин⁻¹ и подаче 3 кг/с. Опыты показали, что наиболее крупные зерна сои выделяются в I и II зонах МСУ. Так масса тысячи зерен сои составила в зоне I – 153 г, в зоне II – 147 г, а в зоне V (под вторым молотильным аппаратом) лишь 142 г (рис.3.68).

На рисунке 3.69 показан характер распределения общей сепарации и сепарации дробленной сои по зонам МСУ (при частоте вращения первого барабана 300 мин⁻¹, подаче 3 кг/с, прижатии вальцов 440Н, частоте вращения второго барабана – 500 мин⁻¹). Из него видно, что при наличии вальцового дефор-

матора наибольшее количество сои сепарируется во второй и третьей зонах. Общее дробление сои составило около 1,2%

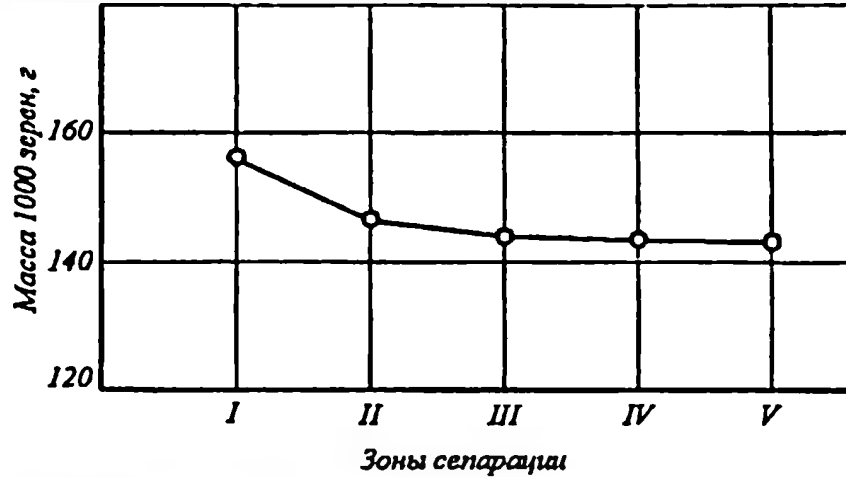


Рис. 3.68. Масса тысячи зерен сои, сепарируемых по зонам МСУ

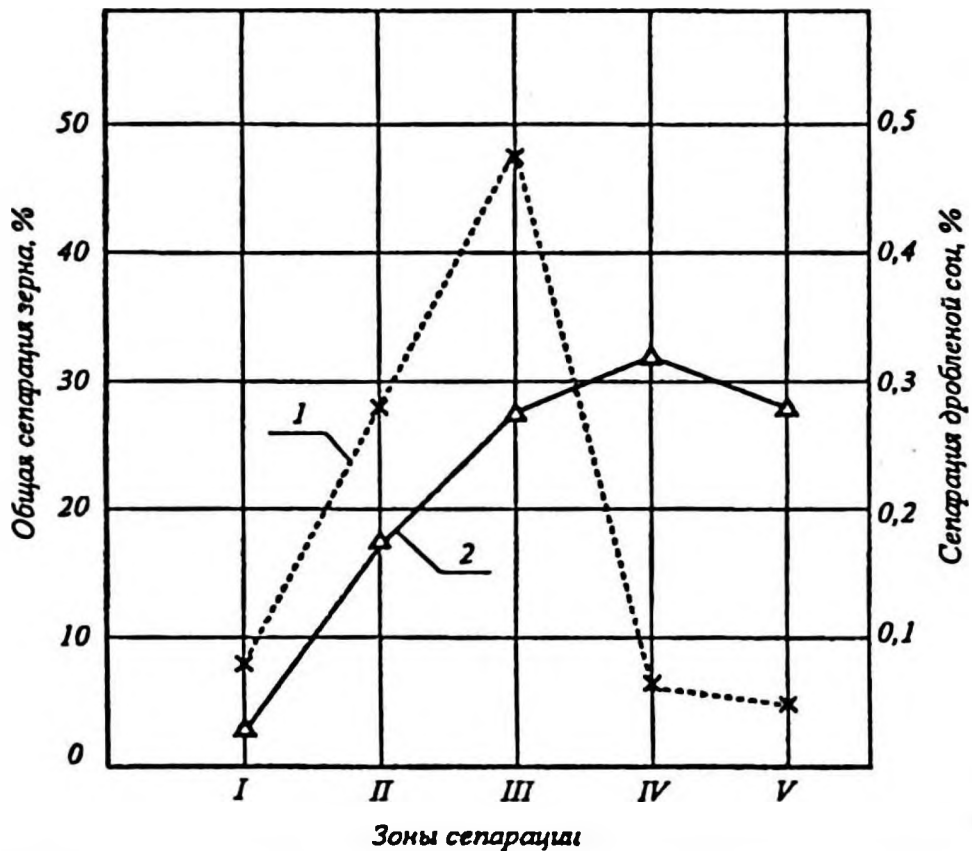


Рис. 3.69. Сепарация зерна сои по зонам молотильно-сепарирующего устройства с вальцовым деформатром:
1 – общая сепарация зерна сои; 2 – сепарация дробленой сои..

Таблица 3.11

Дробление зерна сои (%) эталонным комбайном и комбайном с вальцовым деформатором (экспериментальный)
в зависимости от времени дня и даты уборки сои

Тип ком- байна	Время взятия проб, час.	Дробление зерна сои по датам уборки, %											Среднее значение дробления зерна сои по време- ни и дням, %
		сентябрь			октябрь								
		28.09	29.09	30.09	1.10	2.10	3.10	4.10	8.10	9.10	10.10	11.10	
Эталон.	10 – 12	–	14,0	–	6,1	7,1	5,3	5,5	4,9	–	–	–	7,1
Экспер.		–	3,5	–	3,4	3,6	3,1	3,3	4,1	–	–	–	3,5
Эталон.	12 – 14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Экспер.		4,3	4,7	–	–	–	3,5	3,1	–	–	–	–	3,9
Эталон.	14 – 16	8,7	–	–	–	–	12,0	–	14,6	6,9	–	8,2	10,1
Экспер.		5,4	–	–	–	–	6,0	6,6	4,7	4,0	–	5,3	5,3
Эталон.	16 – 18	–	–	9,0	–	9,3	7,4	12,0	7,1	11,8	11,9	–	9,9
Экспер.		–	–	6,3	–	6,8	6,0	6,4	6,5	7,8	5,0	–	6,4
Эталон.	18 – 20	–	–	–	–	7,3	13,7	7,2	–	–	–	9,4	9,4
Экспер.		–	–	–	4,0	5,6	4,7	5,3	–	–	2,0	6,6	4,4
Эталон.	Среднее значение дробления зерна по дням	8,7	14,0	9,0	6,1	7,9	9,6	8,5	8,9	9,3	11,9	8,8	9,2 – 9,3
Экспер.	уборки, %	5,1	3,9	6,3	3,7	5,3	4,7	4,9	5,1	5,9	3,5	6,0	4,8 – 4,9

Вальцовый деформатор с цилиндрическими вальцами был установлен на зерноуборочный комбайн и проведены его сравнительные испытания с эталонным комбайном, отрегулированным на оптимальный режим работы на сое сорта ВНИИС-2.

Результаты обработки проб, взятых от комбайнов, представлены в таблице 3.11. Отсутствие данных по некоторым датам и времени дня объясняется поломками комбайнов, погодными условиями, простоями из-за отсутствия транспорта.

3.1.11.3 Общее устройство, процесс работы и энергетические показатели вальцового деформатора

Вальцовый деформатор предназначен для снижения дробления и механического повреждения зерна сои при уборке зерноуборочными комбайнами с шириной молотилки 1200 мм. Отличительная особенность вальцового деформатора ВДС-1200 состоит в том, что вымолот зерна в основном происходит не в результате удара барабана и зацепления растений в жестком молотильном зазоре, а их сжатии покрытыми резиной вальцами цилиндрической формы (рис.3.70, вид А) или с коническими элементами (рис.3.70, вид Б).

Один из вариантов деформатора может устанавливаться между молотилкой 1 и наклонной камерой 2 (рис. 3.72). Он состоит из сваренной из уголковой стали рамки 3 и крепится к молотилке при помощи фланцев 15 и болтов 5. Крепление наклонной камеры 2 к раме вальцового деформатора осуществляется при помощи кронштейнов 6, аналогичных кронштейнам 16 молотилки. Так как наклонная камера смещена относительно молотилки на 545 мм, то на гидроцилиндры 8 необходимо устанавливать удлинители 7. Привод к нижнему вальцу, имеющему на конце вала звездочку 10, происходит цепью от звездочки 11 ведущего вала транспортера наклонной камеры через натяжную звездочку 12. Этой же цепью осуществляется (при помощи звездочек 4 и 13) привод битеров. Под битерами располагается сепарационная решетка 17 (рис.3.72, вид А – А) и скатная доска 9. Верхний валец прижат к нижнему при помощи четырех пружин (по две с каждой).

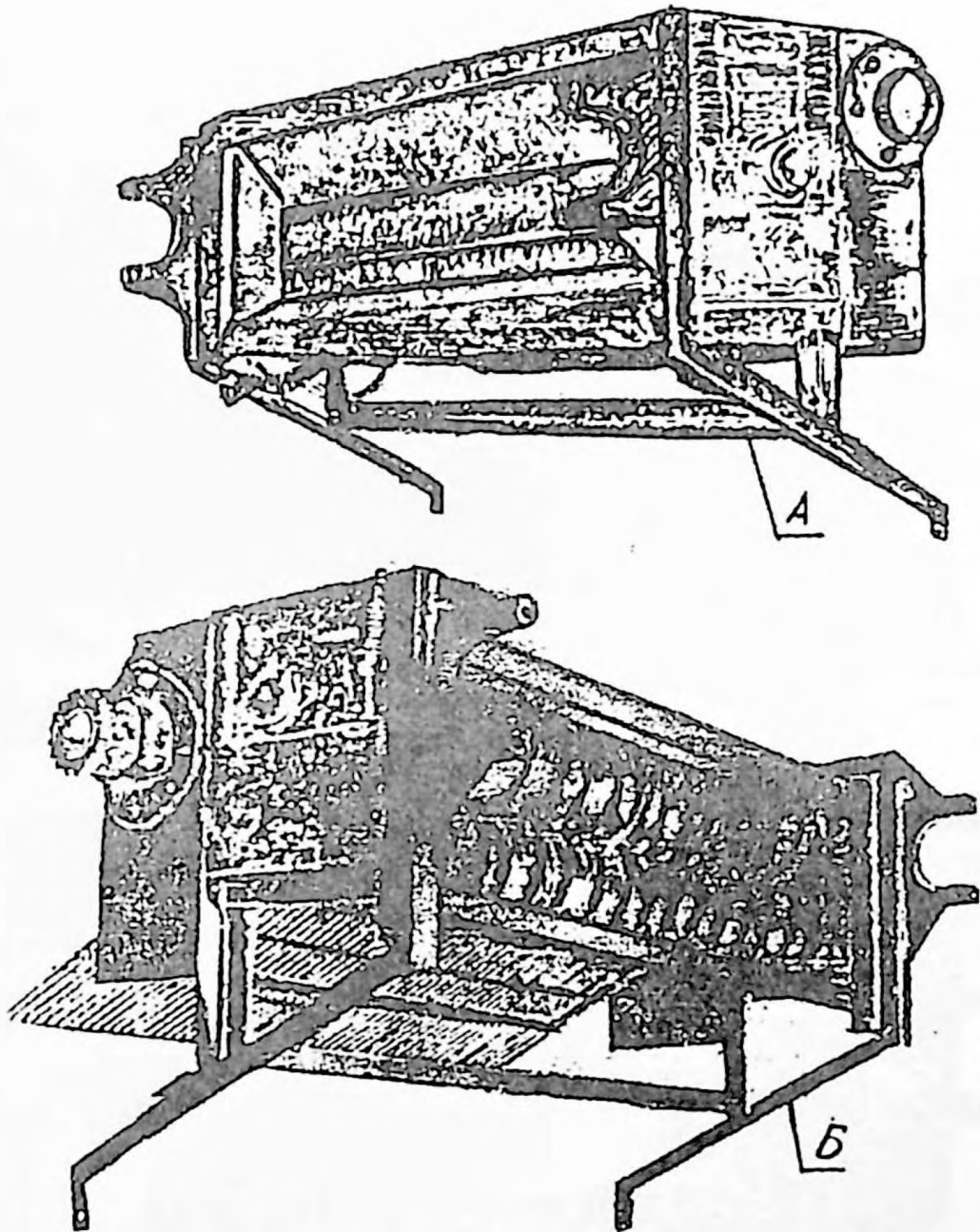


Рис. 3.70. Вальцовые деформаторы:
А – с цилиндрическими вальцами;
Б – с коническими вальцами;

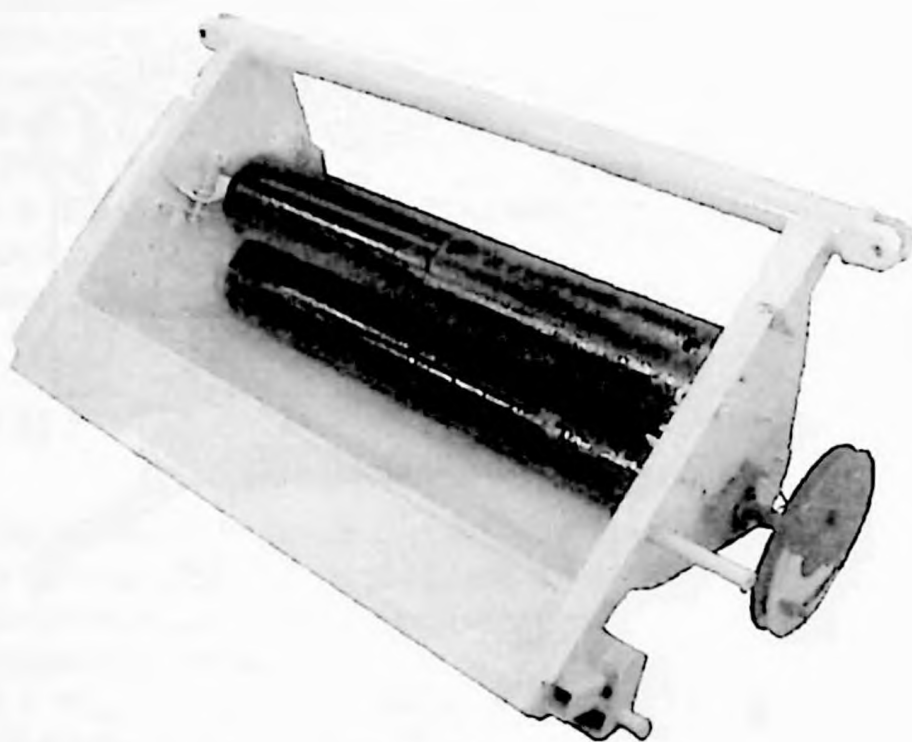
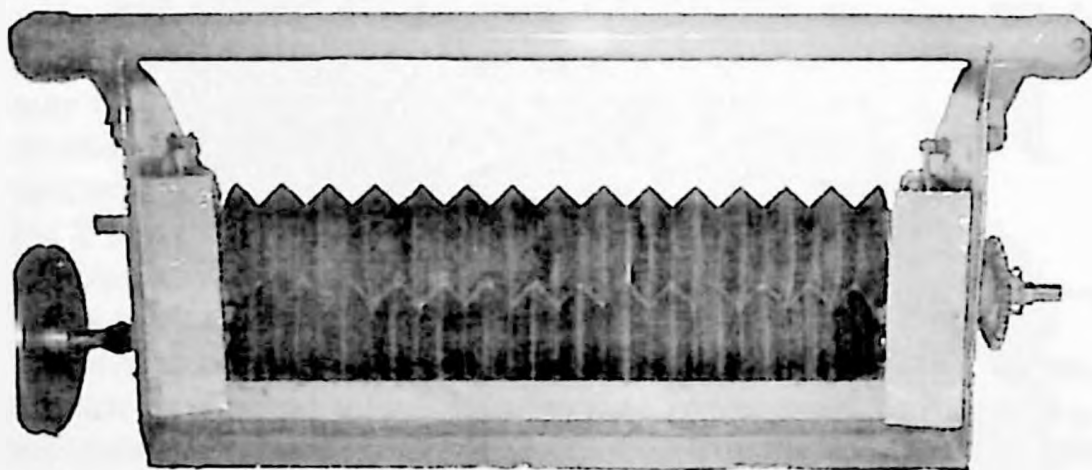
**A****B**

Рис. 3.71. Вальцовые деформаторы ВДС-120 в проставке:
А – цилиндрический; Б – конический

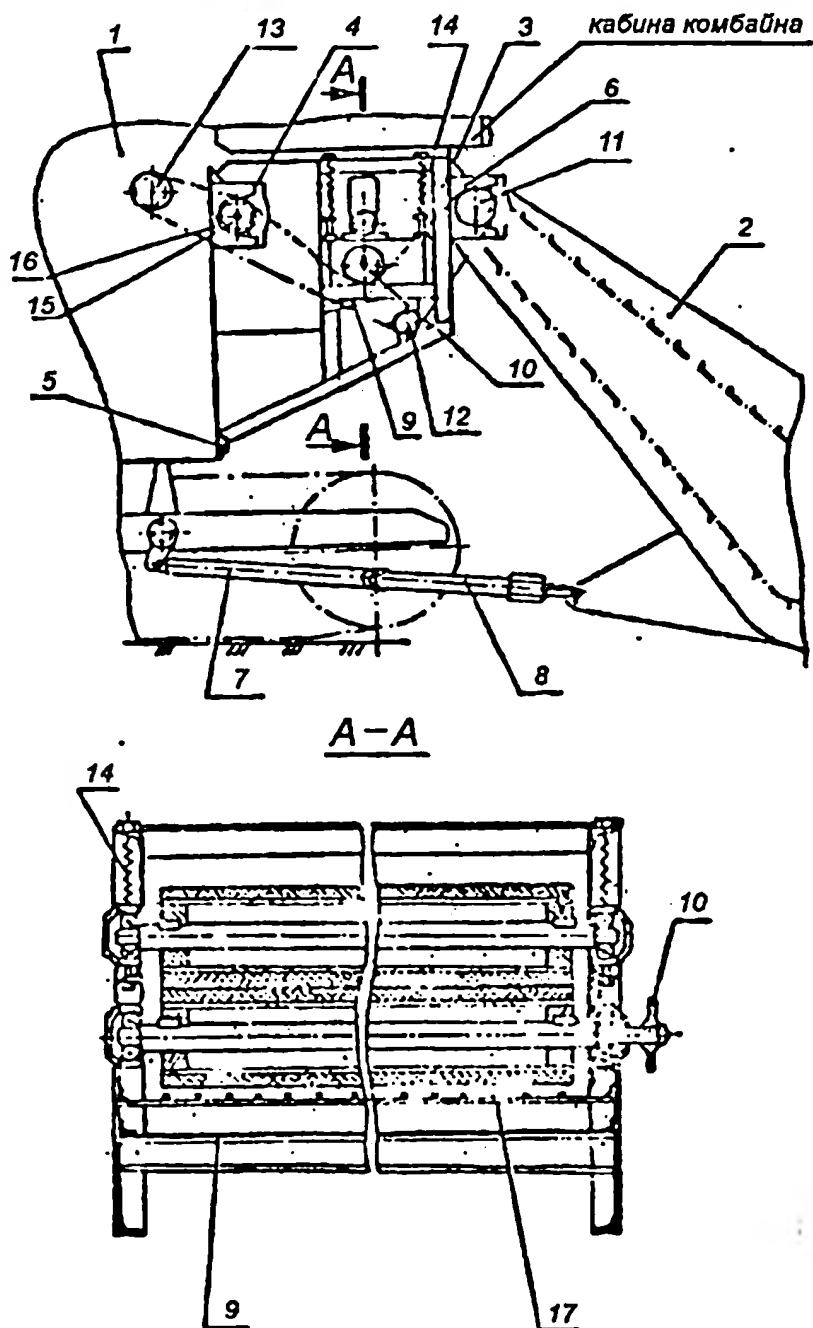


Рис. 3.72. Общее устройство вальцового деформатора:
 1 – молотилка; 2 – наклонная камера; 3 – рамка; 4, 10, 11, 12, 13 – звездочки; 5 – болт; 6 – кронштейн; 7 – удлинитель цилиндра; 8 – гидроцилиндр; 9 – скатная доска; 14 – пружина; 15 – фланец; 16 – кронштейн; 17 – сепарационная решетка

Техническая характеристика вальцового деформатора ВДС-1200

1. Тип – Сменный рабочий орган в виде приставки к зерноуборочным комбайнам с шириной молотилки 1200 мм
2. Назначение – снижение дробления зерна сои при обмолоте.
3. Принцип действия – обмолот сои сжатием.
4. Частота вращения вальцов, мин⁻¹.....490...510
5. Диаметр вальцов, мм.....120
6. Толщина резинового покрытия вальцов, мм.....15
7. Производительность (при вымолоте 60...70%), кг/с.....6...8
8. Коэффициент живого сечения сепарационной решетки...0,53
9. Тип привода.....цепной
10. Удельная сила сжатия растительной массы, Н/мм....0,3...1,1
11. Габаритные размеры, мм

Ширина.....	1400
Высота.....	790
Длина.....	895
12. Масса, кг.....121

Определение мощности, потребной на обмолот сои вальцовым деформатором с клиновидными элементами показал ее рост с увеличением подачи. Так, с увеличением подачи с 1,1 кг/с до 2,9 кг/с мощность на привод вальцов возрастает в 1,6 раза. Причем мощность на выполнение технологического процесса увеличивается более чем в 2,5 раза (рис. 3.73).

Применение вальцового деформатора в зерноуборочном комбайне ведет к некоторому росту мощности на привод жатки и молотилки (рис.3.74), но по мере увеличения подачи происходит сближение расхода мощности на обмолот сои комбайнами с вальцовым деформатором и без него.

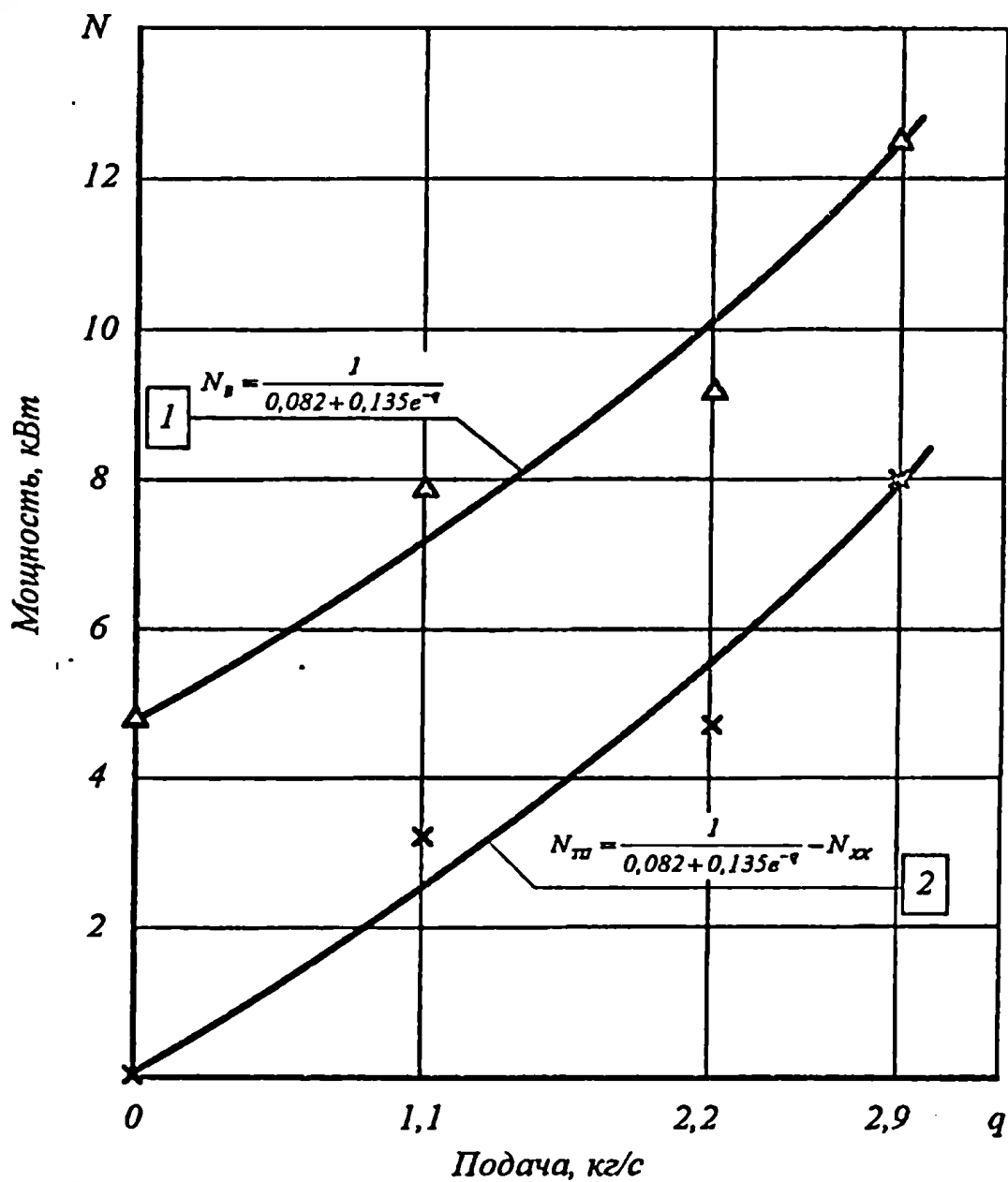


Рис. 3.73. Зависимость мощности на рабочий привод вальцов (1) и выполнение технологического процесса (2) (без учета мощности на холостой ход)

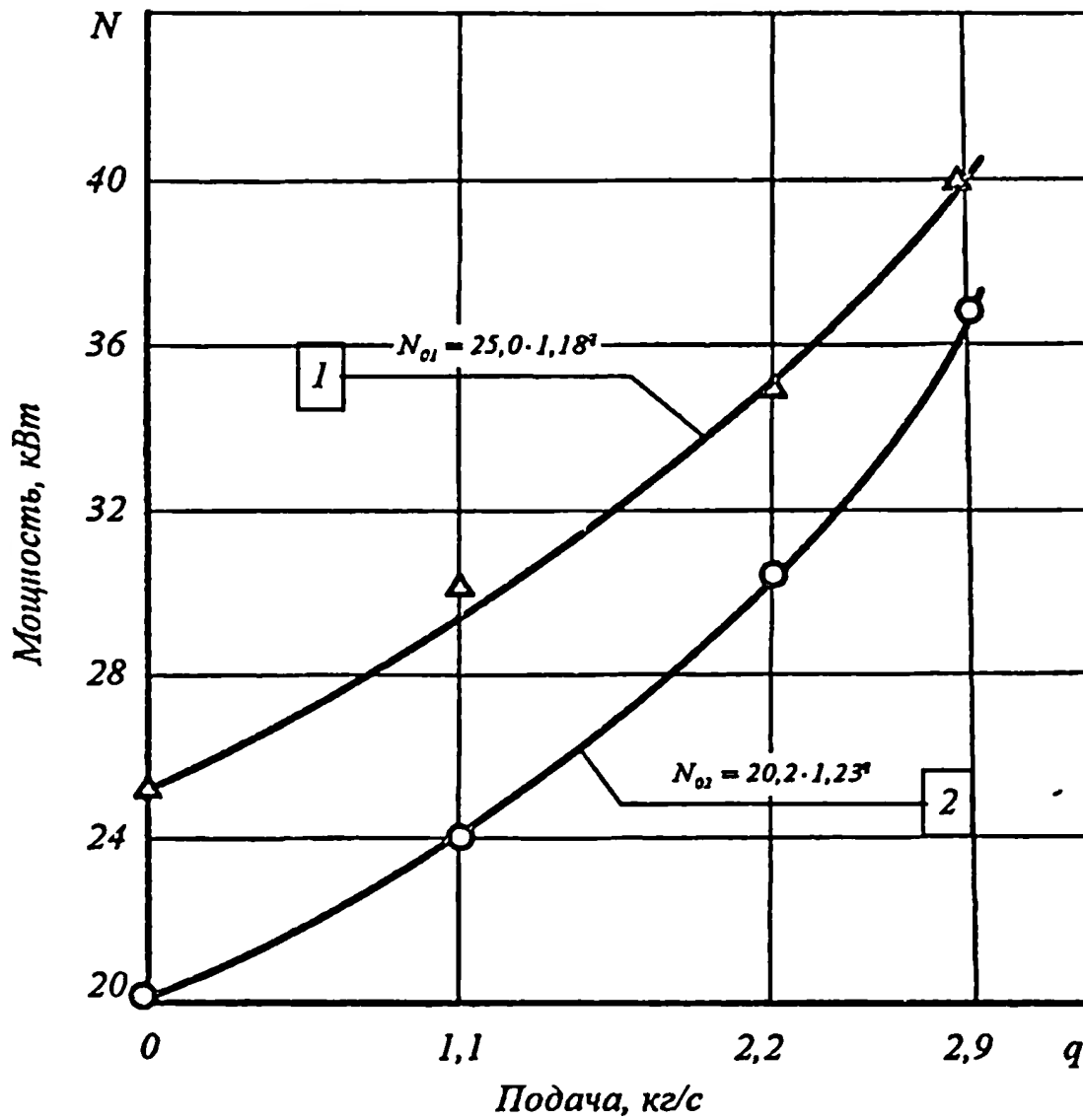


Рис. 3.74. Зависимость мощности на привод молотилки и жатки комбайна Енисей-1200Р с вальцовым деформатором (1) и без него (2) от подачи q .

3.1.11.4 Вальцовый деформатор в проставке наклонной камеры

Одно из направлений улучшения технологического процесса работы зерноуборочного комбайна состоит в поиске путей придания наклонной камере более совершенного рабочего органа, а также изменения способа ее соединения с жаткой. Это привело к известному созданию проставки, имеющей пальчиковый механизм в комбайнах семейства «Дон». Важное ее достоинство – удобство присоединения и отсоединения жатки с проставкой от наклонной камеры с молотилкой.

Вместе с тем важно придать проставке в наклонной камере не только эти преимущества, но и установить в ней рабочий орган, способный вести мягкий обмолот сои и улучшить процесс сепарации в первом барабане МСУ за счет расширения зоны растаскивания растительной массы, обеспечиваемой транспортером наклонной камеры. Причем в комплекте с комбайном необходимо иметь два варианта проставок: для зерновых культур и для сои.

На рисунках 3.75, 3.76, 3.77 показаны схемы проставок, а на рис. 3.78 – сравнительные показатели дробления сои, полученные в результате экспериментальных исследований. Режим работы молотильно-сепарирующего устройства характеризовался следующими показателями:

- частота вращения первого барабана составляла $n_1 = 440...450 \text{ мин}^{-1}$ при опущенном подбарабанье;
- частота вращения второго молотильного барабана – $n_2 = 540...560 \text{ мин}^{-1}$;
- при молотильном зазоре на входе 24...26 мм, а на выходе 10...12 мм.

Опыты проведены на сое сорта ВНИИС-2.

Из диаграмм 1, 2, 3 рисунка 3.78 видно, что комбайн СКД-6Р «Сибиряк» и комбайн Енисей-1200Р, оборудованный бите-ром в проставке, имеют более высокие показатели дробления сои, чем комбайн Енисей-1200Р в среднем в 1,2...1,4 раза. В первом случае это можно объяснить тем, что в комбайне «Сибиряк» нет домолачивающего устройства, а часть зерна, поступающего от колосового шнека попадает ко второму молотильному барабану и дробится.

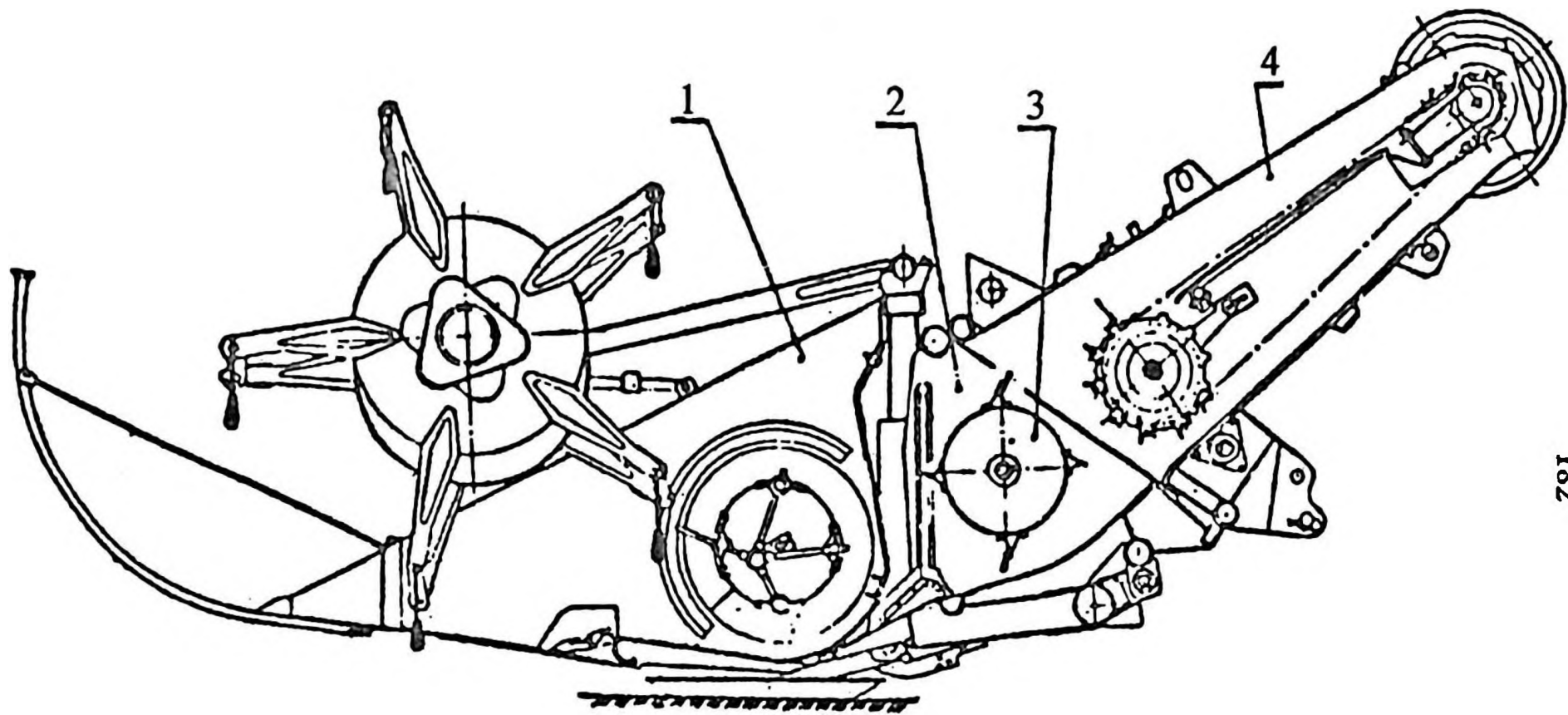


Рис. 3.75. Схема жатвенной части с наклонной камерой и битерной проставкой:
1 – жатка; 2 – проставка; 3 – битер; 4 – наклонная камера

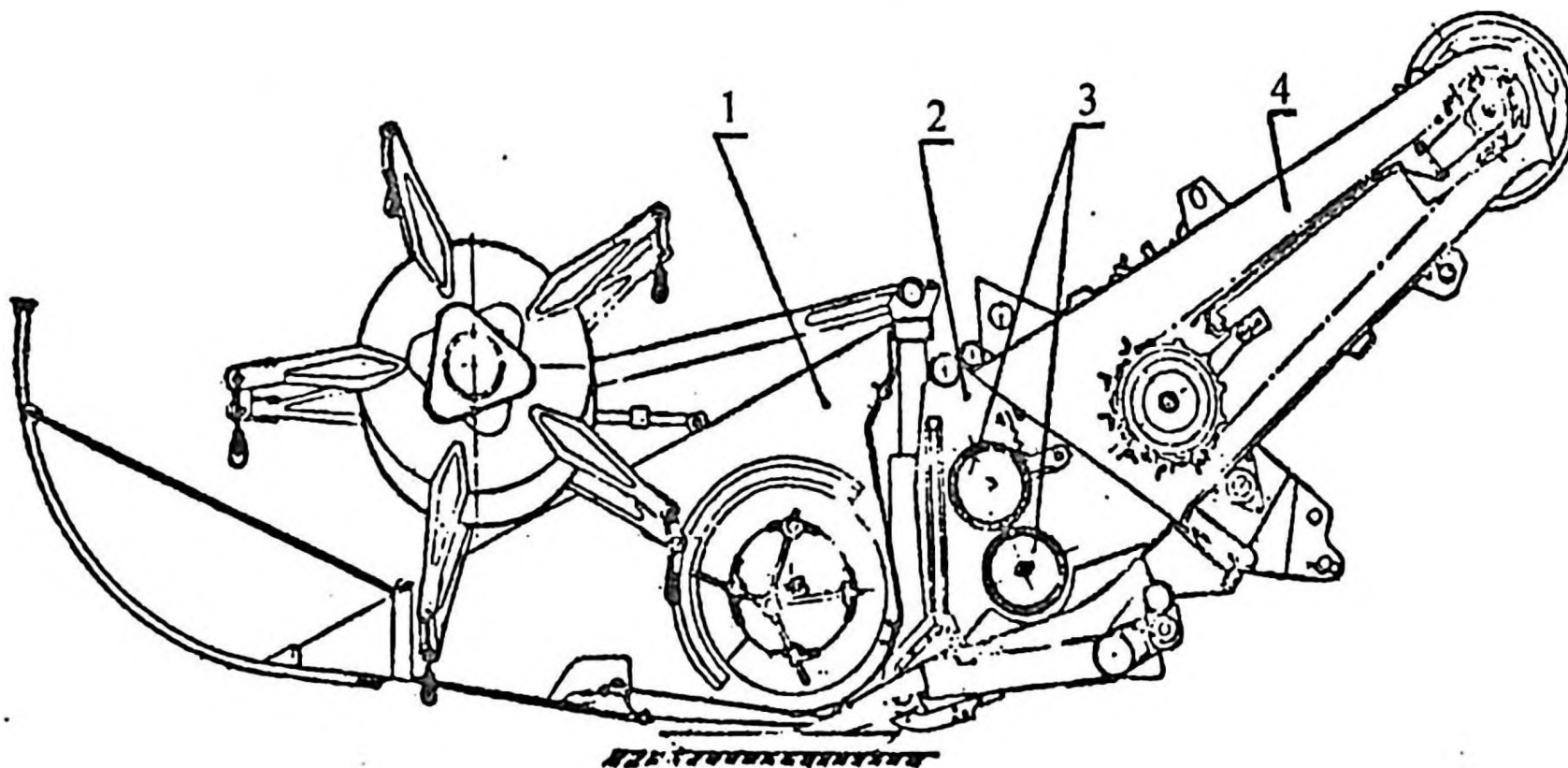


Рис. 3.76. Схема жатвенной части с наклонной камерой и вальцовым деформатором в проставке:
1 – жатка; 2 – проставка; 3 – вальцы; 4 – наклонная камера

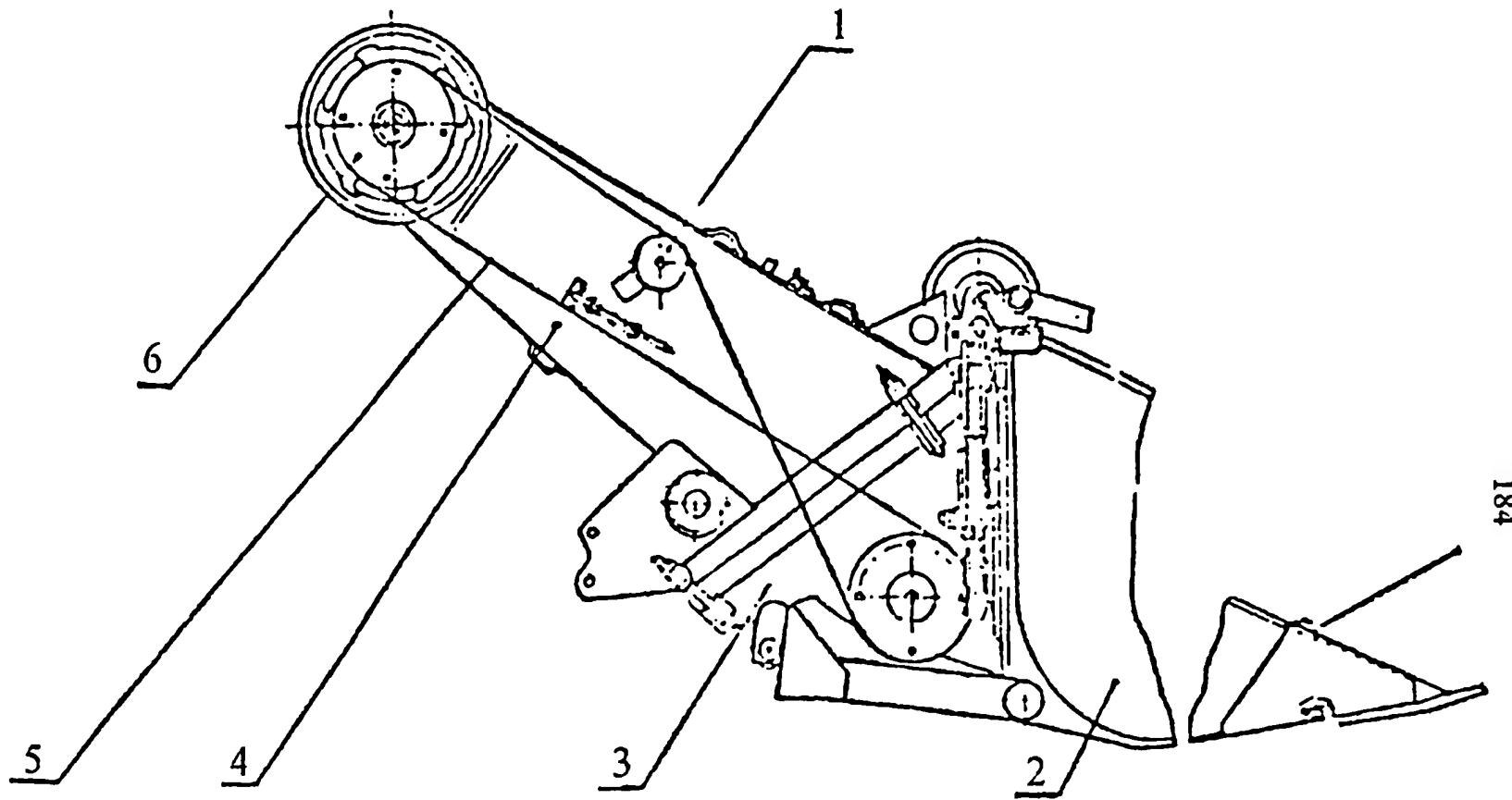


Рис. 3.77. Схема привода к вальцовому деформатору в проставке:
1 – натяжной шкив; 2 – жатка; 3 – проставка; 4 – наклонная камера; 5 – ремень; 6 – шкив

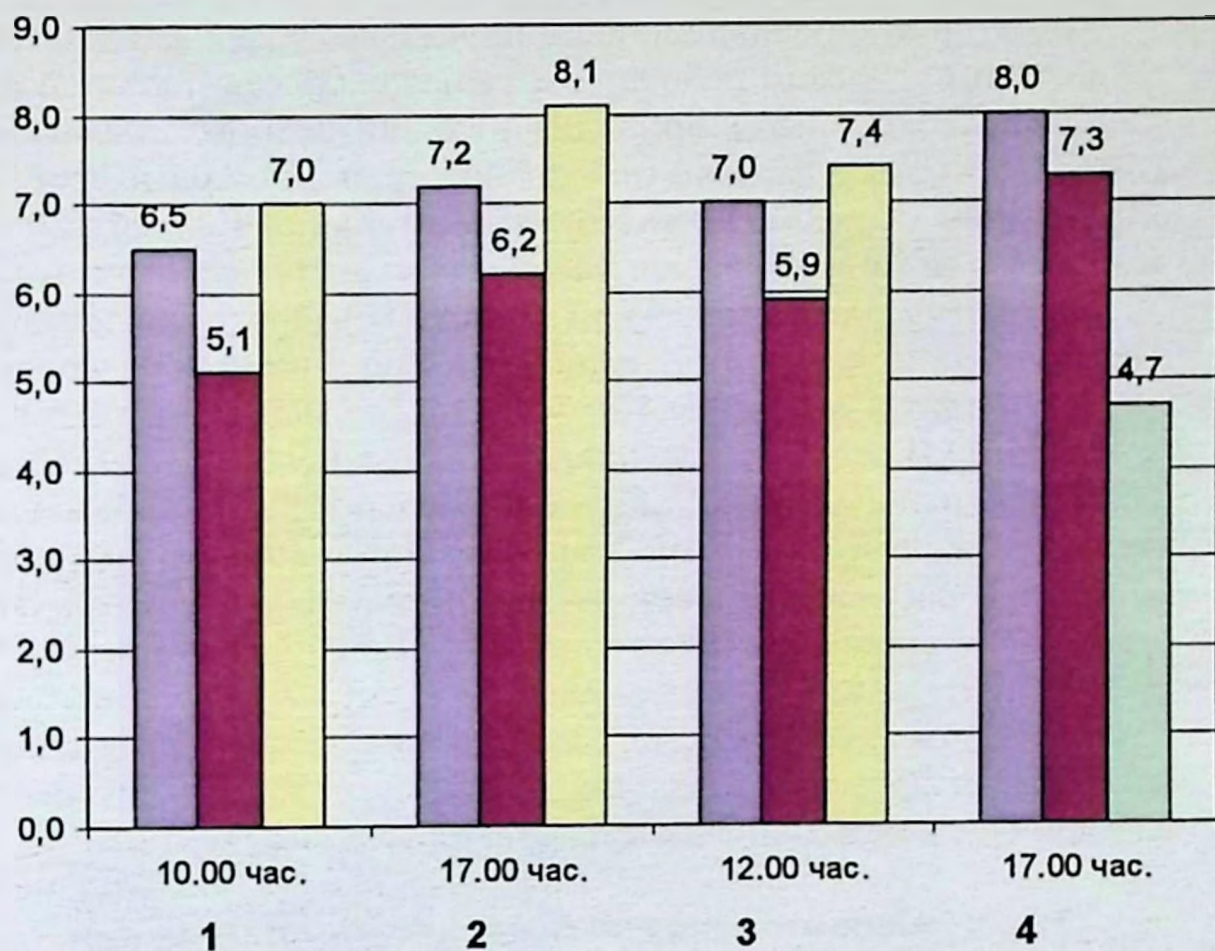


Рис. 3.78. Показатели дробления сои (%) зерноуборочными комбайнами:

- комбайн СКД-6Р "Сибиряк"
- комбайн Енисей-1200Р
- комбайн Енисей-1200Р с битером в проставке
- комбайн Енисей-1200Р с вальцовым деформатором в проставке

Во втором случае наличие в проставке битера с достаточно жестким режимом работы (окружная скорость лопастей составляет около 6 м/с) приводит к значительному вымолоту сои, встречному удару по ней планок транспортера и дроблению. Таким образом, преимущество комбайна Енисей-1200Р, имеющего домолачивающее устройство, значительно теряется за счет неудовлетворительной работы битера в проставке. Применение в проставке вальцов, имеющих резиновое покрытие, приводит к вымолоту 50...70% сои без механического повреждения. В этом случае плавающий транспортер растаскивает растительную массу уже в значительной мере обмолоченную, где шаровидные зерна сои опускаются в нижние ее слои и легко сепарируются первым молотильным аппаратом. Это приводит к снижению дробления сои в 1,5...1,6 раза (рис. 3.78, диаграмма 4). Из рисунка также видно, что в утренние часы (до 10...11 час. мест. времени), когда влажность сои превышает 13...14% ее дробление меньше, чем в послеобеденное время, связанное с подсыханием растительной массы до 9...12%.

3.1.12 Экономическая эффективность применения вальцового деформатора в зерноуборочном комбайне

Применение в комбайне вальцового деформатора существенно снижает дробление зерна сои и может дать неплохой экономический эффект, примерный расчет которого представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12

Расчет экономической эффективности применения на уборке сои
в комбайне вальцового деформатора

Показатели	Результаты расчета для типа комбайнов	
	Эталонный комбайн Енисей-1200Р	Енисей- 1200Р экспериментальный с вальцовым деформатором
1 Убрано, га	100	100
2 Намолочено, т	140	140
3 Урожайность, т/га	1,4	1,4
4 Дробление сои, %	7,3	4,7
5 Количество дробленной сои в валовом сборе, т	10,22	6,58
6 Безвозвратные потери части (6. ..8%) дробленной сои в виде распыла, т	0,71	0,46
7 Прямые потери от попадания части (до 3%) дробленной сои в семена, т	0,31	0,20
8 Цена 1 т сои базисной кондиции, р.	5000	5000
9 Потери от дробления сои, р.	5100	3300
10 Потери от продажи оставшейся дробленной сои, р.:		
а) эталонным комбайном $P_{\text{эт.}} = \frac{5000 \cdot (100 - 6) \cdot 0,1 \cdot 9,2}{100}$	4324,0	—
б) комбайном с вальцовым деформатором $P_{\text{эк.}} = \frac{5000 \cdot (100 - 6) \cdot 0,1 \cdot 5,92}{100}$	—	2782,4
11 Итого потерь, р.	9424,0	6092,4
12 Цена вальцового деформатора, р.	—	3000
13 Экономический эффект от применения вальцового деформатора за весь период эксплуатации комбайна (7 лет) составит, р.: $\mathcal{E} = (9424,0 - 6082,4) \cdot 7 - 3000$	—	20390

ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1 Семейство комбайнов «Енисей»

4.1.1 Общая характеристика зерноуборочных комбайнов семейства «Енисей»

Производственное объединение «Красноярский завод комбайнов» вошел в объединение «Агромашхолдинг». Создание холдинга позволило улучшить взаимодействие целого ряда заводов с.-х. машиностроения по производству зерноуборочных комбайнов марки «Енисей». Вместе с тем в Амурской области продолжают работать более 2000 комбайнов «Енисей-1200Р» со сроком эксплуатации более 10 лет. Новые комбайны этого завода составляют лишь около 3% из общего парка 2550 штук. (табл. 4.1).

На рисунке 4.1 представлены комбайны «Енисей-1200НМ», «Енисей-950 (954)», «Енисей-1200РМ», «Енисей-1200М». Особенностью устройства комбайна «Енисей-1200РМ» является наличие гусеничного ходового аппарата, обеспечивающего высокую проходимость машины в условиях переувлажнения почвы.

Комбайн «Енисей-1200НМ» предназначен для работы на сухих полях с низкой и средней урожайностью. Он способен, имея однобарабанное МСУ, намолотить 8 – 9 т зерна за один час основного времени работы.

Основные технические характеристики комбайнов «Енисей» представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.1

СОСТАВ ПАРКА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В РАЙОНАХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ
(по состоянию на 01.01.2005 г.)

Наименование районов	Марка и количество комбайнов													ВСЕГО
	Гусеничные				Колесные									
	Енисей-1200Р	СКД-6Р	Енисей-1200РМ	СКД-5Р	Джон-Дир	Енисей-1200	СКД-6	Енисей-1200ИМ	Енисей-1200Н	СК-5 «Янва»	ИИ-100 «Простор»	Dominator	КЗР-10 «Полесье-Ротор»	
1. Архаринский	86	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	89
2. Белогорский	166	-	-	-	2	10	-	-	-	-	-	-	-	178
3. Благовещенский	93	5	20	-	1	29	-	-	-	-	1	1	-	150
4. Бурейский	92	5	4	1	-	-	6	-	2	5	-	-	-	115
5. Завитинский	56	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	58
6. Зейский	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	7
7. Ивановский	272	9	-	-	2	24	9	3	-	21	-	-	-	340
8. Константиновский	213	-	-	-	1	54	-	-	-	-	-	-	-	268
9. Мазановский	35	5	-	-	-	15	6	-	-	-	-	-	-	61
10. Михайловский	265	14	-	-	-	9	2	-	-	2	-	-	-	292
11. Октябрьский	108	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115
12. Ромненский	114	14	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	130
13. Свободненский	49	-	-	-	-	56	11	-	-	-	2	-	-	118
14. Серьшевский	138	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	150
15. Тамбовский	352	4	11	-	1	17	3	7	8	37	-	-	1	441
16. Тындинский	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
17. Шимановский	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43
ИТОГО	2083	66	35	1	7	235	41	10	10	65	3	1	1	2558



a)



б)



в)



г)

Рис. 4.1. Семейство комбайнов «Енисей»:

- а) Енисей-1200НМ;
- б) Енисей-950 (954);
- в) Енисей-1200 РМ;
- г) Енисей-1200 М.

Основные технико-экономические характеристики продукции ПО «Красноярский завод комбайнов»

Модель	Енисей-1200-М	Енисей-1200-НМ	Енисей-950	Енисей-954	Енисей-1200 РМ
Тип комбайна	Самоходный колесный двухбарабанный	Самоходный колесный двухбарабанный	Самоходный колесный одиобарабанный	Самоходный колесный двухбарабанный	Т-образный на гусеничном ходу, двухбарабанный
1	2	3	4	5	6
Жатка					
Тип	Фронтальная, с шарнирно подвешенным корпусом и уравновешивающим механизмом, обеспечивающим автоматическое копирование рельефа поля в продольном и поперечном направлениях на заданной высоте среза, с быстросоединяемым устройством с наклонной камерой и механизмом обратной прокрутки				
Регулировка высоты среза, мм					
при копировании	Установкой копирующих башмаков в пределах: 50, 100, 130, 180				
без копирования	Гидроцилиндрами в диапазоне 50-950				
Мотовило	Двухконтурное со смещенными пальцами грабли				
Регулировка частоты вращения мотовила	Классическим вариатором с гидроуправлением				
Режущий аппарат	С двойными литыми пальцами из высокопрочного чугуна и сегментами				
Ширина захвата жатки, м	5; 6, 7	5; 6, 7	5; 6, 7	5; 6; 7	4,1;5
Минимальная высота среза, мм	50	50	50	50	50
Ширина захвата подборщика, м	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Молотилка					
Молотильный барабан	Два билых с 8 бичами правого и левого направления рифов, расположенными поочередно, диаметром 550 мм или зубовой диаметром 556 мм с механизмом обратной прокрутки	Два билых с 8 бичами правого и левого направления рифов, расположенными поочередно, диаметром 550 мм или зубовой диаметром 556 мм с механизмом обратной прокрутки	Один билый с 8 бичами правого и левого направления рифов, расположенными поочередно, диаметром 550 мм или зубовой диаметром 556 мм с механизмом обратной прокрутки	Два билых с 8 бичами правого и левого направления рифов, расположенными поочередно, диаметром 550 мм или зубовой диаметром 556 мм с механизмом обратной прокрутки	1-ый штифтовый с 10-ю планками и закрепленными на них штифтами с шагом 111 мм, 2-ой – билый с 8 бичами правого и левого направления рифов, расположенными поочередно, диаметром 550 мм или зубовой диаметром 556 мм с механизмом обратной прокрутки
Диаметр барабана, мм	550	550	550	550	550
Ширина барабана, мм	1200	1200	1200	1200	1200

1	2	3	4	5	6
Частота вращения барабана, об/мин	Первого и второго: 440–1350 – с перестановкой шкивов	Первого и второго: 440–1350 – с перестановкой шкивов	715 – 1350	715 – 1350	Изменяется клиноременным вариатором с гидравлическим управлением, предел изменения 440 – 1350 с перестановкой шкивов
Подбарабзье:					
первого барабана	Решетчатое, односекционное. Угол обхвата 127. Изменение молотильного зазора с места оператора.	Решетчатое, односекционное. Угол обхвата 127. Изменение молотильного зазора с места оператора.	Решетчатое, односекционное. Угол обхвата 135. Изменение молотильного зазора с места оператора.	Решетчатое, односекционное. Угол обхвата 127. Изменение молотильного зазора с места оператора.	Решетчатое, односекционное, регулируемое, с 3-мя рядами штифтов
второго барабана	Решетчатое односекционное. Угол обхвата 127	Решетчатое односекционное. Угол обхвата 127		Решетчатое односекционное. Угол обхвата 127	Решетчатое односекционное. Угол обхвата 127
Соломуэтра	Четырехклинковый, двухвалный				
Длина клавишей, мм	2820	2820	3660	2820	2820
Общая поверхность, м ²	3,5	3,5	4,4	3,5	3,5
Очистка	Ветрорешетчатая, двухстванная с наддувом воздуха, увеличенной площадью сепарации	Ветрорешетчатая, двухстванная с увеличенной сепарирующей поверхностью		Ветрорешетчатая, двухстванная с наддувом воздуха, увеличенной площадью сепарации	
Тип решет	Жалюзийные, регулируемые				
Площадь решет, м ²					
нижнего	1	1	1,4	1,4	1
верхнего	2,1	2,1	2,2	2,2	2,1
Общая поверхность решет, м ²	3,16	3,16	3,8	3,8	3,16
Вентилятор	Два осевых		Центробежный шестилопастной, с регулируемой частотой вращения		Два осевых
Регулировка частоты вращения	Клиноременным вариатором				
Диапазон регулируемых частот вращения, об/мин	634-1852	634-1852	439-1287	439-1287	634-1852
Элеваторы зерновой и клосовой	Скребковые с вертячей подачей				
Циолачишающее устройство	Барабанного типа с шестью зубьями бичами и распределительным пневмом по всей ширине молотильки				
Диаметр барабана, мм	300				

1	2	3	4	5	6
Частота вращения барабана, мин^{-1}	1000				
Эксплуатационный бутикер	С механическим заполнением и выгрузкой				
Эффективная емкость, л	4500	4500	5000	5000	4500
Производительность высушенного зерна, т/мин	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0	2,0 – 2,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0
Установка шнека в рабочем и транспортное положение	Рукояткой гидрораспределителя с рабочего места оператора		2 гидродолицирами управляемыми клавишей с пульта управления		Рукояткой гидрораспределителя с рабочего места оператора
Размеры и масса с жаткой 5м					
Длина, м	10490	10490	10030	10030	10490
Ширина, м	5340	5340	5340	5340	6665
Высота, м	3800	3950	4000	4000	4000
Масса, кг	9728	10490	10524	11524	12430
Скорость движения					
Рабочая, км/ч	1-8	1-10	1-10	1-10	0,77-8
Транспортная, км/ч	20	25	25	25	14
Ходовая часть					
База, мм	3540	3570	3640	3640	-
Колеса, мм					
вездущее колесо	2419	2550	2620	2620	-
управляемых колес	2375	2375	2420	2420	-
Транспортный просвет, мм	400	455	455	455	-
Минимальный радиус поворота по следу наружного колеса, м	7,5	7,5	7,5	7,5	разворот на месте
Колпачитель					
Тип	Навесной, с межвенчурной подпрессовкой и гидрофицированной системой закрытия заднего клапана с гидроцилиндрами двустороннего действия				
Емкость камеры, м^3	9		8,5		9
Измельчитель					
Тип	Навесной, с регулировкой ширины и наклона разбрасывания измельченной массы				
Частота вращения вала, об/мин	2500				
Производительность по зерну за час основного времени, т/ч	8 – 10	9 – 10	9 – 11	10 – 12	8 – 9

4.1.2 Жатвенные части к комбайнам «Енисей» (рис. 4.2)

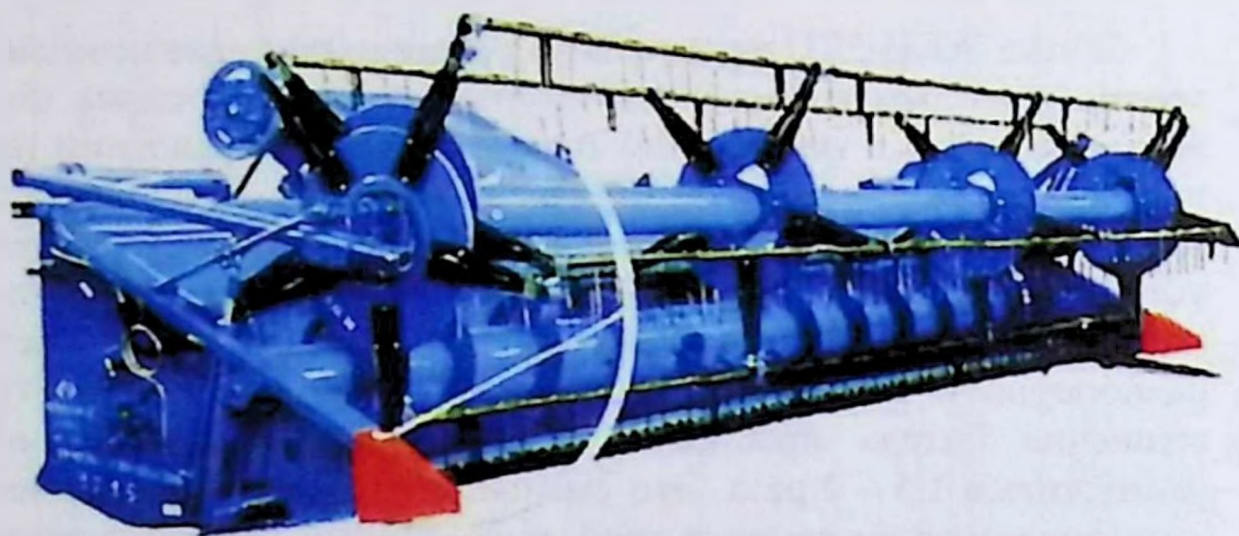
Жатка ЖКН-5КП фронтальная с шарнирно-подвешенным, уравновешенным корпусом, автоматически копирующим поверхность поля в поперечном и продольном направлении на установленной высоте среза. Для быстрого соединения жатки с наклонной камерой на проставке имеется соответствующее устройство. Между наклонной камерой и шнеком жатки устанавливается битерно-пальцевая проставка, которая улучшает равномерность подачи сои в молотилку. На уборке сои частоту вращения битера проставки и шнека жатки необходимо уменьшить в 1,5 – 2 раза. Это уменьшит вымолот и механическое повреждение семян в этой зоне. Можно рекомендовать покрытие лопастей битера проставки прорезиненным ремнем, при этом снижать частоту вращения битера проставки не надо.

Жатка низкого среза ЖС-5 имеет копирующий режущий аппарат. Его конструкция состоит из специальной подвески с рычажным механизмом, связывающим башмаки режущего аппарата с корпусом жатки. Привод ножа в жатках ЖКН-5КП и ЖС-5 осуществляется механизмом качающейся шайбы (МКШ). Эта соевая жатка специально предназначена для уборки сои, так как обеспечивает меньшую высоту среза растений.

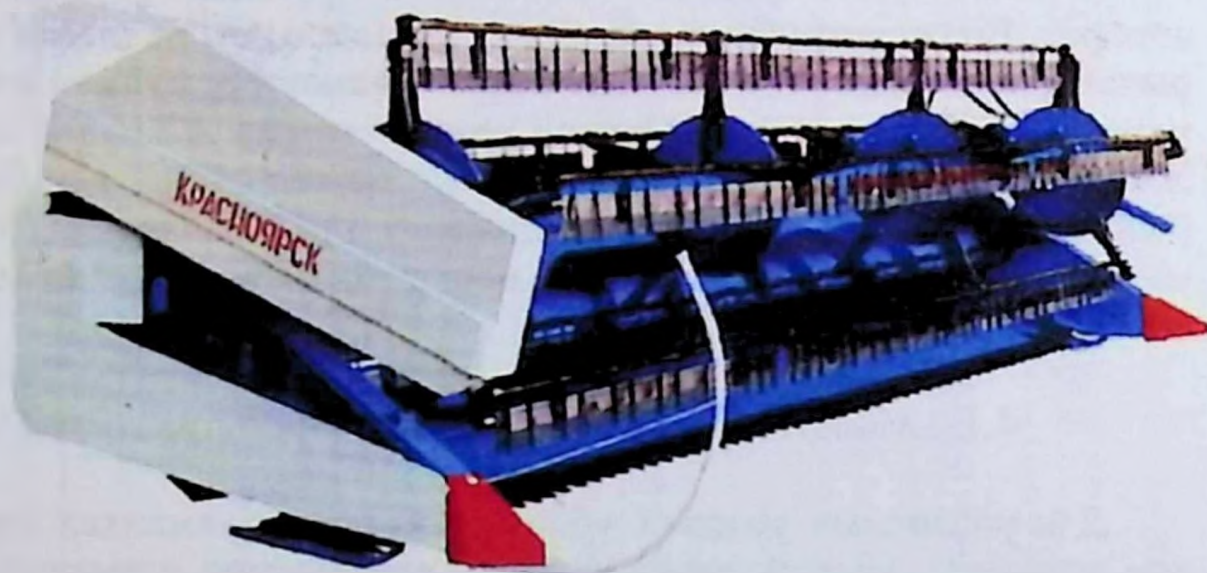
4.1.3 Молотильно-сепарирующие устройства

Для различных условий уборки, характеризующихся видом культуры, разной урожайностью, влажностью и засоренностью, комбайны «Енисей» могут быть оборудованы одним или двумя молотильными барабанами.

Однобарабанная конструкция МСУ приспособлена для уборки сухих незасоренных культур средней и малой урожайности (рис.4.3, а).

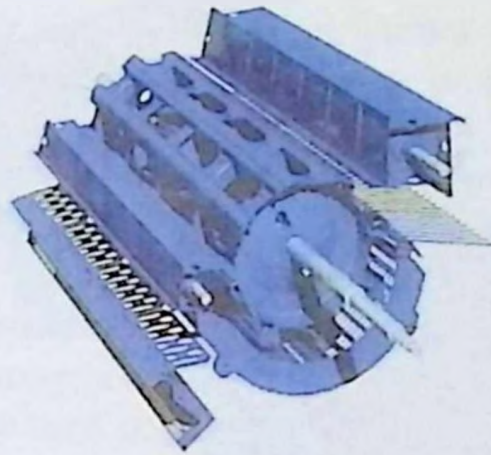


а)

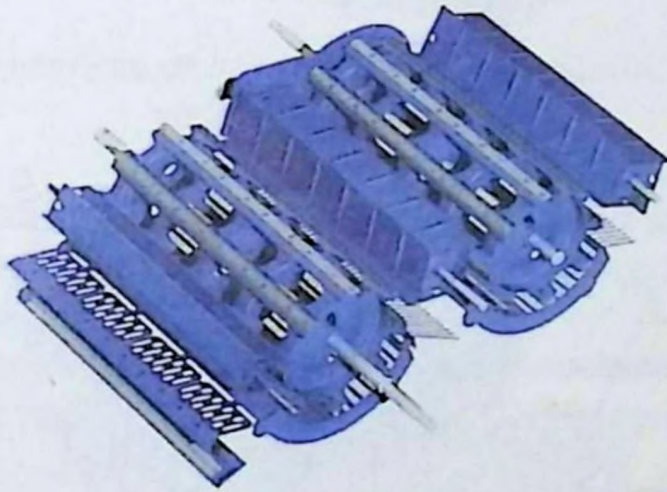


б)

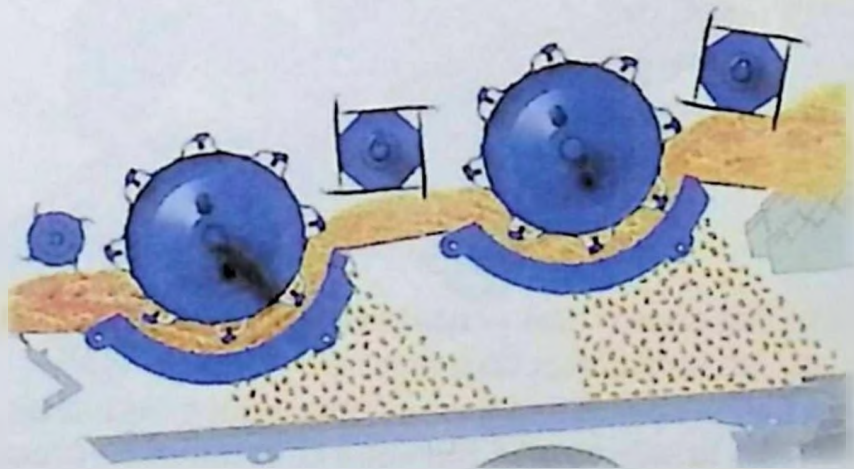
Рис.4.2. Жатвенные части к комбайну «Енисей»:
а) жатка ЖКН-5КП;
б) жатка ЖС-5



а)



б)



в)

Рис.4.3. Схемы устройства однобарабанного МСУ (а) и двухбарабанного МСУ (б и в)

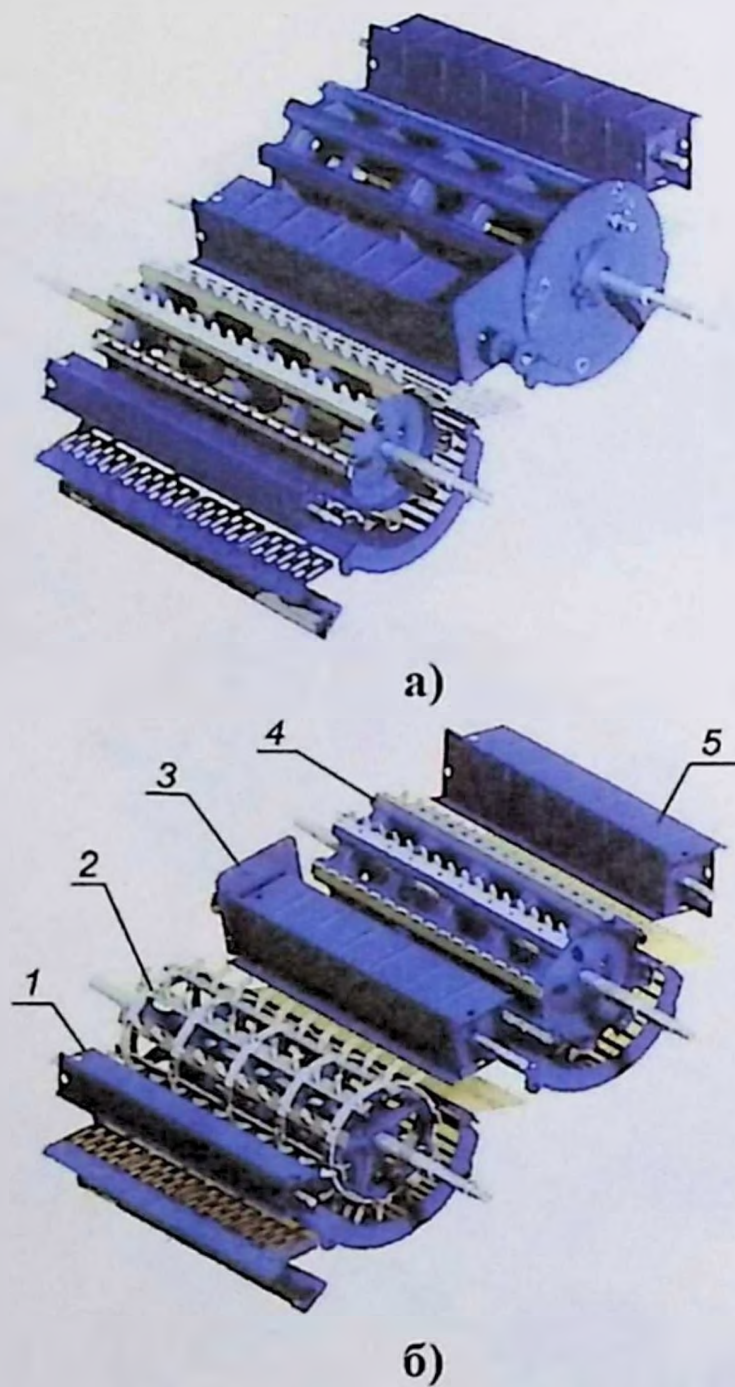


Рис. 4.4. Молотильные устройства в различных сочетаниях молотильных барабанов:

а) зубовой барабан в сочетании с бильным;

б) штифтовый барабан в сочетании с зубовым:

1 – приемный битер; 2 – штифтовый барабан;

3 – промежуточный битер; 4 – зубовой барабан;

5 – отбойный битер

Двухбарабанная схема молотильного устройства предназначена для уборки высокоурожайных и труднообмолачиваемых сельскохозяйственных культур (рис.4.3, б и в). Большинство деталей и узлов молотильно-сепарирующего устройства унифицированы для всего семейства «Енисей». На этих комбайнах применяются три типа молотильных барабанов: бильный, зубовой и штифтовый. В зависимости от потребности в двухбарабанных моделях можно устанавливать барабаны разных типов, в различных сочетаниях (рис.4.4, а и б).

4.1.4 Ветрорешетная очистка и домолачивающее устройство комбайна «Енисей»

Наличие двух вентиляторов и устройство разделения воздушного потока позволяет более точно регулировать силу надува на решета очистки.

Домолачивающее устройство предназначено для повторного обмолота щуплых и недозревших бобов сои.

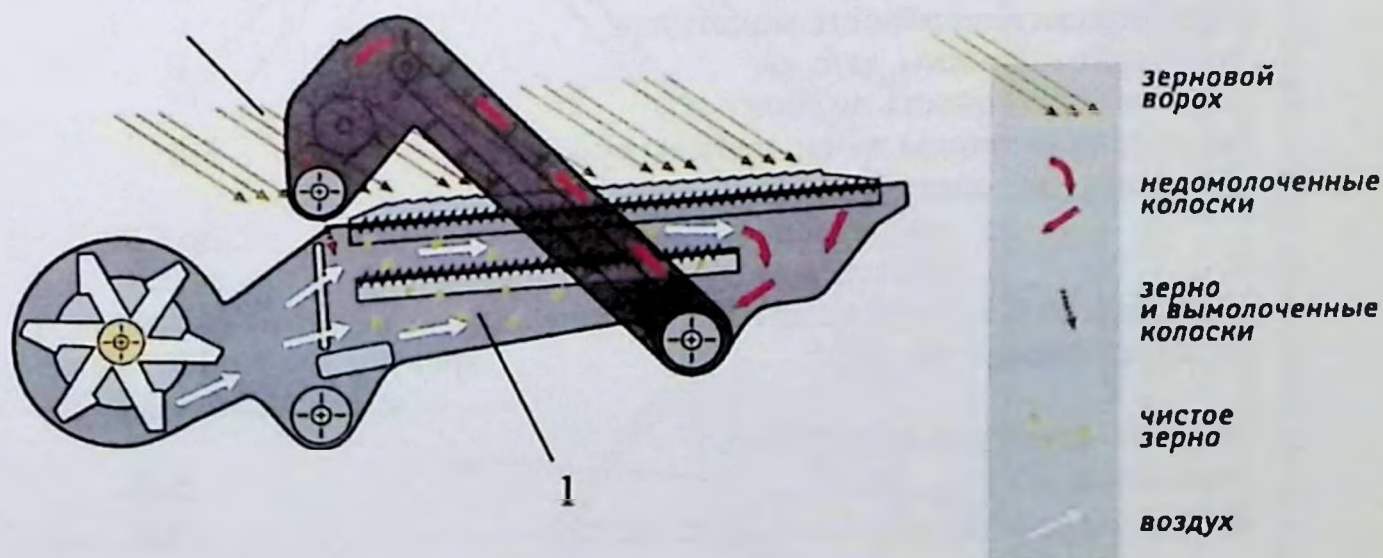


Рис. 4.5. Ветрорешетная очистка (1) и домолачивающее устройство (2) комбайна «Енисей»

4.2 Прицепной комбайн ПН-100 «Простор»

• В России в АО «Тульский комбайновый завод» поставлен на производство в 1996 году прицепной зерноуборочный комбайн ПН-100 «Простор» (рис. 4.6).

Несколько таких комбайнов поступило в Амурскую область. Комбайн ПН-100 отличается от самоходных комбайнов наличием роторного молотильно-сепарирующего устройства и другими особенностями. На кафедре механизации АПК Даль-ГАУ в течение двух уборочных сезонов проводились исследования этого комбайна на уборке сои.

Техническая характеристика

Наименование машины.....Комбайн прицепной зерноуборочный безмоторный Простор ПН-100		
Габаритные размеры, мм:	Рабочее положение	Транспортное положение
длина	6800	7850
ширина	6050	3950
высота	3200	3200
Колея, мм		2730
Транспортный просвет, мм		360
Сухой вес комбайна с жаткой, кг		3500 + 3%
Пропускная способность молотилки на уборке пшеницы, кг/с, до		3,0
Производительность по зерну на уборке пшеницы за час чистого времени, т		3,5
Скорость движения, км/ч:		
рабочая		до 7,0
транспортная		до 20
Количество обслуживающего персонала, чел		один (тракторист)
Энергетическое средство		трактор класса 14 – 20 кН с независимым ВОМ
Частота вращения вала отбора мощности (ВОМ), мин ⁻¹		545
Емкость бункера, м ³		2,0

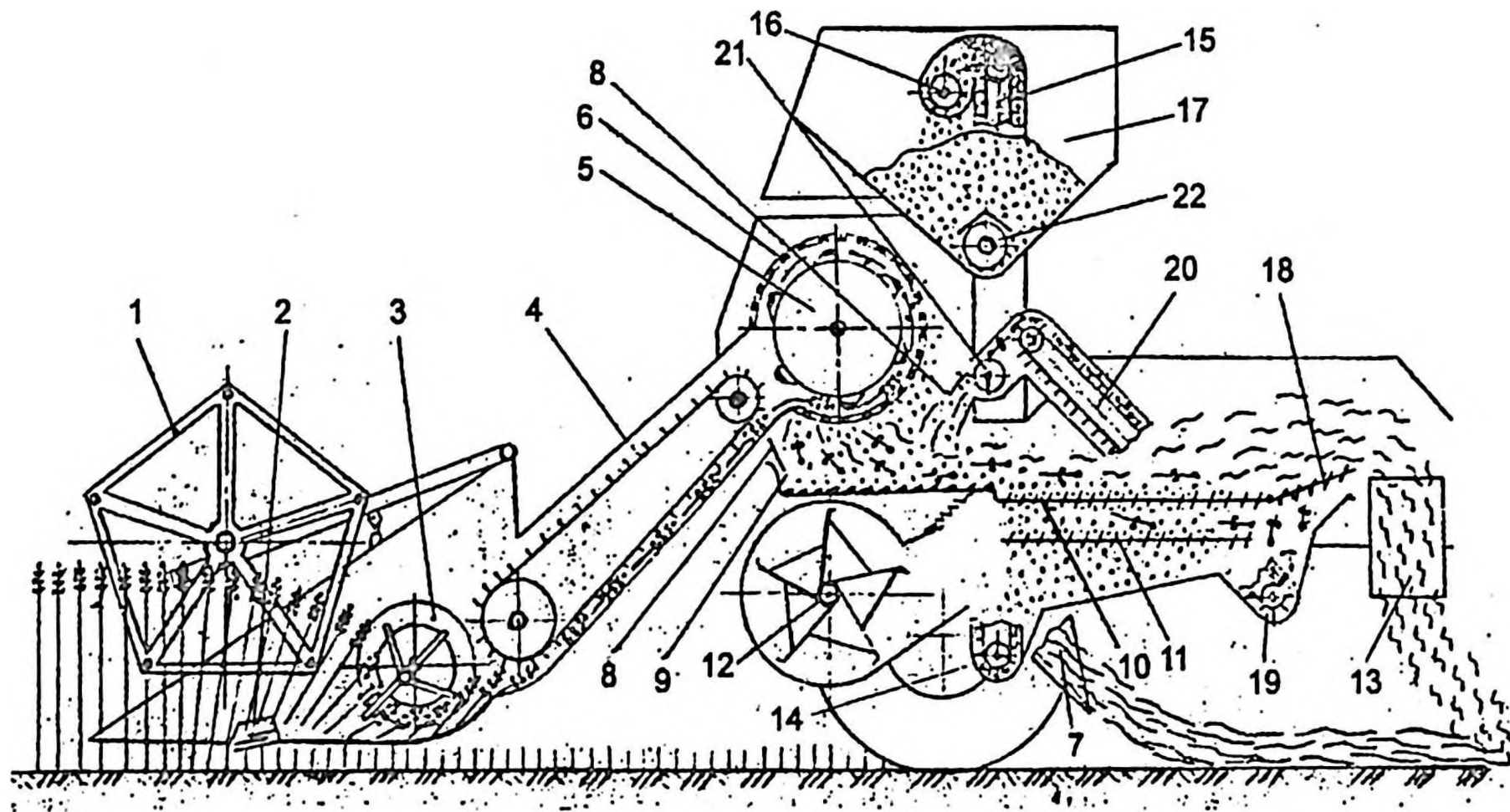


Рис.4.6. Схема технологического процесса комбайна ПН-100 «Простор»:

1 – мотовило; 2 – режущий аппарат; 3 – шнек; 4 – транспортер наклонной камеры; 5 – ротор; 6 – кожух ротора; 7 – соломоотвод; 8 – скаты; 9 – стрясная доска; 10 – решето верхнее; 11 – решето нижнее; 12 – вентилятор; 13 – лоток; 14 – шнек зерновой; 15 – элеватор зерновой; 16 – шнек распределительный; 17 – бункер; 18 – удлинитель грохота; 19 – шнек колосовой; 20 – элеватор колосовой; 21 – пасталка; 22 – шнек выгрузной.

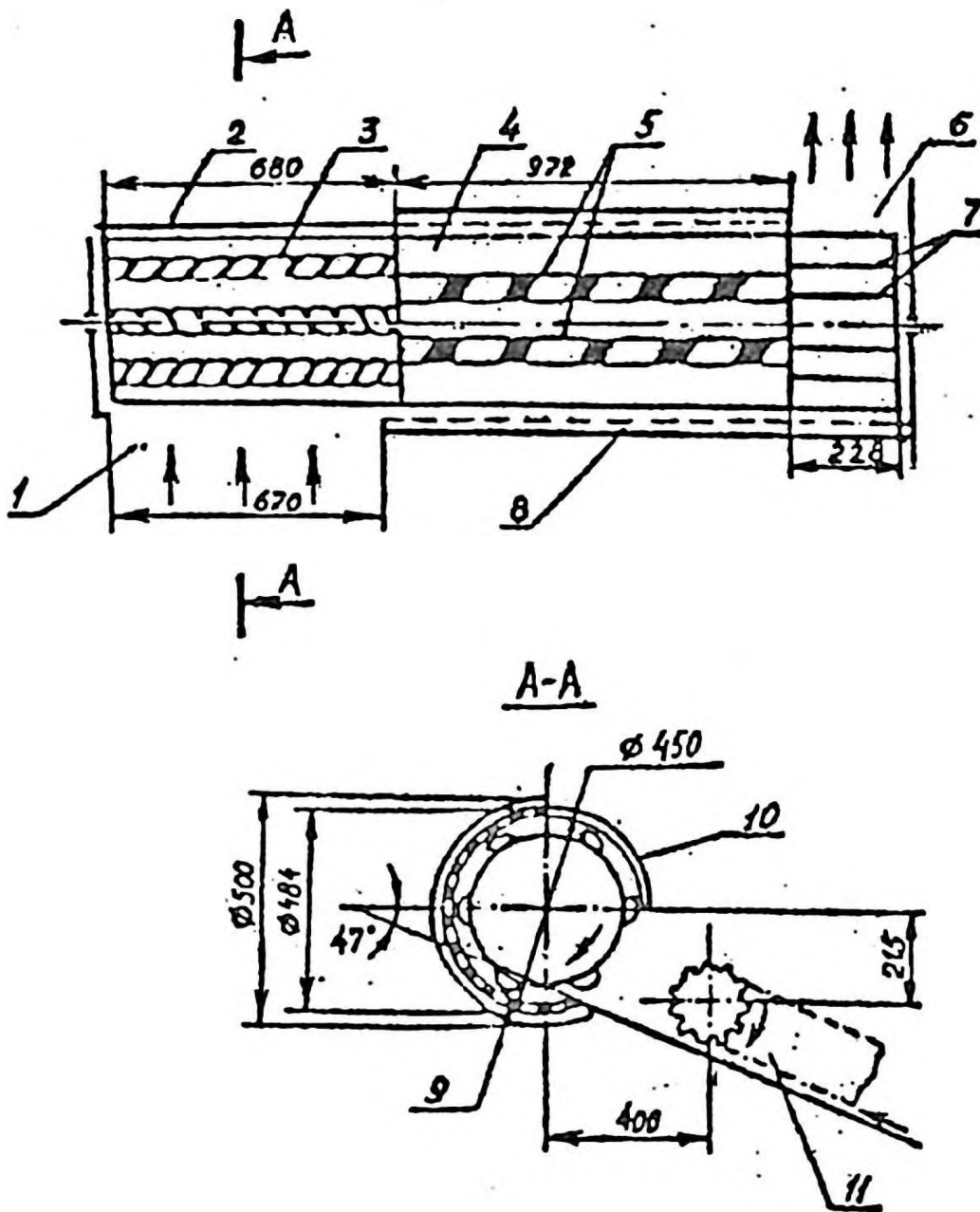


Рис. 4.7. Схема аксиально-роторного МСУ комбайна ПН-100 «Простор»:

1 – входное отверстие; 2 – корпус молотилки; 3 – бичи молотильной части ротора; 4 – ротор; 5 – планка сепарирующей части ротора; 6 – выходное отверстие; 7 – накладки; 8 – подбарабанье сепарирующей части ротора; 9 – подбарабанье молотильной части ротора; 10 – верхний щит; 11 – транспортер наклонной камеры

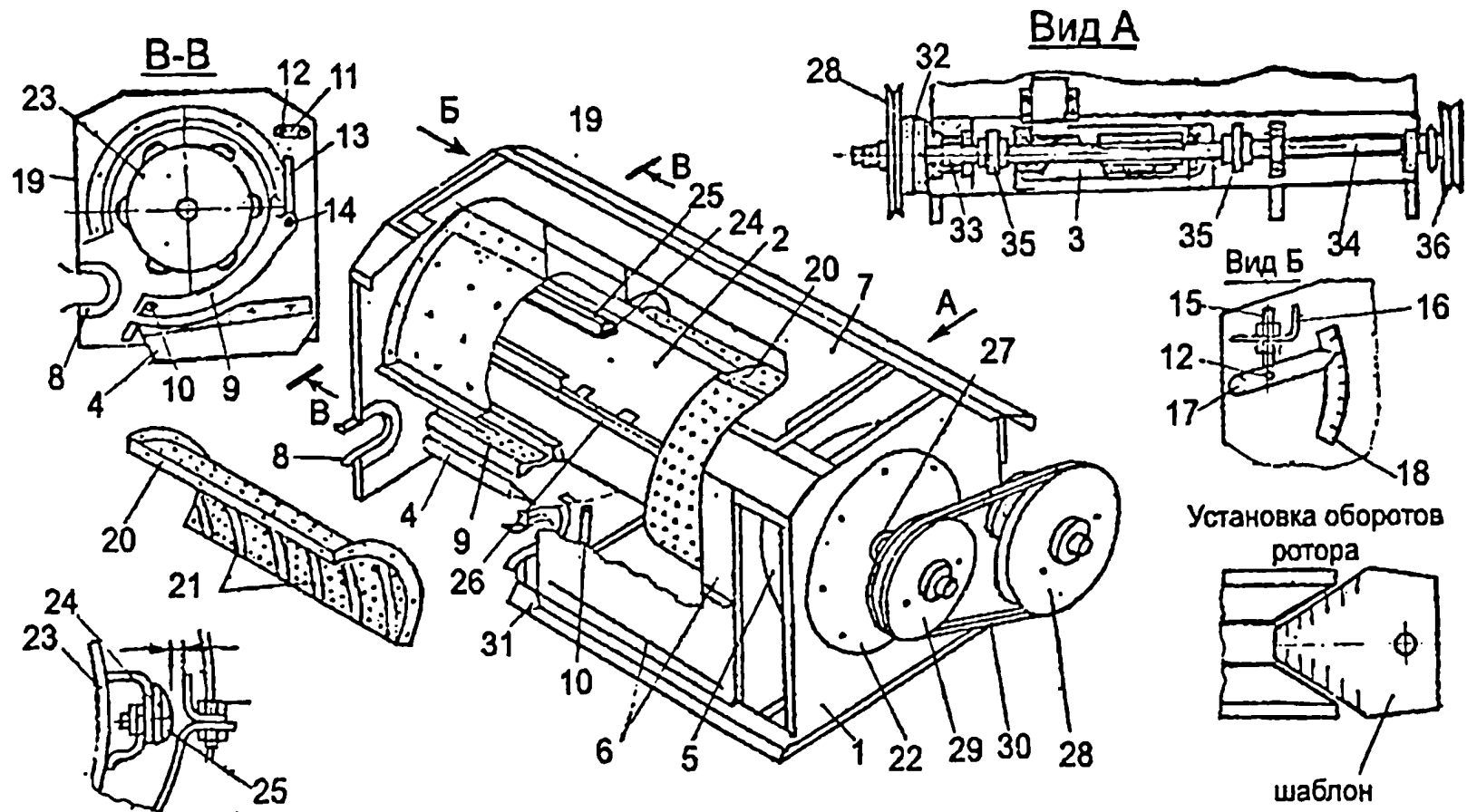


Рис. 4.8. Молотильный аппарат:

- 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – домолачивающее устройство; 4 – откосы; 5 – соломоотвод; 6 – щитки; 7 – крышка; 8 – бугель; 9 – дека; 10 – болт; 11 – труба подвески; 12 – ось; 13 – подвеска; 14 – ось; 15 – болт откидной; 16 – кронштейн; 17 – ручка; 18 – шкала; 19 – щит; 20 – решетки; 21 – направитель; 22 – фланец; 23 – остров ротора; 24 – подбичник; 25 – бич; 26 – планка; 27 – подшипник; 28 – шкив; 29 – шкив; 30 – ремень; 31 – демпфер; 32 – шкив; 33 – вал контрпривода главный; 34 – вал контрпривода; 35 – муфта цепная; 36 – шкив со звездочкой

Прицепной комбайн ПН-100 «Простор» состоит из жатвенной части, роторной молотилки, моста опорных колес со спицей, механизмов привода рабочих органов от вала отбора мощности (ВОМ) трактора, гидравлической, пневматической и электрической схем.

Жатвенная часть состоит из жатки и наклонной камеры, а молотилка включает три части: молотильный агрегат, бункер, блок воздушно-решетной очистки. Все это соединено между собой единой технологической системой шнеко-элеваторных транспортирующих устройств. Технологический процесс прямого комбайнирования комбайном ПН-100 «Простор» происходит следующим образом (рис. 4.6). Мотовило 1 своей планкой подводит растения к режущему аппарату 2 и перемещает срезанные стебли к шнеку 3, который спиральной и пальчиковой частью проталкивает растения к транспортеру 4 наклонной камеры. Транспортер захватывает растительную массу и подает ее в молотильно-сепарирующее устройство (МСУ).

Ротор 5, вращаясь, наносит бичами и планками удары по растительной массе, затягивает ее в винтовое движение вдоль оси МСУ по охватывающим ротор перфорированным поверхностям кожуха 6, имеющим винтовые дорожки (направители). Интенсивное ударное и перетирающее воздействие рабочих частей МСУ на растение приводит к обмолоту зерна из колоса, боба или иного плодобразования, сепарации зерна из соломистого вороха и выводу соломы на поле через соломоотвод 7.

Продукты обмолота в виде мелкого вороха, выделенные через решетчатые поверхности кожуха МСУ по скатам 8, попадают на стрясную доску 9, которая своей рифленой поверхностью, совершающей колебательные движения, перемещает ворох на верхнее решето 10 очистки, откуда частично очищенное зерно поступает на нижнее решето 11.

На решетках очистки мелкий ворох разделяется на легкую и тяжелую фракции воздушным потоком, создаваемым центробежным вентилятором 12. При этом легкая фракция (полова, сбойна и др.) выносится воздухом и укладывается лотком

13, а тяжелая, перемещаясь по поверхности решет и удлинителя, делится по размерам на мелкую (зерно и мелкие примеси) и крупную (сбоина, колоски, солома) фракции. Зерно, сепарируясь через решета 10,11 поступает в зерновой шнек 14, а из него в зерновой элеватор 15, распределительный шнек 16 и далее в бункер 17. Необмолоченные колоски (бобы), пройдя через удлинитель 18 верхнего решета 10 и сходом с нижнего решета 11, попадают в колосовой элеватор 20 и на повторный обмолот в шасталку 21, которая подает домолоченный ворох на стрясную доску 9. Зерно, собранное в бункере, выгружается в транспортное средство выгрузным шнеком 22.

Технологический процесс уборки отдельным способом отличается от прямого тем, что растительная масса, предварительно скошенная валковыми жатками, подбирается из валков с помощью устанавливаемого на жатку подборщика.

Процесс обмолота и сепарации в АР МСУ имеет много общего с обмолотом классическим бильным (штифтовым) молотильным аппаратом, но есть и отличительные особенности, связанные с поперечным движением обмолачиваемой растительной массы по отношению к направлению подачи транспортером наклонной камеры во входное окно 1 (рис.4.7). Под воздействием бичей 3 молотильной части ротора происходит протягивание растений по перфорированной деке (подбарабанию) 9 с углом обхвата 120° . Над декой в верхней части установлен верхний щит 10 с пятью винтовыми уголками, направляющими осевого смещения обмолаченной массы. Направители изготовлены из уголка $25 \times 25 \times 4$ мм. Часть поверхности щита (около 90° по углу обхвата со стороны деки) выполнена перфорированной с квадратными отверстиями 18×18 мм. Во второй секции молотильного устройства длиной 972 мм установлены три сепарирующих решетки: две боковые и одна нижняя. На внутренних поверхностях боковых решеток закреплены в один ряд винтовые направлятели.

С целью обеспечения высококачественной работы роторного МСУ на с.-х. культурах различного состояния и вида пре-

дусмотрены две комплектации молотильного агрегата сепарирующими поверхностями: первая дека и сепарирующая решетка с квадратными отверстиями 20 × 20 мм; вторая дека и сепарирующая решетка с квадратными отверстиями 16 × 16 мм.

Первая комплектация применяется при работе комбайна на уборке нормальных по влажности и засоренности культур, а вторая при уборке сухих перестоявших хлебов и сои.

Молотильно-сепарирующее устройство (МСУ)

Тип	Аксиально-роторное с тангенциальной подачей хлебной массы
Диаметр ротора, мм	570
Длина ротора, мм	1870
Число оборотов ротора, мин ⁻¹	404 – 1216
Способ регулировки оборотов	Клиноременным вариатором на остановке комбайна и перестановкой шкивов
Длина рабочих зон МСУ, мм	
молотильной	680
сепарирующей	970
вывода соломы	250
Тип деки	Односекционная с гладкой перфорированной поверхностью
Угол обхвата ротора декой, град.	119
Пределы регулировки выходных зазоров между ротором и декой, мм	5 – 35
Щит верхний	Гладкий с частично перфорированной поверхностью и винтовыми направляющими осевого смещения массы
Угол обхвата ротора щитом, град.	195
Угол наклона направляющих к оси ротора, град	58,5
Сепарирующие решетки	Гладкие перфорированные
Угол обхвата ротора сепарирующими решетками, град.	3 × 120 = 360
Количество рядов винтовых направляющих, шт.	2 (на боковых решетках)

На рисунке 4.8 представлено общее устройство молотильного аппарата комбайна ПН-100 «Простор».

Полевые испытания комбайна проводились на уборке сои сорта ВНИИС-1. Высота растений составила 77 – 108 см, на 1 м² находилось 58 – 60 растений. Биологическая урожайность 1,62 – 1,83 т/га. Показатели обмолота представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3
Показатели обмолота сои комбайном ПН-100 «Простор»

Культура. подача, кг/с	Влажность сои, %	Частота вращения барабана. мин ⁻¹	Моло- тильный зазор, мм	Показатели обмолота		
				Дробле- ние, %	Чистота зерна в бункере, %	Недомо- лот, %
Соя ВНИИС-1 Подача, 0,89 – 1,3	9,3 – 10,7	400	15	3,7	87,8	1,40
		500	15	6,2	87,5	0,95
		600	15	7,5	85,8	0,60
	9,2 – 10,4	400	20	3,3	89,1	1,60
		500	20	6,0	82,9	0,80
		600	20	7,1	85,3	0,45
	9,6 – 10,0	400	25	2,8	88,7	1,75
		500	25	5,8	90,2	0,98
		600	25	6,6	87,7	0,70
Соя ВНИИС-1 Подача 1,4 – 2,0	9,0 – 9,5	400	15	3,4	85,8	1,50
		500	15	6,0	88,6	1,40
		600	15	5,9	88,9	0,30
	9,5 – 9,9	400	20	2,7	91,0	1,70
		500	20	5,7	88,0	1,20
		600	20	5,7	86,3	0,40
	9,3 – 10,2	400	25	2,5	84,6	1,95
		500	25	5,5	88,9	1,60
		600	25	5,7	90,9	0,40

Анализ исследований обмолота сои показал (табл. 4.3), что при влажности сои 9 – 11% и подаче 0,9 – 2,0 кг/с частоту вращения барабана комбайна ПН-100 «Простор» можно рекомендовать 400 мин⁻¹ при молотильном зазоре 15 – 20 мм. В этом случае недомолот находится в пределах агротребований при незначительном превышении дробления (по агротребованиям допускается 3%). Вместе с тем снижение частоты вращения барабана с целью уменьшения дробления сои не предусмотрено в конструкции комбайна. Чистота сои в бункере комбайна также не отвечает агротребованиям (95%). Величина и характер потерь за жаткой распределились следующим образом:

- в бобах на стерне 0,6 – 1,3 г/м²;
- обмолоченными семенами 0,9 – 2,1 г/м²;
- в оборванных бобах 1,5 – 2,8 г/м².

В совокупности это составляет 30 – 62 кг/га.

4.3 Семейство комбайнов фирмы Claas (Германия)

Фирма основана в 1913 году. В 2005 году заводы этой фирмы произвели сельскохозяйственной техники на сумму около 3 млрд. долларов. Причем доля экспорта в годовом обороте 78%, а зерноуборочные комбайны составляют основную часть в производимой продукции.

Характеристика выпускаемых фирмой Claas комбайнов представлена в таблице

Таблица 4.4

Марка комбайна	Производительность молотилки при обмо- лоте хлебной массы, кг/с	Мощность двигателя, л.с.
1. Доминатор 130 (150)	3 – 5	125
2. Медиян 310 (340)	5 – 8	185 – 258
3. Мега 350 (370)	8 – 10	220 – 279
4. Лексикон 530 (600)	10 – 12	220 – 586

В сельскохозяйственном производстве России работает около трех тысяч комбайнов фирмы Claas. В России (г. Краснодар) организовано сборочное производство комбайнов «Мега 350» и «Мега 360».

В Амурской области работает лишь один комбайн марки «Dominator» (ОАО «Димское»).

Комбайн Лексикон 600 – самый высокопроизводительный комбайн в мире. Он намолачивает до 100 т зерна в час.

Комбайны «Dominator» имеют классические барабанные схемы МСУ с шириной молотилки 1060 мм, диаметром барабана 450 мм и углом обхвата подбарабаньем 117 градусов.

В период 2004 – 2005 г. фирма поставила на российский рынок около 45% всех импортируемых зерноуборочных комбайнов.

Зерноуборочные комбайны семейства «Мега» комплектуются жатками шириной захвата 6 – 9 м, а емкость бункера для зерна составляет 7,2 и 8,2 м³.

Опыт эксплуатации этих комбайнов показывает, что они способны намолотить за сезон до 7 тысяч тонн зерна.

Группа комбайнов Мега отличается более высокопроизводительным молотильным аппаратом (рис. 4.9).



Комбайн «Мега» (общий вид)

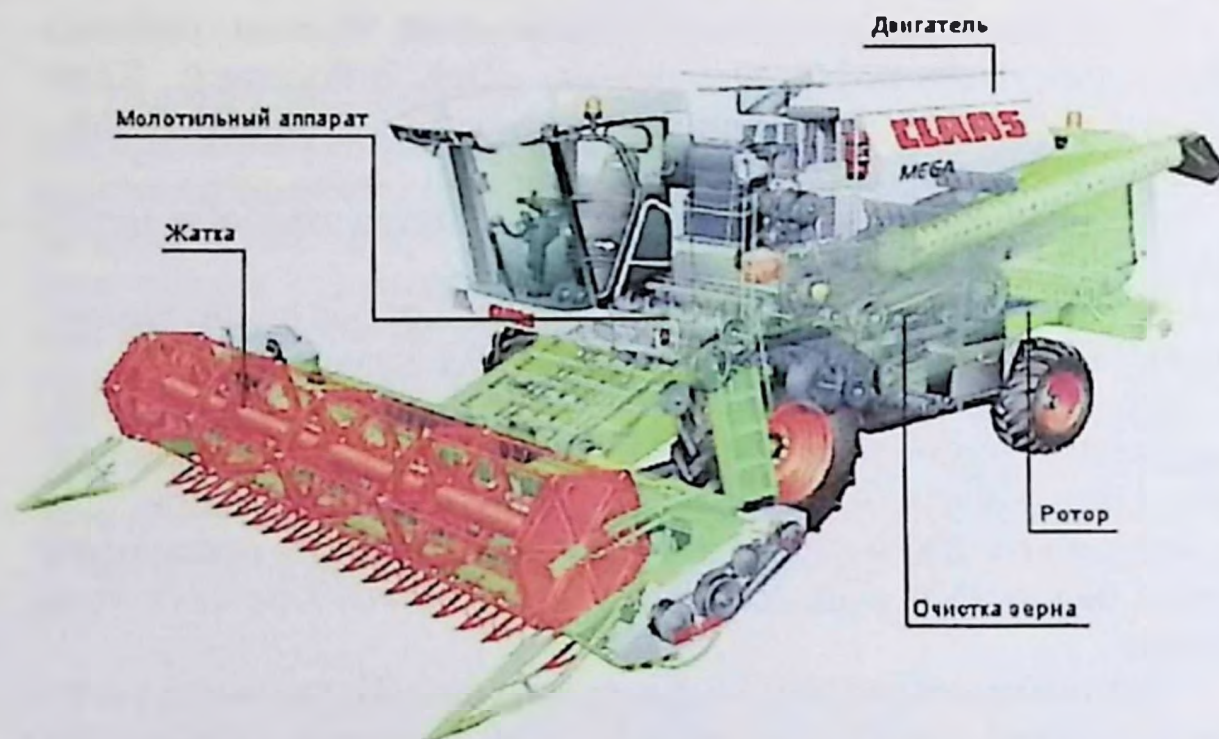


Рис. 4.9. Зерноуборочный комбайн Mega

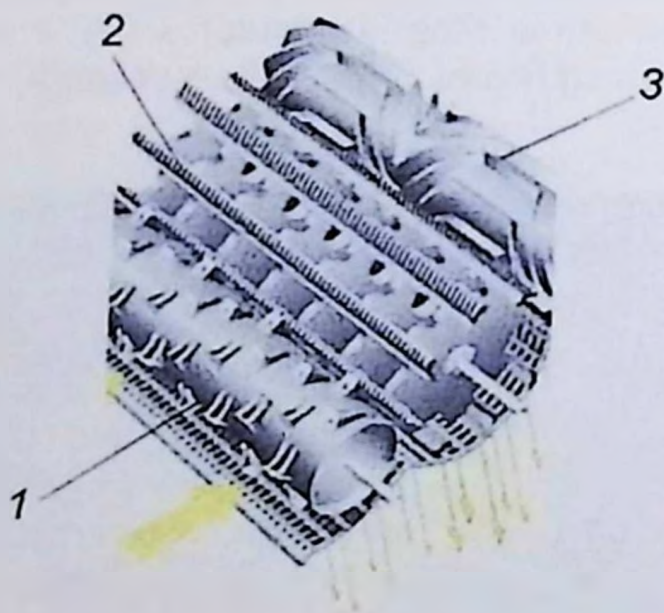


Рис. 4.10. Схема МСУ комбайна Mega:

- 1 – барабан-ускоритель – растаскиватель стеблей;
- 2 – основной бильный молотильный аппарат;
- 3 – барабан-сепаратор обмолоченного зерна

Особенностью работы такого МСУ является то, что барабан 1, имея частоту вращения до $1000 - 1200 \text{ мин}^{-1}$, образует тонкий слой стеблей, то есть нормализует поток растений по толщине, что позволяет основному барабану работать в устойчивом режиме, обеспечивая с барабаном 3 хороший обмолот и основную сепарацию вымолоченного зерна.

Для обеспечения лучшей сепарации зерна над клавишами соломотряса устанавливаются рыхлители соломы с рычажным управлением (рис. 4.11).

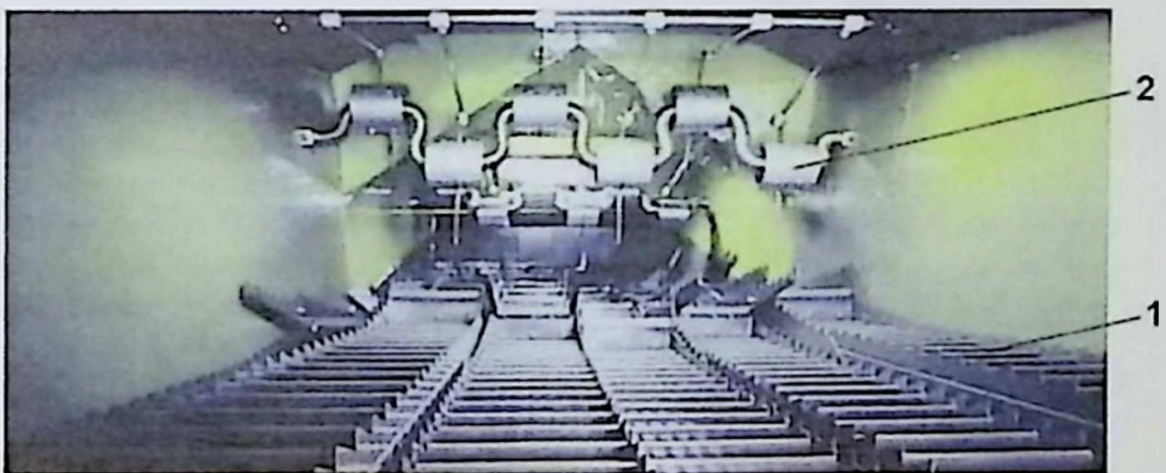
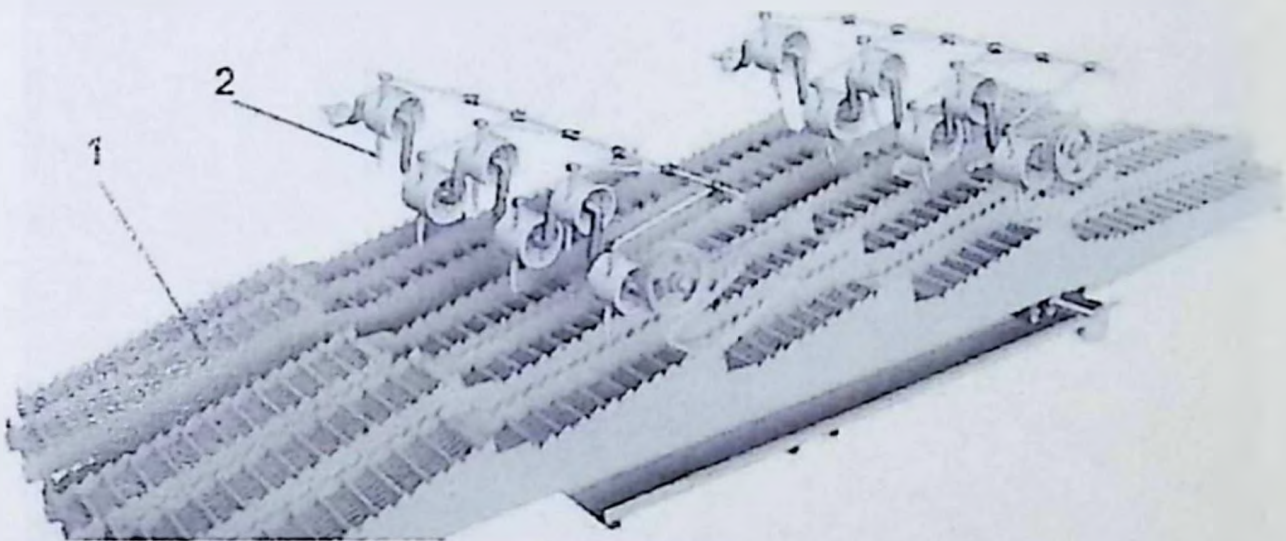


Рис. 4.11. Схема соломотряса с рыхлителями:

- 1 – клавиша соломотряса;
- 2 – рыхлитель соломы.

Комбайны «Доминатор» (рис.4.12) предназначены для полей урожайностью до 3 т/га и жатками шириной захвата от 3 до 6 м, а также на них может быть установлена механическая или гидростатическая трансмиссия.

Частота вращения барабана регулируется в пределах 500 – 1400 мин⁻¹ при помощи гидравлической системы.



Рис. 4.12. Комбайн Dominator

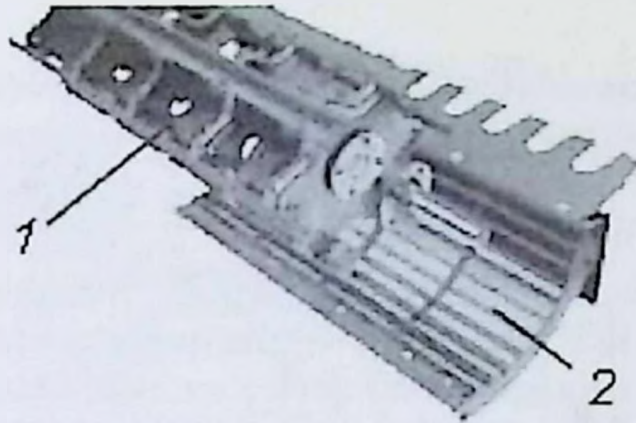


Рис. 4.13. Молотильный аппарат:
1 – барабан; 2 – подбарабанье

Высокопроизводительные комбайны группы Lexicon обеспечивают подачу до 10 – 12 кг/с (рис. 4.14).

Отличительной особенностью группы комбайнов Lexicon является наличие сочетания традиционного барабанного молотильного аппарата и расположенных следом за ними двух роторов. (рис. 4.14).

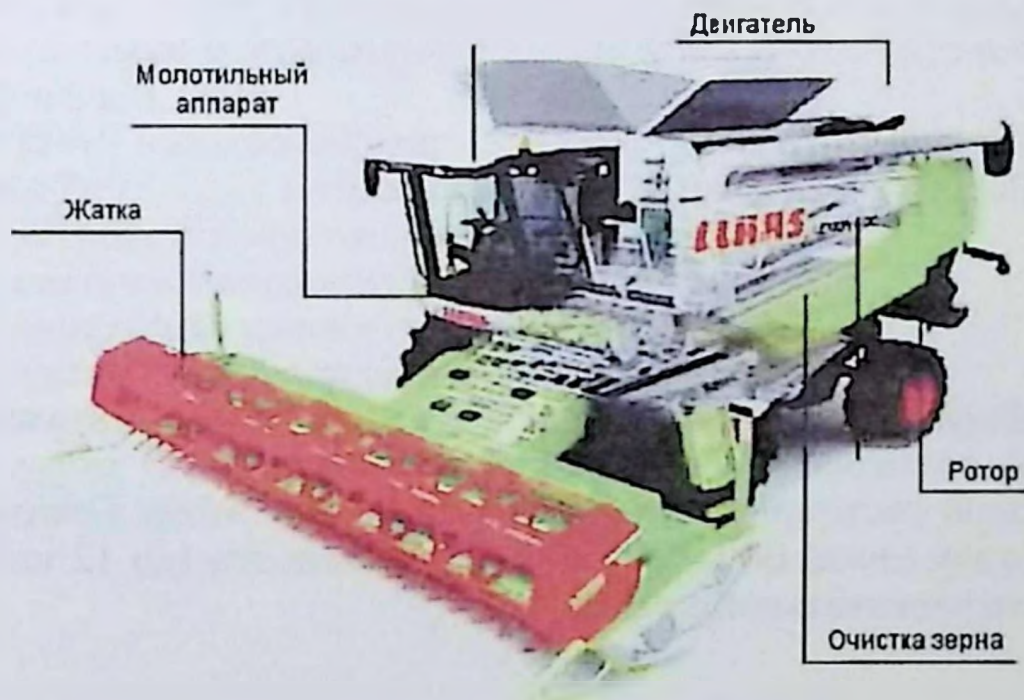
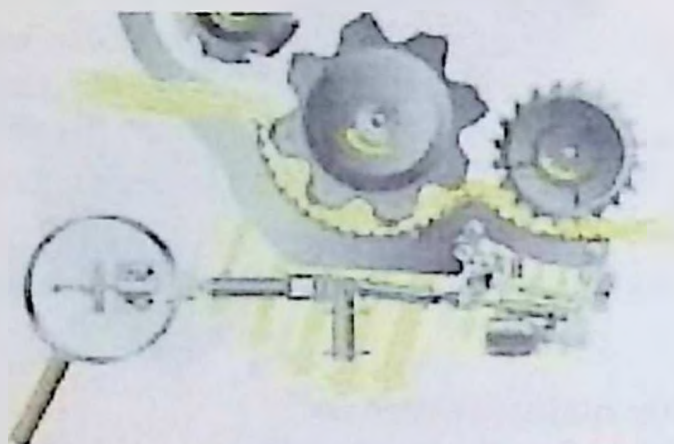


Рис. 4.14. Комбайн Lexicon 600 с роторным МСУ



а)



б)

Рис. 4.15. Схемы МСУ комбайнов Lexicon:
 а) барабанное МСУ;
 б) барабанно-роторное МСУ.

Фирма Claas является единственным производителем, который совмещает тангенциальную молотильную схему (а) с роторной системой обмолота (б). Благодаря этому Lexicon 600 достигает самой высокой производительности (до 12 кг/с) обмолота растительной массы.

4.4 Зерноуборочный агрегат КЗР-10 «Полесье-Ротор» производства Республики Беларусь

4.4.1 Общее устройство и процесс работы

Зерноуборочный комплекс КЗР-10 «Полесье-Ротор» предназначен для уборки зерновых колосовых и бобовых культур на равнинных полях с уклоном не более восьми градусов. Агрегат производит срез или подбор растительной массы, обмолот и сепарацию зерна, накопление зерна в бункере с последующей выгрузкой.

При применении специальных приспособлений комплекс может быть использован для уборки зерновой части кукурузы, подсолнечника, сои, сорго, крупяных культур и семенников трав.

Комплекс можно использовать во всех почвенно-климатических зонах, кроме горных районов и районов с почвами повышенного увлажнения.

Агрегат имеет оборудование для зерноуборки и средство энергетическое универсальное УЭС-2-250А (рис. 4.16) или его модификации.

КЗР-10 «Полесье-Ротор» состоит из следующих частей (рис. 4.17):

- устройства молотильно-сепарирующего;
- системы транспортировки зернового вороха;
- очистителя накопителя прицепного (ОНП);
- жатки с транспортной тележкой;
- комплекта частей для агрегатирования с энергосредством.

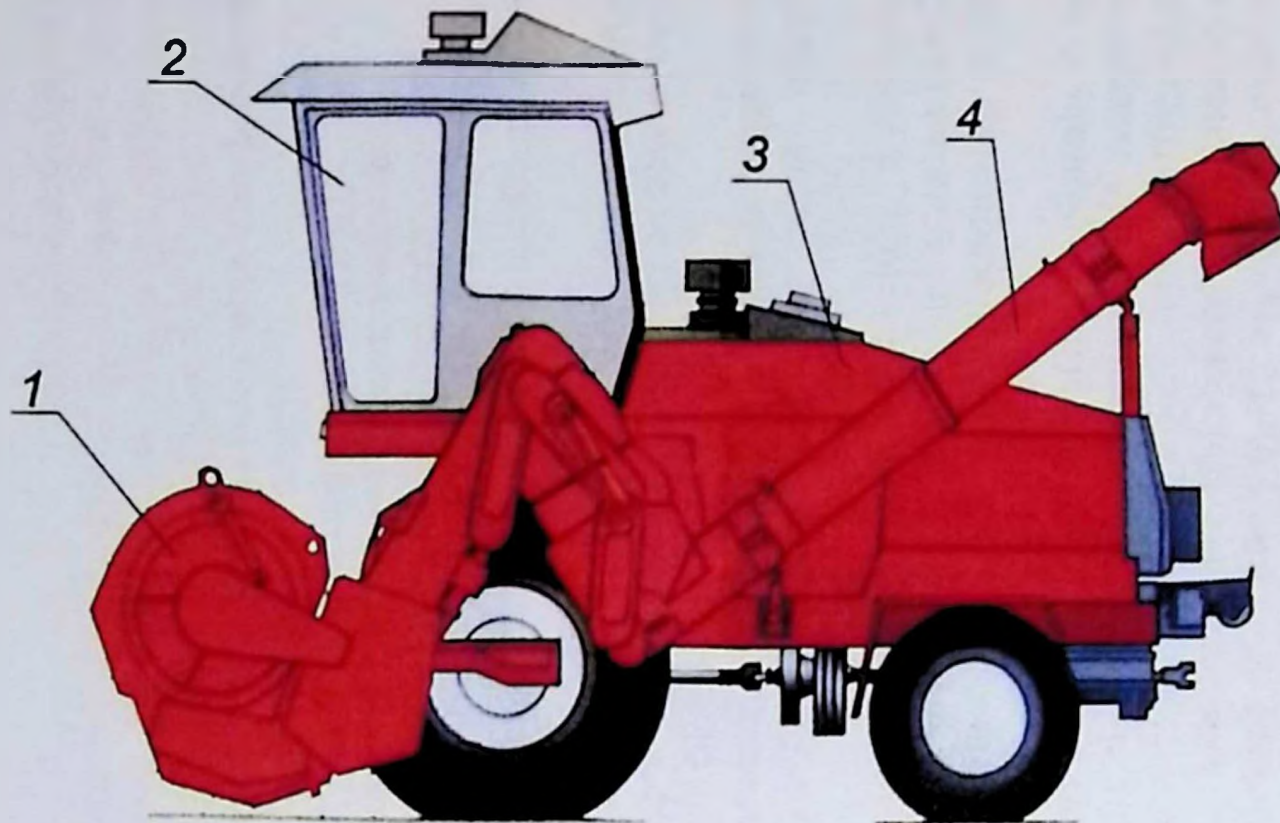


Рис. 4.16. Энергетическое универсальное средство УЭС-2-250А:

1 – молотильно-сепарирующее устройство; 2 – кабина; 3 – двигатель; 4 – шнек транспортировки вороха



Рис. 4.17. Общее устройство КЗР-10 «Полесье-Ротор»:

1 – жатка зерновая; 2 – устройство молотильно-сепарирующее; 3 – универсальное энергетическое средство УЭС-2-250А; 4 – устройство для транспортировки зернового вороха; 5 – очиститель-накопитель прицепной (ОНП)

Технические данные комплекса приведены в таблице 4.5.
Таблица 4.5

Технические данные КЗР-10 «Полесье – Ротор»

Параметр	Значение
Марка	КЗР-10
Условное наименование	«Полесье-Ротор»
Тип	комплекс
Производительность по зерну за 1 час основного времени, т/ч, не менее	14,4
Пропускная способность по хлебной массе, кг/с, не менее	10
Объем бункера зерна, номинальный, м ³	7
Рабочая скорость движения, км/ч	до 10
Транспортная скорость движения, км/ч	до 20
Габаритные размеры комплекса с жаткой в рабочем положении, мм, не более:	
- длина	13300
- ширина	6450
- высота	4000
Дорожный просвет, мм, не менее	300
Минимальный радиус окружности поворота, м, не более	7,5
Масса комплекта оборудования для зерноуборки конструктивная (сухая), с жаткой без тележки, кг, не более	9600
Габаритные размеры МСУ, мм:	
- длина	4060 ± 50
- ширина	2850 ± 50
- высота	2240 ± 50
Время выгрузки зерна из бункера, мин. не более	3
Ширина захвата жатки для зерновых культур, м	6
Установочная высота среза, мм:	
- при копировании рельефа поля	55 ± 15; 90 ± 15; 120 ± 15; 160 ± 15; 195 ± 15
- без копирования рельефа поля	от 50 до 80

Показатели качества работы комплекса должны определяться и контролироваться при соблюдении следующих требований: урожайность сои не менее 15 центнеров с гектара, масса 1000 зерен не менее 140 грамм, влажность соломы от 10 до 20 %, влажность зерна 10 – 15%, наличие сорной примеси в бункере до 5%, длина гона не менее 300 метров.

4.4.2 Технологический процесс работы комплекса

При движении комплекса лопасти мотовила 1 (рис.4.18) жатки захватывают и подводят порции стеблей к режущему аппарату 2, а затем подают срезанные стебли к шнеку 3.

Шнек, имея спирали правого и левого направления, перемещает срезанные стебли от краев к центру жатки, где расположен пальчиковый механизм. Пальчиковый механизм шнека захватывает их, а также стебли, непосредственно поступающие на него, и направляет в окно жатки, из которого масса отбирается вальцом проставки 4 и направляется в молотильно-сепарирующую часть МСУ роторного типа, в зазор между бичами ротора 6 и декой 7, где и происходит обмолот.

В процессе обмолота зерно, солома и мелкий солоmistый ворох просыпаются через ячейки молотильной деки 7 на шнек 8 и дополнительный валец 5, подающий ворох на шнек 8, остальная часть солоmistой массы продвигается вдоль оси ротора 6 в сепарирующую часть МСУ. По мере продвижения солоmistой массы, из нее выделяется зерно и мелкий ворох, которые просыпаются сквозь сепарирующие решета на шнек 8 и дополнительный валец 5.

Солома выбрасывается ротором 6 в короб, откуда после измельчения битером-измельчителем 10 разбрасывается соломоотводом 12 по полю или укладывается в валок.

Зерно, солома и мелкий ворох, выделенные через деку 7 и сепарирующие решета на шнек МСУ 8 перемещаются битером 9 на элеватор 11, затем наклонным шнеком 13, подаются через приемник 6 на очистку в ОНП.

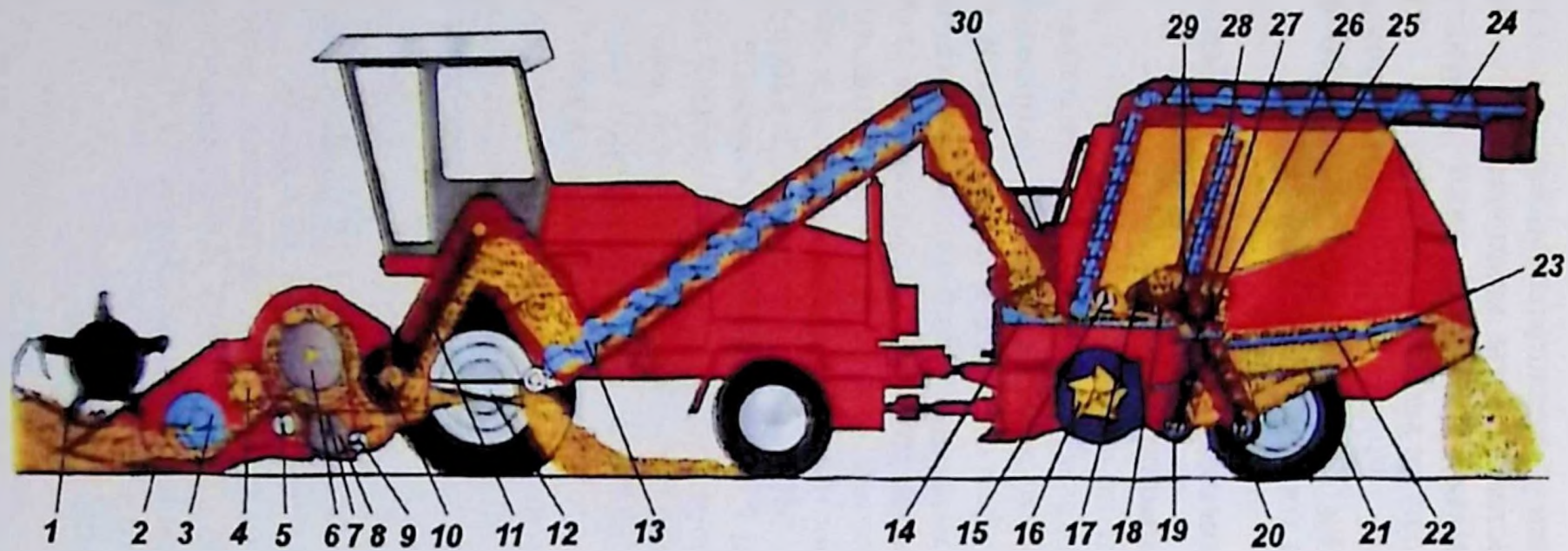


Рис. 4.18. Схема технологического процесса работы комплекса КЗР-10 «Полесье-Ротор»:

1 – мотовило; 2 – режущий аппарат; 3 – шнек жатки; 4 – валец проставки; 5 – дополнительный валец; 6 – ротор МСУ; 7 – дека; 8 – шнек МСУ; 9 – битер МСУ; 10 – битер-измельчитель МСУ; 11 – элеватор МСУ; 12 – соломовод; 13 – шнек наклонный; 14 – стрясная доска; 15 – горизонтальный шнек; 16 – вентилятор; 17 – домолачивающее устройство; 18 – шнек распределительный; 19 – шнек зерновой; 20 – шнек колосовой; 21 – нижнее решето; 22 – верхнее решето; 23 – удлинитель верхнего решета; 24 – шнек выгрузной; 25 – бункер зерна; 26 – элеватор зерновой; 27 – дополнительное решето; 28 – шнек загрузочный; 29 – элеватор колосовой; 30 – приемник ОНП

Зерновая смесь через приемник попадает на стрясную (разделительную) доску 14 (рис. 4.18), при движении по которой происходит предварительное разделение на фракции, зерно перемещается вниз, а остальная часть – вверх. Слой зерновой смеси, проваливающийся через пальцевую решетку стрясной доски 14, несколько разрыхляется, благодаря чему зерно и тяжелые примеси проваливаются вниз на дополнительное решето, а солома и другие легкие примеси под действием воздушной струи вентилятора 16 выдуваются в капот ОНП и оседают на поле.

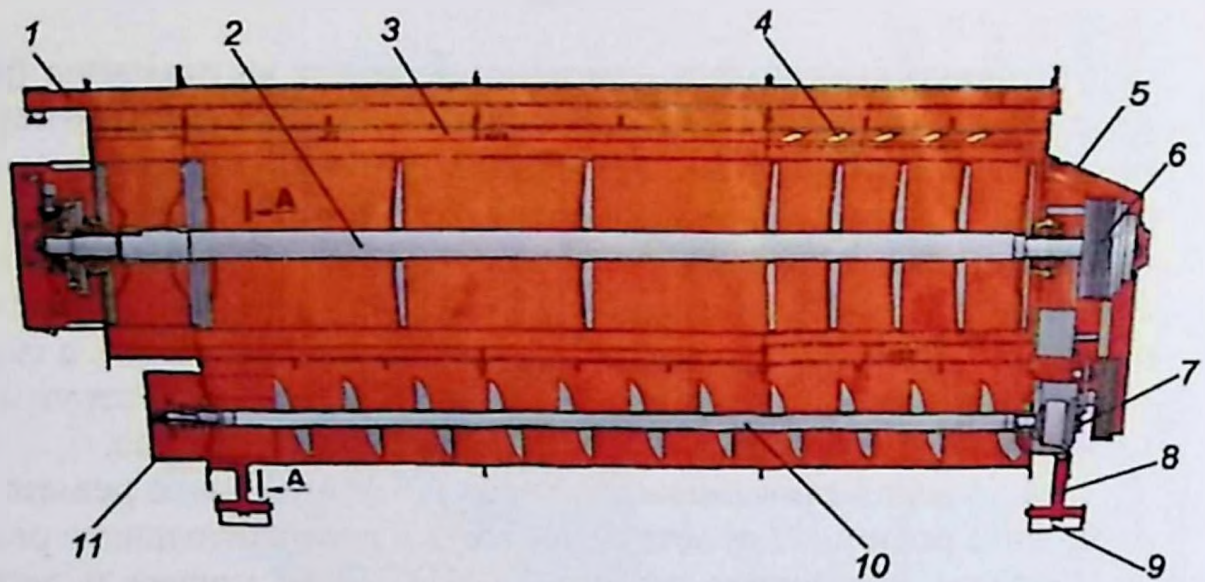
Часть зерна проваливается через дополнительное решето 27 на нижнее решето 21, а остальная часть с дополнительного решета попадает на верхнее решето 22. При этом солома и легкие примеси снова удаляются воздушной струей вентилятора 16. С верхнего решета 22 зерно просыпается на нижнее решето 21, с которого очищенное зерно ссыпается через поддон зерновой к узлу загрузки зерна в бункер, состоящий из шнека зернового 19, элеватора зернового 26 и шнека загрузного 28. Через удлинитель 23 недомолоченные колоски ссыпаются в поддон колосовой и подаются шнеком колосовым 20 и элеватором колосовым 29 в домолачивающее устройство 17. Затем распределительный шнек 18 домолачивающего устройства равномерно распределяет повторно обмолоченную смесь по ширине стрясной доски 14.

Выгрузка очищенного зерна после заполнения бункера 25 в емкость транспортного средства осуществляется выгрузным устройством, состоящим из шнека наклонного выгрузного 24, отвода с редуктором и шнека поворотного выгрузного.

4.4.3 Молотильно-сепарирующее устройство (МСУ)

Молотильно-сепарирующее устройство комплекса – роторного типа с тангенциальной подачей растительной массы и совмещает функции молотильного аппарата и сепаратора соломистого вороха. 1/3 часть МСУ представляет собой молотильно-сепарирующую зону, 2/3 – сепарирующую.

МСУ (рис. 4.19) состоит из рамы 1, ротора 2, сменных дек 4; 12, сменных решет 3, шнека 10 для транспортировки зернового вороха, поступающего после обмолота и сепарации в элеватор.



A - A

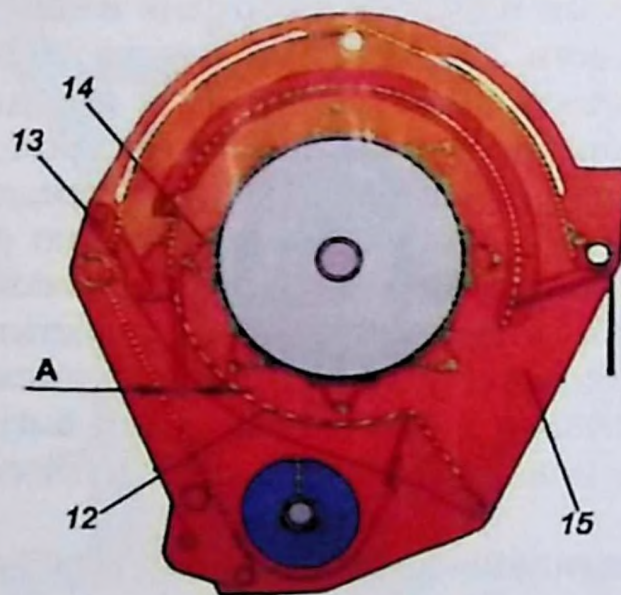


Рис. 4.19. Схема МСУ:

- 1 – рама; 2 – ротор; 3 – решетка; 4; 12 – молотильная дека;
 5 – кожух; 6 – шкив привода ротора; 7 – звездочка привода
 шнека; 8 – рычаг; 9 – опора; 10 – шнек; 11 – ограждение;
 13 – механизм регулировки деки; 14 – бич ротора;
 15 – отсекатель

Молотильная дека 4; 12 является сменной и может быть установлена с различным молотильным зазором A (от 2 до 45 мм) относительно бичей ротора в зависимости от вида убираемой культуры и ее состояния.

При помощи изменения передачи в редукторе привода ротора можно регулировать частоту его вращения.

Наличие сменного энергетического средства позволяет использовать его в течение 5 – 6 месяцев, чего нельзя делать с комбайном, имеющим стационарный двигатель.

На уборке различных культур рекомендуются следующие режимы настройки МСУ комбайна КЗР-10 «Полесье-Ротор»:

Убираемые культуры	Частота вращения ротора, мин ⁻¹	Передача редуктора	Молотильный зазор между декой и бичом, мм	Размер ячейки молотильной деки, мм	Размер ячейки сепарирующих решет, мм
Пшеница	749	III	10...20	20 × 20	20 × 20
Ячмень	910	IV	5	20 × 20	20 × 20
Овес	746	III	10...20	20 × 20	20 × 20
Гречиха	511	II	25...45	20 × 20	15 × 15
Кукуруза	344	I	20...30	16 × 50	20 × 20
Соя	344	I	20...30	20 × 20	20 × 20

При уборке низких и сухих урожаев сои, когда нагрузка на решета незначительна (рис. 4.20), для исключения выноса мелких зерен следует несколько прикрыть заслонки вентилятора, увеличив открытие жалюзи верхнего решета. При нормальной загрузке решета и при сухом ворохе жалюзи верхнего решета следует открыть примерно наполовину. При урожае сои больше 1,2 т/га и сухой погоде необходимо увеличить открытие жалюзи верхнего решета.

При уборке культур в соответствии с таблицей на очистке устанавливаются сменные нижние пробивные решета, которые идут в комплекте с комбайном.

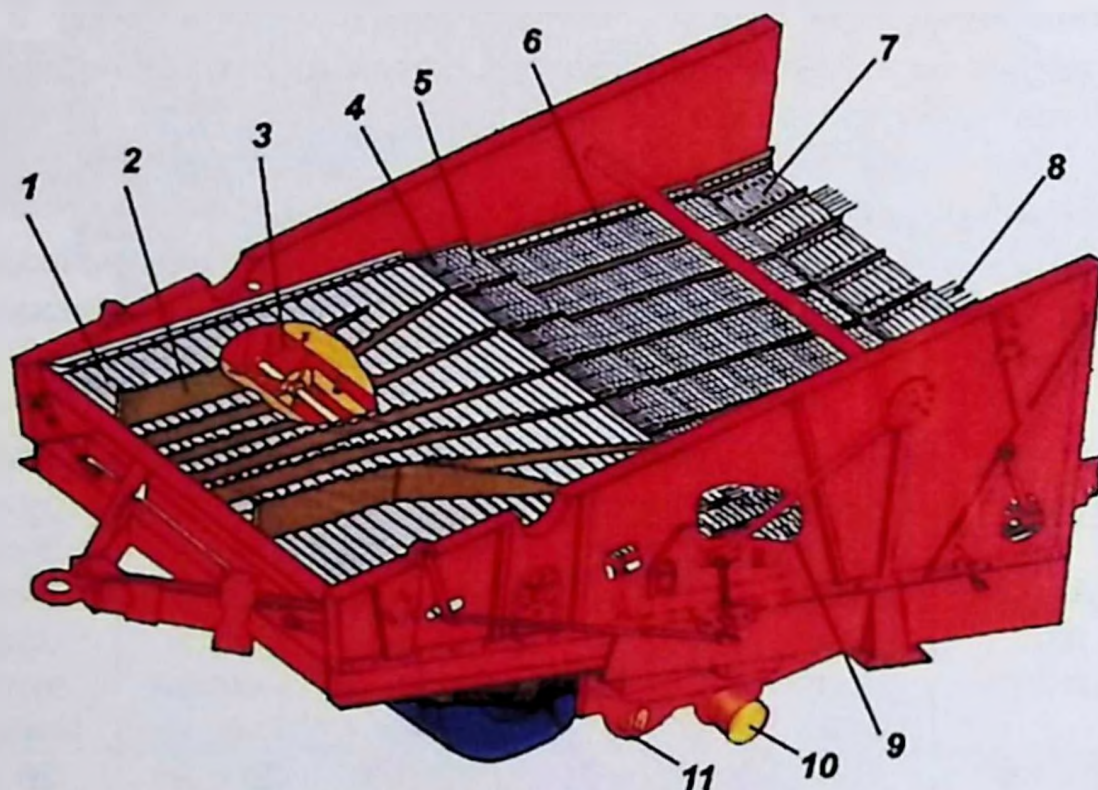


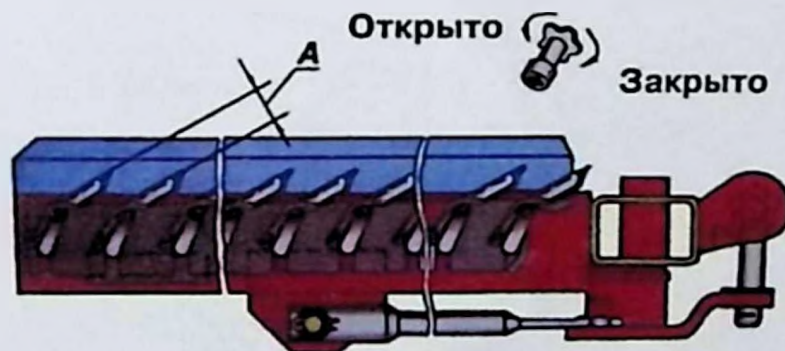
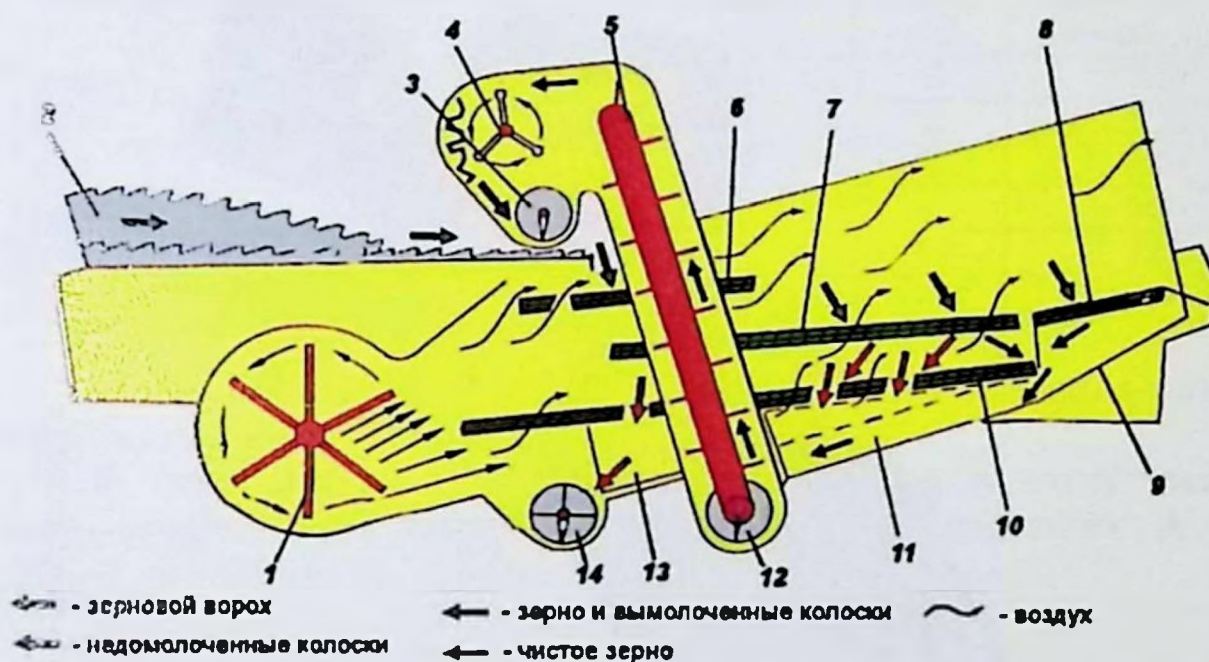
Рис. 4.20. Воздушно-решетная очистка (общий вид):

1 – стрясная доска; 2 – разделительная доска; 3 – вентилятор; 4 – пальцевая решетка; 5 – дополнительное решето; 6 – верхнее решето; 7 – удлинитель верхнего решета; 8 – гребенка; 9 – нижнее решето; 10 – шнек колосовой; 11 – шнек зерновой

Схема работы воздушно-решетной очистки представлена на рисунке 4.21, а режим настройки – в соответствии с таблицей 4.6.

Технические данные очистки

Тип очистки.....	воздушно-решетная
Число решетных станов.....	2
Тип решет.....	жалюзийные регулируемые
Вентилятор.....	двухсекционный шестилопастной



Механизм регулировки жалюзи верхнего решета:
А – изменение открытия жалюзи

Рис. 4.21. Схема работы воздушно-решетной очистки:

1 – вентилятор; 2 – встрясная доска; 3 – распределительный шнек; 4 – домолочивающее устройство; 5 – элеватор колосовой; 6 – дополнительное решето; 7 – верхнее решето; 8 – удлинитель верхнего решета; 9 – поддон удлиителя; 10 – нижнее решето; 11 – поддон колосовой; 12 – шнек колосовой; 13 – поддон зерновой; 14 – шнек зерновой

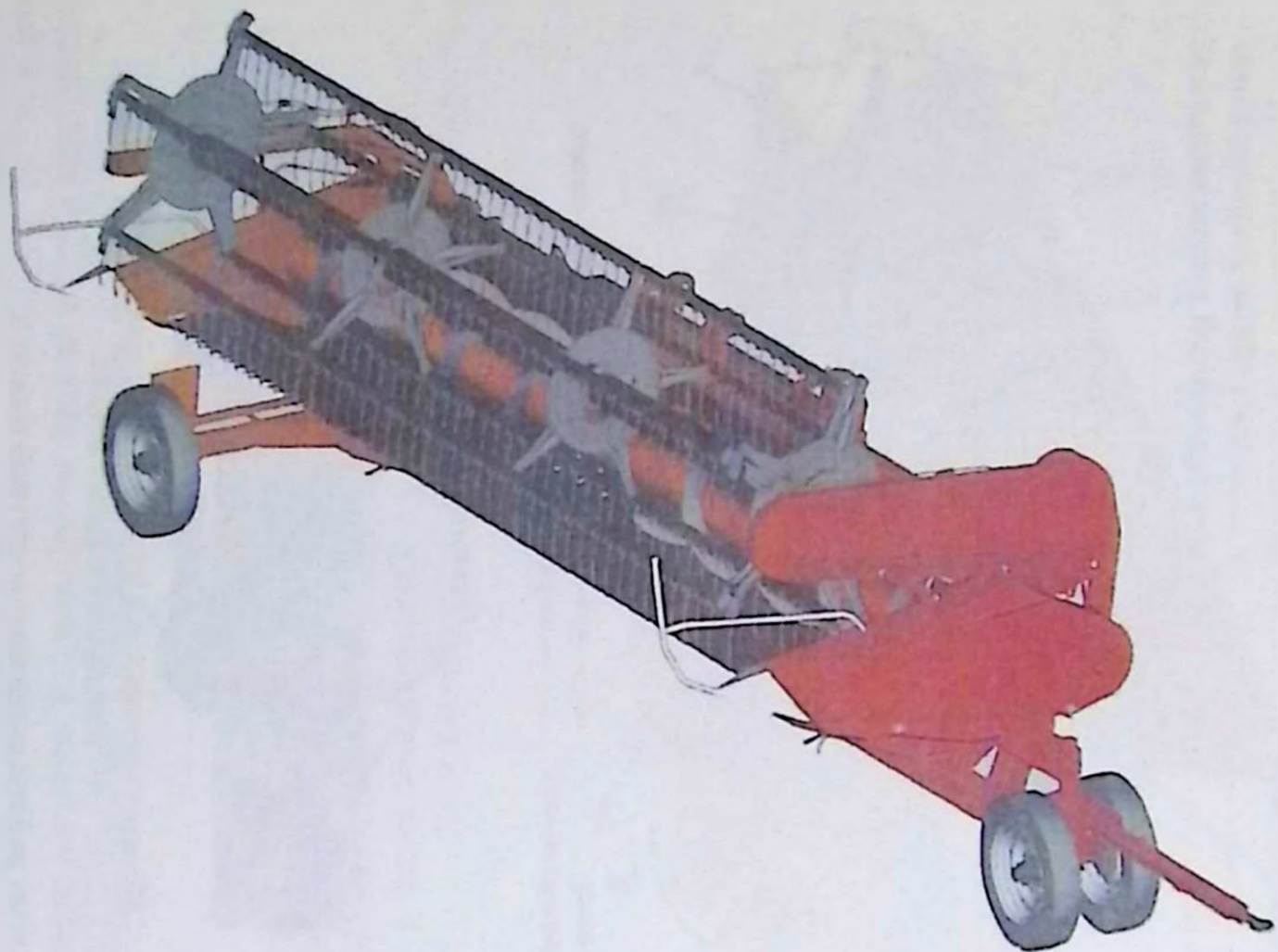


Рис. 4.22. Жатка КЗР-10 «Полесье-Ротор» на транспортной тележке

Таблица 4.6

Настройка рабочих органов очистки

Культура	Положение жалюзи решет (А, мм)				Частота вращения вентилятора, мин ⁻¹
	дополнительное	верхнее	удлинитель	нижнее	
Пшеница	14	12	9	8	700
Ячмень	14	12	9	8	570
Овес	14	12	9	8	680
Гречиха	12	10	12	4	600
Кукуруза	16	14	0	10	720
Соя	15	13	10	10	600

Жатка при работе с копированием поверхности поля опирается на два башмака (рис. 4.23).

В зависимости от положения фиксатора в отверстиях можно установить следующую высоту среза растений: А – 55 мм, Б – 90 мм, В – 120 мм, Г – 160 мм, Д – 195 мм.

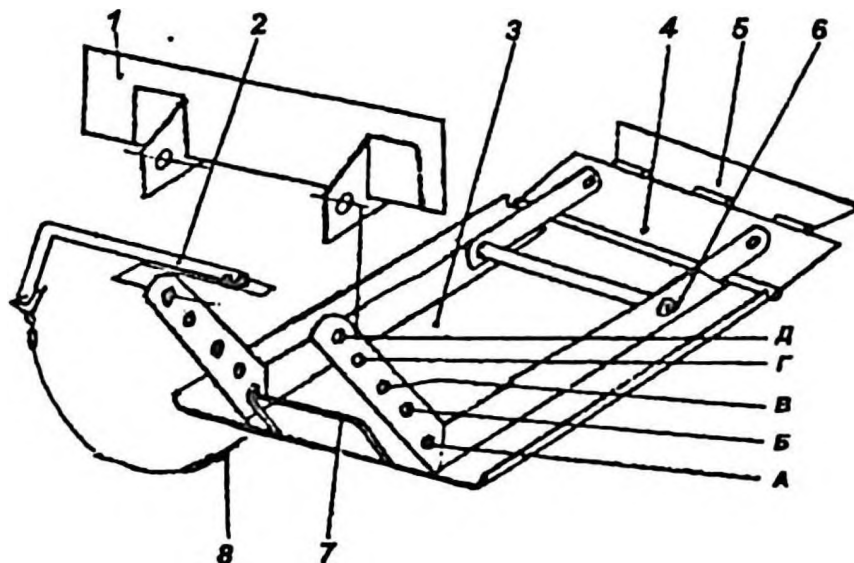


Рис. 4.23. Копирующий башмак:

1 – рама жатки с кронштейнами; 2 – фиксатор; 3 – башмак; 4, 5 – петли; 6 – штырь; 7 – скоба; 8 – шплинт с тросиком; А, Б, В, Г, Д – отверстия для перестановки фиксатора

Рекомендации по настройке жатки представлены в таблице 4.7, а качество работы комбайна – в таблице 4.8.

Таблица 4.7

Рекомендации по настройке жатки

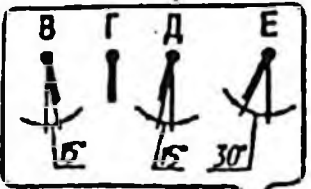
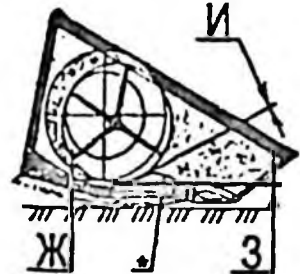
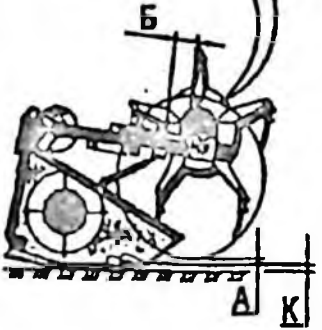
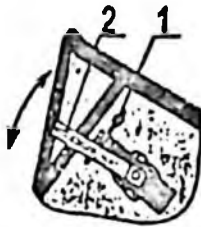
Состояние растений	МОТОВИЛО				ШНЕК		Высота среза растений К, мм	
		Высота А траектории граблины мотвила	Выход штоков гидроцилиндров	Положение граблин	Зазор Ж между витками и днищем, мм (устанавливается гайкой 1)	Зазор З, И между пальцами и днищем, мм (устанавливается рычагом 2)		
Высота до 80 см, средняя густота и засоренность		от 1/3 длины срезанных стеблей до уровня среза	Выдвинуты на максимальную длину	Д	10...15	12...20	<p>* - используется только на короткостебельной массе.</p>  <p>- увеличение зазора З, И</p>	50 ± 10

Таблица 4.8

Качество обмолота сои сорта «Соната» зерноуборочными комбайнами (2005 год колхоз «Амурский партизан»)

Марка комбайна	Дата	Частота вращения (мин ⁻¹)	Зазор (мм)	Влажность (%)	Общий вес пробы		Чистое зерно		Дробленое зерно		Недомолот		Жульеное зерно		Органические примеси		Неорганические примеси	
					(гр.)	%	(гр.)	%	(гр.)	%	(гр.)	%	(гр.)	%	(гр.)	%	(гр.)	%
КЗР-10	30.09.05	511	10	7,6-8,2	415,68	100	383,85	92,34	29,84	7,18	-	0	-	0	0,36	0,09	1,63	0,39
КЗР-10	30.09.05	511	10	7,6-8,2	402,10	100	368,12	91,55	32,62	8,11	-	0	-	0	0,96	0,24	0,40	0,10
КЗР-10	30.09.05	511	10	7,6-8,2	413,64	100	362,03	87,52	49,48	11,96	-	0	-	0	0,66	0,16	1,47	0,36
КЗР-10	30.09.05	511	10	7,6-8,2	375,97	100	348,31	92,64	27,05	7,20	-	0	-	0	0,61	0,16	-	0
КЗР-10	30.09.05	511	10	7,6-8,2	382,14	100	348,40	91,17	32,21	8,43	-	0	-	0	0,57	0,15	0,96	0,25
КЗР-10	30.09.05	511	10	7,6-8,2	401,18	100	369,37	92,07	30,97	7,72	-	0	-	0	0,84	0,21	-	0
Итого					398,45	100	363,36	91,22	33,69	8,43	-	0	-	0	0,66	0,17	0,74	0,18
СК-5м	30.09.05	500	12/8	7,6-8,2	382,83	100	317,75	83,00	56,04	14,64	-	0	-	0	0,69	0,18	8,35	2,18
СК-5м	30.09.05	500	12/8	7,6-8,2	350,74	100	284,61	81,14	55,32	15,77	-	0	-	0	7,07	2,02	3,74	1,07
СК-5м	30.09.05	500	12/8	7,6-8,2	376,17	100	311,28	82,75	56,28	14,96	-	0	-	0	0,90	0,24	7,71	2,05
СК-5м	30.09.05	500	12/8	7,6-8,2	380,03	100	310,14	81,61	59,21	15,58	-	0	-	0	5,40	1,42	5,28	1,39
Итого:					372,44	100	305,95	82,12	56,71	15,24	-	0	-	0	3,51	0,97	6,27	1,67
Енисей-1200Р	30.09.05	500/700	12/10	7,6-8,4	376,83	100	333,28	88,44	41,02	10,89	-	0	-	0	2,53	0,67	-	0
Енисей-1200Р	30.09.05	500/700	12/10	7,6-8,4	384,64	100	343,34	89,26	35,75	9,30	-	0	-	0	4,31	1,12	1,24	0,32
Енисей-1200Р	30.09.05	500/700	12/10	7,6-8,4	382,71	100	345,37	90,24	31,44	8,22	-	0	-	0	5,90	1,54	-	0
Енисей-1200Р	30.09.05	500/700	12/10	7,6-8,4	379,52	100	338,23	89,12	37,46	9,87	-	0	-	0	3,19	0,84	0,64	0,17
Итого:					380,92	100	340,05	89,27	36,42	9,57	-	0	-	0	3,98	1,04	0,47	0,12
JD 1075	1.10.05	600	20/10	6,0-6,6	453,51	100	401,57	88,55	51,30	11,31	-	0	-	0	0,47	0,10	0,17	0,04
JD 1075	1.10.05	600	20/10	6,0-6,6	482,37	100	420,12	87,09	55,09	11,42	-	0	-	0	7,16	1,49	-	0
JD 1075	1.10.05	600	20/10	6,0-6,6	474,54	100	420,04	88,52	52,46	11,05	-	0	-	0	2,04	0,43	-	0
JD 1075	1.10.05	600	20/10	6,0-6,6	409,49	100	368,86	90,08	38,95	9,51	0,90	0,22	-	0	0,78	0,19	-	0
Итого:					454,98	100	402,65	88,56	49,45	10,82	0,22	0,06	-	0	2,61	0,55	0,04	0,01
Енисей-950	1.10.05	740	12/10	8,9-11,3	265,58	100	239,05	90,01	20,77	7,82	1,92	0,72	-	0	2,44	0,92	1,40	0,53
Енисей-950	1.10.05	740	12/10	8,9-11,3	342,81	100	302,73	88,31	29,20	8,52	-	0	-	0	9,83	2,87	1,05	0,30
Енисей-950	1.10.05	740	12/10	8,9-11,3	308,14	100	247,76	80,41	52,86	17,15	-	0	-	0	6,95	2,26	0,57	0,18
Итого:					305,51	100	263,18	86,24	34,28	11,16	0,64	0,24	-	0	6,41	2,02	1,01	0,34
КЗС-3	1.10.05	600	12/10	6,1-10,1	392,61	100	270,37	68,86	28,41	7,24	-	0	-	0	92,98	23,68	0,85	0,22
КЗС-3	1.10.05	600	12/10	6,1-10,1	376,41	100	202,23	53,73	29,11	7,73	-	0	-	0	145,07	38,54	-	0
КЗС-3	1.10.05	600	12/10	6,1-10,1	354,01	100	242,92	68,62	18,78	5,30	-	0	-	0	91,86	25,95	0,45	0,13
Итого:					374,34	100	238,51	63,73	25,43	6,76	-	0	-	0	109,97	29,39	0,43	0,12

4.5 Китайские зерноуборочные комбайны

Машиностроительная компания «Джилиан» находится в г. Дзямусы провинции Хэйлуцзян. С 1997 года комбайностроительный завод этой компании начал производство по американской технологии семейства комбайнов «Джон-Дир».

На амурском рынке работает до 10 комбайнов этой марки моделей 1075, 1076, 1062, 1042.

Техническая характеристика комбайнов компании «Джилиан»

Показатели	Марки комбайнов		
	«Джон-Дир 1075»	Д-3 (ЗА)	Д-5
1. Ширина захвата жатки, м	4,8	3,2	3,9
2. Производительность, кг/с	6,5	3,0	5,0
3. Площадь решет очистки, м ²	5,4	2,4	3,0
4. Вместимость бункера	4,6	2,1	2,5
5. Мощность двигателя, кВт	110	65	92
6. Скорость, км/ч	1,05 – 19,7	1,02 – 20,0	1,02 – 20,0
7. Стоимость (включая таможенные расходы), млн. руб.	2,2	0,85	0,98



**Рис. 4.24. Зерноуборочный комбайн «Джон-Дир»
китайской сборки**

ГЛАВА 5 ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ УБОРКИ СОИ

5.1 Причины потерь сои при уборке

В увеличении производства сои важную роль играет снижение потерь семян во время уборки урожая.

Молотилка комбайна теряет зерно сои в виде недомолота, то есть зерно остается в бобах (как правило щуплых, недозревших). В молотилке из-за неплотностей имеют место потери свободным (вымолоченным) зерном, которое попадает в солому и полову, сбрасываемые на поверхность поля.

Все потери семян сои следует разделять на прямые (невозвратные) и косвенные (рис. 5.1).

К *прямым потерям* относят потери недомолотом в бобах и свободным зерном в соломе и полове, срезанными (оборванными) и оставшимися на стерне бобами, свободным зерном за жаткой и россыпью через возможные щели и неплотности на пути движения вороха в комбайне.

Косвенные потери приводят к снижению посевных и продовольственных качеств сои. На их величину и характер оказывает механическое воздействие рабочих органов комбайна и прежде всего молотильный аппарат. Поэтому уменьшение механических повреждений сои при работе комбайна имеет не менее важное значение, чем уменьшение прямых количественных потерь.

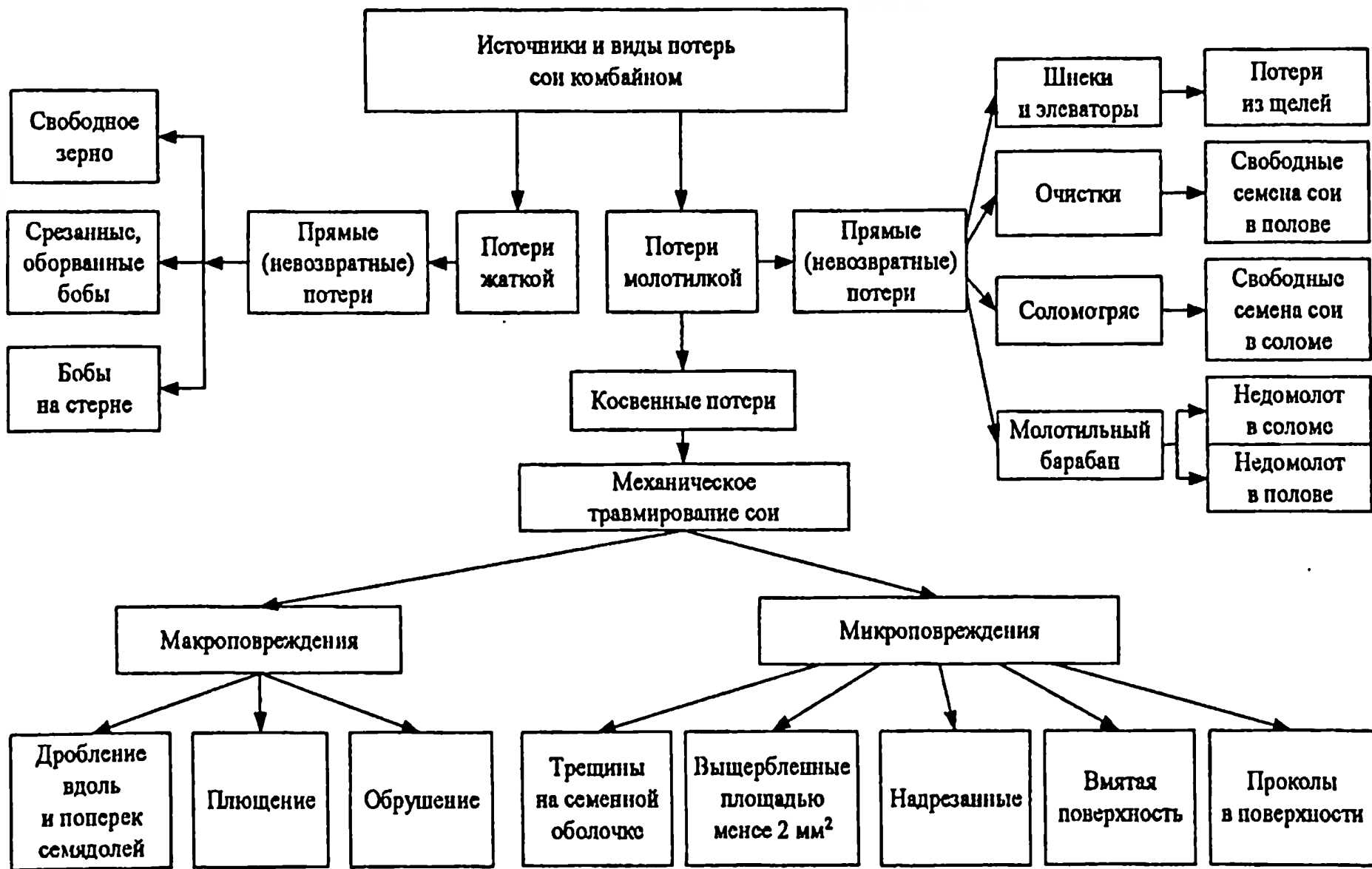


Рис.5.1. Источники и виды потерь сои при уборке комбайном

По данным А.Н. Пугачева основные причины потерь зерна при работе комбайна можно выделить в пять показателей:

1. Характеристика растительной массы перед уборкой (сорт, урожайность, соломистость, засоренность, густота и высота растений, полеглость, влажность зерна и соломы) и рельеф и микрорельеф поля.

2. Погодные условия (относительная влажность воздуха, ветер, дождь (снег), туман).

3. Технологические регулировки рабочих органов жатки и молотилки.

4. Несовершенство конструкции комбайна, участвующего на уборке сои. Невозможность настроить рабочие органы на оптимальный режим, связанный с особенностью физико-механических свойств сои.

5. Организационно-хозяйственные факторы (квалификация механизаторов, технические особенности и состояние уборочной техники).

5.2 Способы движения уборочного агрегата и контроль качества уборки сои

В зависимости от размеров и конфигурации поля, принятого направления движения чаще применяют загонный (рис.5.2, А) с правым поворотом на конце загона. При этом на каждом загоне делаются прокосы (рис.5.2, Б). Это необходимо для удобства поворотов и исключения огрехов при движении комбайна на углах загонов. Помимо продольных прокосов (шириной 4 – 5 м) делают угловые прокосы шириной 10 – 12 м.

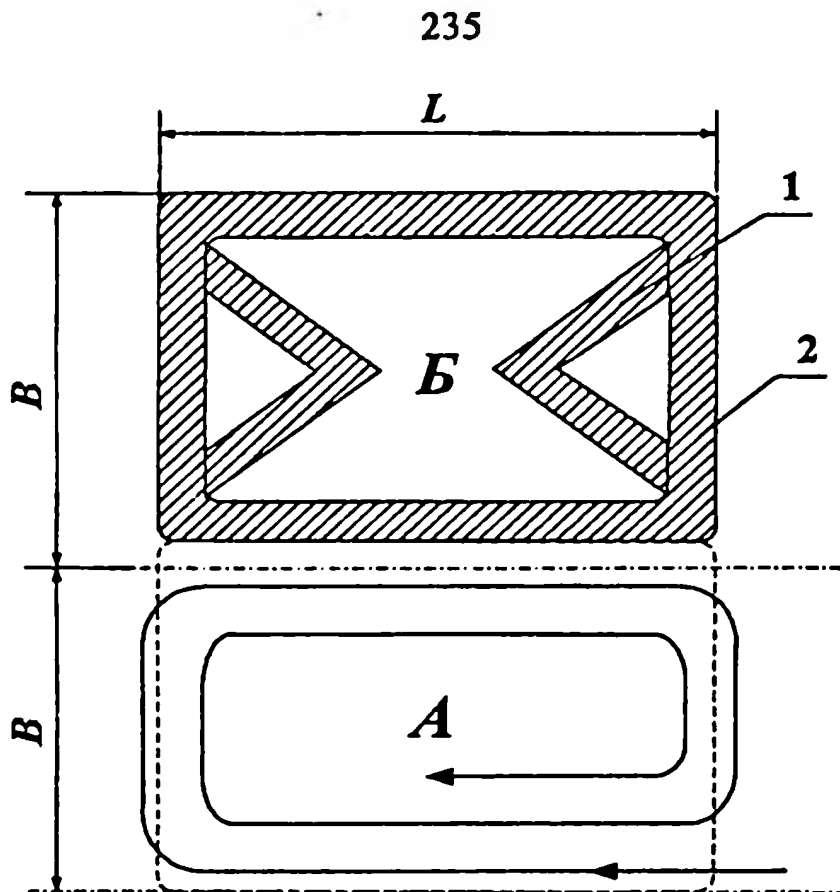


Рис. 5.2. Схема движения комбайна в загоне:

1 – угловой прокос; 2 – обкос по периметру загона;
 B – ширина загона, $B = 100 \dots 150$ м;
 L – длина, $L = (5 \dots 8) B$.

Для более эффективной уборки рекомендуется применение бункеров накопителей для промежуточного накопления, а иногда и вывоза на край поля зерна.

5.2.1 Контроль качества уборки сои

Контроль качества работы комбайнов на уборке сои является важной частью общей организации проведения уборочных работ.

К моменту уборки растение сои выглядит в соответствии с рисунком 5.3.

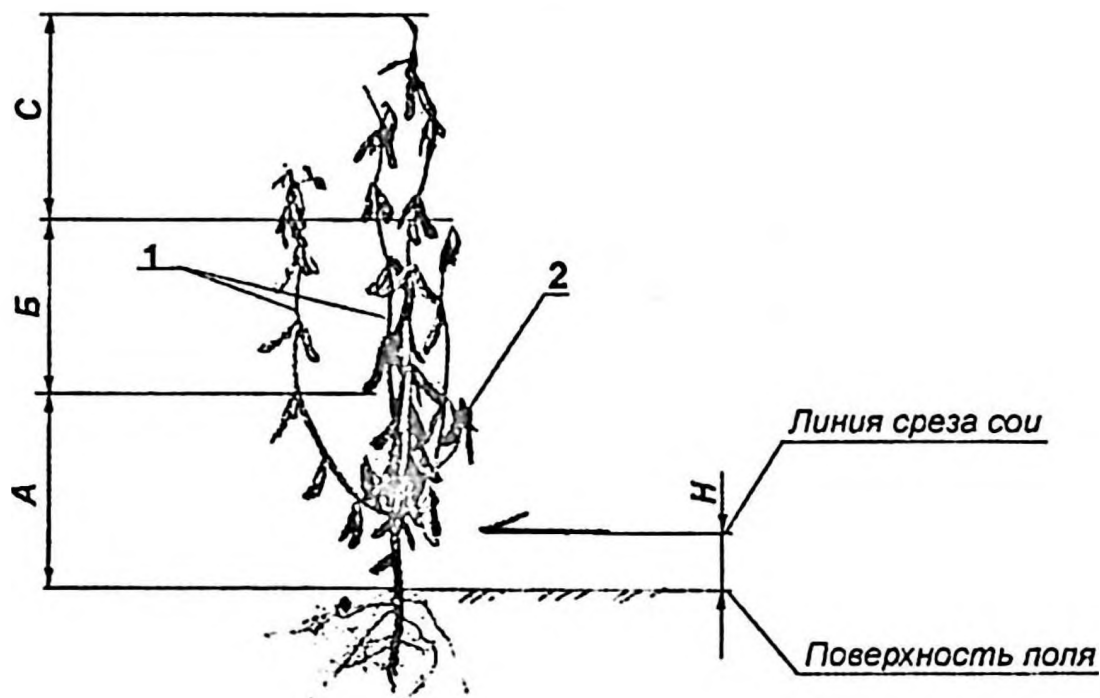


Рис. 5.3. Куст сои к моменту уборки:
 А, Б, С – нижний, средний и верхний ярусы
 размещения бобов;
 1 – боковые ветви с бобами; 2 – бобы сои

Высоту среза растений определяют с помощью линейки не менее чем в 10 местах по ширине захвата жатки и по ходу агрегата. При этом по ширине замеры проводят в двух местах, удаленных от делителей жатки примерно на $A = 1/4B$ ее захвата (1... 1,25 м).

Каждую последующую пару замеров делают на расстоянии 10 м от предыдущей. По 10 полученным замерам определяют с точностью до 1 см среднее значение высоты стерни. На этих же 10 остатках растений (стерне) могут находиться несрезанные бобы, которые необходимо собрать, вымолотить вручную и взвесить семена. Зная биологическую урожайность семян и количество растений на 1 м^2 к моменту уборки потери на стерне можно найти из выражения:

$$П_e = \frac{0,1 \sum G_{ст.}}{\bar{G}_p} \cdot 100\%,$$

где $\sum G_{ст.}$ – вес зерен в бобах, собранных с 1 м^2 стеблей стерни, г;
 \bar{G}_p – среднее значение веса семян сои на одном растении, г

Потери за жаткой в виде оборванных бобов и вымолоченных рабочими органами жатки семян сои определяют, проведя сбор этих потерь (каждый вид отдельно) с участка скошенного комбайном длиной $L = 50$ м и шириной B , м. (рис.5.4). Для этого протягивают веревку по ходу комбайна на расстоянии $A = 1$ м от краев скошенной жаткой части поля. В местах I, II, III и IV вбивают колья.

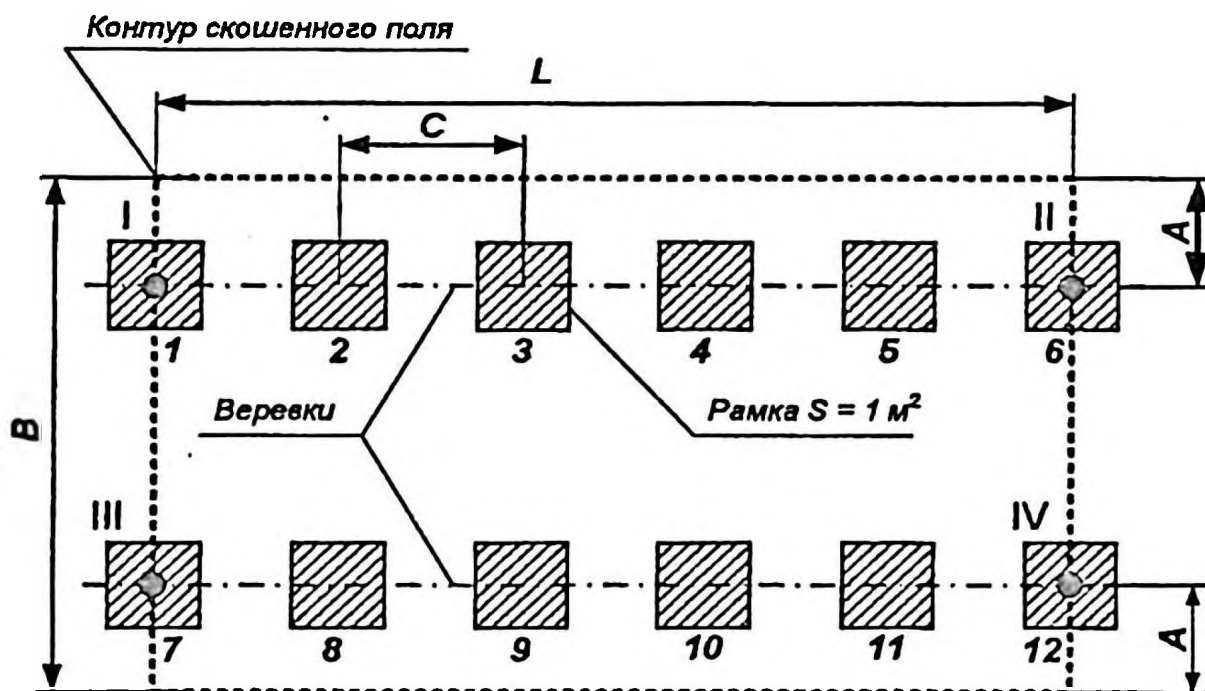


Рис. 5.4. Схема накладки рамок $S = 1\text{ м}^2$ на скошенный участок поля:
 B – ширина полосы;
 C – расстояние между площадками

Вдоль веревок, начиная от крайних кольев I, II, III, IV на расстоянии $B = 10$ м накладывают рамки $S = 1 \text{ м}^2$ и собирают из них оборванные бобы и вымолоченное зерно в отдельные емкости. В местах I, II, III, IV, где находятся крайние кольца, потери собирают с площади $0,5 \text{ м}^2$ и нумеруют отдельно. Таким образом, суммируя собранные потери по видам (при этом зерно из бобов вымолачивается и суммируется отдельно), получим потери семян сои в бобах и вымолоченным зерном на площади 10 м^2 .

Для достоверности оценки указанных выше потерь необходимо на 1 га провести не менее пяти опытов по схеме (рис.5.4), выбирая площадки $L \times B$ в разных местах убранных поля.

Потери семян сои, оказавшихся на поверхности почвы в виде вымолоченных зерен и в бобах на стерне после прохода комбайна определяют из выражения

$$P_c = \frac{0,01 \sum G}{I_B} \cdot 100\%,$$

где \bar{G} – среднее значение потерь на поверхности почвы или стерне семян на 1 м^2 , г;
 I_B – биологическая урожайность сои к моменту уборки, т/га.

Пример определения потерь семян сои за жаткой комбайна.

Исходные данные:

\bar{G}_1 – среднее значение веса семян, собранных с 1 м^2 поверхности поля, г ($\bar{G}_1 = 4,6$ г);

\bar{G}_2 – среднее значение веса семян в бобах, оставшихся на 1 м^2 на стеблях стерни, г ($\bar{G}_2 = 6,2$ г);

I_B – биологическая урожайность сои к моменту уборки, т/га ($I_B = 1,4$ т/га).

$$\begin{aligned}
 P_{c.ж.} &= \frac{0,01 \cdot \bar{G}_1}{I_6} \cdot 100\% + \frac{0,01 \cdot \bar{G}_2}{I_6} \cdot 100\% = \\
 &= \frac{0,01 \cdot 4,62}{1,24} \cdot 100\% + \frac{0,01 \cdot 6,2}{1,24} \cdot 100\% = 3,7\% + 5,0\% = 8,7\%
 \end{aligned}$$

Таким образом, из представленного примера видно, что за жаткой комбайна потери составили 8,7%, из которых 5% пришлось на потери семян, оставшихся в бобах на стерне.

При определении потерь семян за жаткой надо исключать попадание замеров (накладывания рамок) на участки поля, где прошел ходовой аппарат комбайна (зерна и бобы будут вдавлены в почву).

В случае работы комбайна с измельчителем на поверхности поля могут оказаться зерна, теряемые молотилкой, то есть образовавшиеся в результате недомолота и невытряса.

Поэтому для отделения прямых потерь зерна сои от потерь жаткой необходимо собирать выходы половы и измельченной соломы в специальные мешки, закрепляемые на комбайне.

Замерив площадь скошенного комбайном участка (200 – 250 м²) и зная биологическую урожайность сои, не трудно найти потери молотилкой, проведя анализ собранного в мешки вороха. Для этого ворох, высыпаемый на брезентовый полог или полиэтиленовую пленку протряхивают и собирают семена. Часть семян может находиться в невымолоченных бобах.

В роторных МСУ (КЗР-10 «Полесье-Ротор») взятие и обработку проб надо проводить отдельно на выходе из измельчителя соломы и удлинителя верхнего решета очистки (полова).

Величину потерь находят из выражения:

$$P_c = \frac{G_{ск.}^n}{G_{ск.}^u} \cdot 100\%,$$

где $G_{ск.}^n$ – вес семян сои, собранных в сборниках
(в соломе или полове), кг;
 $G_{ск.}^u$ – биологический вес сои на участке, скошенном
комбайном, кг.

$$\text{Величина } G_{ск.}^u = \frac{S_x \cdot I_6''}{10^4},$$

где S_x – площадь скошенного участка, м²;
 I_6'' – биологический вес зерна сои на 1 га, кг;
 10^4 – площадь 1 га, м².

Пример определения потерь сои за молотилкой комбайна.

Исходные данные:

$G_{ск.}^n$ – вес семян сои, собранной в сборники

(из половы и соломы), кг ($G_{ск.}^n = 1,2 \text{ кг}$);

$G_{ск.}^u$ – биологический вес зерна сои на участке, скошенном
комбайном, кг ($G_{ск.}^u = 24 \text{ кг}$);

S_x – площадь скошенного участка, м² ($S_x = 200 \text{ м}^2$);

I_6'' – биологический вес зерна сои на 1 га, кг

($I_6'' = 1200 \text{ кг}$).

$$П_c = \frac{G_{ск.}^n}{(S_x \cdot I_6'') / 10^4} \cdot 100\% = \frac{1,2 \text{ кг}}{(200 \text{ м}^2 \cdot 1200 \text{ кг}) / 10^4} \cdot 100\% = 5\%.$$

При копенной технологии уборки сои потери определяют путем взятия проб из соломы и половы. В соломе могут быть зерна в невымолоченных бобах (как правило односемянных), а в полове могут встречаться как единичные бобы (чаще односеменные), так и зерна сои. Устранить эти возможные недостатки в работе комбайна можно, обеспечив лучшую работу верхнего решета очистки и его удлинителя путем большего открытия жалюзи. Невымолоченных двух- и трехсеменных

бобов в соломе не должно быть. При их наличии следует увеличить частоту вращения второго барабана или уменьшить его молотильные зазоры.

Одна из основных задач на уборке сои – обеспечение снижения дробления и микроповреждений семян при работе комбайнов. Оценка этих показателей производится непрерывно в течение рабочего дня, путем анализа проб, взятых из бункера комбайна. Пробы (вес 1,5 – 2,0 кг) берутся из разных мест бункера комбайна или кузова автомобиля (бункера-накопителя). Для этого в хозяйстве в период уборки должна работать соответствующая служба (лаборатория) контроля качества. Особенно организация такого контроля требуется при заготовке семенного материала.

Обобщенные показатели, характеризующие растения сои перед уборкой

1.	Высота растений, см.....	63
2.	Высота прикрепления нижнего боба, см.....	9
3.	Количество растений перед уборкой на 1 м ²	16
4.	Толщина стебля на линии срез, мм.....	5,5
5.	Количество ветвей у одного растения.....	3
6.	Вес 1000 семян, г.....	160
7.	Количество бобов на одном растении, шт.	30
8.	Урожай зерна, т/га.....	1,8
9.	Урожай соломы, т/га.....	1,6
10.	Влажность зерна при уборке, %.....	13
11.	Количество бобов по ярусности, шт.	
	0... 10 см.....	5
	11... 20 см.....	8
	21... 30 см.....	7
	31... 40 см.....	5
	41... 50 см.....	3
	51... 60 см.....	2
12.	Длина боба, мм.....	35
13.	Усилия выдергивания одного растения из почвы, Н.....	50

**5.3 Исходные требования (проект)
на технологическую операцию прямой комбайновой
уборки сои с измельчением и разбрасыванием незерновой
части урожая по поверхности поля**

1. Назначение

Операция предназначена для скашивания растений сои, подачи скошенной массы в молотилку комбайна, ее обмолота в молотилке с отделением семян от незерновой части урожая, сбора зерна в бункер, измельчения и разбрасывания незерновой части по поверхности поля.

**2. Место в системе технология
(федеральный регистр)**

Операция включается в технологической отраслевой адаптер «Уборка зерновых, зернобобовых, масличных и крупяных культур» Р-АТП-1.3, п.2.3.

3. Зона применения

Операция применяется во всех зонах РФ, где возделывается соя.

4. Условия применения

Операция наиболее эффективна на уборке равномерно созревших растений сои, не засоренных сорняками, прямостоящих растений с влажностью до 18%.

Операция рекомендуется для комбайнов класса 3 – 4 – 5 кг/с, а также в хозяйствах, не нуждающихся в незерновой части урожая.

**5. Предшественник, предшествующие
и последующие операции**

Базовая операция применяется после любого предшественника.

6. Требование к качеству выполнения операции

Высота среза растений 5 – 7 см.

Потери несрезанными бобами не более 2%.

Потери свободного зерна за жаткой комбайна при влажности растений более 12% – не более 0,2%, а при влажности до 12% – не более 1%.

Потери зерна в недомолоченных (оборванных) мотовилом бобах не более 0,2%. Потери свободного зерна в сходах с незерновой частью не более 1%, а общие потери семян за молотилкой не более 1,5% от урожая на единице площади.

Дробление семян сои при влажности растений до 14% не более 2%.

Засоренность зернового вороха в бункере комбайна частицами соломы, половы, сорняками и минеральными примесями не более 5%.

Измельченная солома должна содержать не менее 85% частиц длиной менее 12 см.

Снижение производительности комбайна при работе с измельчителем соломы не должно превышать 15% по сравнению с производительностью комбайна без копнителя.

Измельченная солома должна разбрасываться по полю равномерно на ширину не меньшую, чем ширина захвата жатки комбайна.

7. Экологические требования

Удельное давление комбайна на почву не более 150 кПа при влажности почвы менее 60% и 80 – 100 кПа при влажности почвы более 60% в соответствии с ГОСТ26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву».

Глубина колеи от прохода комбайна не должна превышать 5 см.

Измельченная солома, выходящая из-под измельчающего устройства, должна распределяться равномерно по полю веерным образом с высоты не более 0,6 м. Факельный разброс соломы не допускается.

Запрещается круговой способ движения уборочного агрегата.

Не допускается подтекание и каплепадение топлива, моторного и трансмиссионного масел, смазочных материалов, рабочих жидкостей.

8. Требования базовой операции к конструкции, схемам и параметрам технических средств для ее выполнения

Для выполнения базовой операции должен применяться зерноуборочный комбайн только того класса, который соответствует по своим параметрам состоянию поля по урожайности семян сои и соломы, сорту убираемой культуры для обеспечения его полной загрузки в соответствии с производительностью. Допускается отклонение пропускной способности комбайна в меньшую сторону не более чем на 10%. Перегрузка комбайна не допускается.

Комбайн должен быть оборудован навесным измельчителем-разбрасывателем, а также адаптерами для уборки зерновых и зернобобовых культур с любой урожайностью растений.

Рабочие органы комбайна должны иметь набор технологических регулировок для их настройки применительно к уборке различных культур и их состоянию по влажности, урожайности, засоренности и др.

Измельчающее устройство должно осуществлять измельчение соломы влажностью до 60% без нарушения технологического процесса работы комбайна.

Вместимость бункера комбайна и кузов транспортного средства должны быть согласованы между собой: быть равными и кратными 1 : 2; 1 : 3; 1 : 4 и т.д.

Высота расположения выгрузного шнека бункера комбайна и высота расположения борта кузова транспортера, применяемого в соответствии с ГОСТ 25353-82 «Машины уборочные и транспортные средства. Габаритная и погрузочная высота».

Комбайн должен организоваться со всем набором хедеров, необходимых для полной загрузки комбайна по пропускной способности при любой урожайности.

Базовая модель комбайна должна иметь модификации для уборки в экстремальных условиях.

Мощность двигателя комбайна, оборудованного измельчителем должна быть на 15 – 20% больше по сравнению с мощностью двигателя комбайна без измельчителя.

Зерноуборочный комбайн должен обеспечивать:

- коэффициент надежности технологического процесса – 0,99;
- коэффициент технологической готовности – 0,96;
- наработки на отказ – не менее 70 часов;
- коэффициент использования времени смены – 0,68;
- срок службы – 12 лет.

9. Требования техники безопасности

Требования безопасности должны выполняться в соответствии со следующими стандартами:

- ГОСТ 12.2.002-91 «Сельскохозяйственная техника. Методы оценки безопасности»;
- ГОСТ 12.2.111 п.1.2, ТУ и ГОСТ 12.2.002 п.2.2.4. Норматив на угол поперечной статической устойчивости;
- ГОСТ 12.2.002; РД 10.9.1; РД 10.20.3 ТУ «Наличие защитных ограждений и кожухов»;
- ГОСТ 12.2.111. п.п. 1.19 – 1.25 «Требования к рабочим местам оператора и обслуживающего персонала»;
- ГОСТ 12.2.003. п.2.1.10 «Пожароопасность»;
- ГОСТ 12.2.111. п.п. 1.2 – 1.5; 1.7 – 1.11; 1.13, 1.5 – 1.7 – 2.4.3 «Общие требования безопасности к машинам сельскохозяйственным».

10. Исходные требования разработки с учетом рекомендаций ГНУ ВИМ.

К ПРОБЛЕМЕ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КОМБАЙНОВ В РОССИИ

Один из важных вопросов по этой проблеме – это потребность России в «суперкомбайнах». Здесь сказываются две позиции. *Первая* следует из сложившейся в АПК страны реальной ситуации с дефицитом кадров, локальным ростом урожайности зерновых культур в отдельных регионах страны, повышением общей культуры земледелия в «сильных» хозяйствах, а также тенденция развития мирового комбайностроения в области создания комбайнов высокой производительности.

Отсюда вывод: высокопроизводительные комбайны (класс 12 кг/с и выше) должны стать основными зерноуборочными машинами в России, так как они могут обеспечить прорыв в интенсификации уборочных работ. Большая производительность комбайнов – это большая годовая выработка (до 1500 га), это сокращение топлива, количества механизаторов, единиц техники. Приоритетность таких комбайнов указана в «Стратегии машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года», утвержденной РАСХН и МСХ РФ.

Вторая позиция основывается на ряде объективных положений. Здесь имеется в виду, что определение оптимальной структуры комбайнового парка с выявлением соотношения в нем машин разного класса – сугубо национальная проблема для государства, так как зависит от многочисленных агроклиматических, почвенных и других факторов, соответствующих каждой стране. Поэтому опыт зарубежных стран для России нельзя применить. Достаточно отметить, что в США, Великобритании, Франции, Германии средняя урожайность зерна превышает 5,0 т/га, а в России доля площадей с такой урожайностью менее 2%.

Мировая практика изготовления зерноуборочных комбайнов показывает, что в странах с установившимися рыночными отношениями во всех сферах производства надо добиваться высокой производительности комбайнов у каждого сельхозто-

варопроизводителя. Поэтому все крупные комбайностроительные фирмы выпускают в среднем по 20 – 30 моделей комбайнов: от самых маленьких с шириной молотилки 0,78 м до самых больших с шириной молотилки до 1,7 м. В настоящее время нет явной тенденции к сокращению производства одних комбайнов за счет других. Структура комбайнового парка должна это учитывать. Здесь важно обеспечить необходимость эффективной эксплуатации комбайнов каждого класса. Комбайны класса 10 и 12 кг/с эффективны при уборке зерновых культур с урожайностью полей не менее 4 – 4,5 т/га и соотношения длины гона к ширине не менее 5 : 1, наличии транспорта грузоподъемностью не менее 7 – 8 т и полевых зерноперегрузчиков, расстоянием перевозок зерна по пути «поле – ток» не более 5 км. Кроме этого комбайн должен быть надежен и иметь наработку на один отказ не менее 120 ч.

Главный приоритет в выборе комбайна – это реальный спрос на рынке. Достаточно отметить, что один из самых мощных комбайнов в мире «Дон-2600ВД» производительностью до 22 т/ч зерна за последние 20 лет востребован сельхозтоваропроизводителями в количестве всего 20 штук.

Расчеты, проведенные ВИМ на перспективу до 2015 года, обосновывают общее число комбайнов для России до 410 тысяч штук. При этом приоритет отдается комбайнам класса 5 – 6 кг/с и 9 – 10 кг/с. Они должны составлять более 50% парка комбайнов. Поэтому их следует совершенствовать в первую очередь.

Направления модернизации:

- повышение эксплуатационной надежности;
- улучшение условий работы механизатора;
- упрощение техобслуживания и ремонта;
- изменение компоновки по схеме «центральная кабина – бункер – двигатель»;
- снижение давления на почву;
- улучшение качества выполнения технологического процесса.

Вместе в тем необходимо изготовить макетный образец Российского комбайна класса 12 кг/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин, В.И. Повреждение семян зерновых культур при машинной обработке / В.И. Аникин // Вестник с.-х. науки. – 1992. – №1. – С. 97 – 105.
2. Ашмарин, И.П. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов / И.П. Ашмарин, Н.Н. Васильев, В.А. Абросов. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1975. – С. 29 – 63.
3. Балк, М.В. Геометрия масс / М.В. Балк, В.Г. Болтянский // Библиотека квант. – Выпуск 61. – М, 1987.
4. Бережной, И.А. Исследование размерных характеристик зерна сои / И.А. Бережной, А.Т. Волков, В.Н. Рябченко // Труды Амурской с.-х. опытной станции. – Т.2, вып. 2. – Хабаровск, 1968. – С. 131 – 142.
5. Блох, Л.С. Практическая номография / Л.С. Блох. – М.: Высшая школа, 1971. – С. 232 – 237.
6. Бумбар, И.В. Молотильное устройство / И.В. Бумбар, Н.П. Охотенко, И.Л. Маркевич. А.С. 1142047 (СССР). – Опубликовано в Б.И., №4, 1983.
7. Бумбар, И.В. Состояние и перспективы совершенствования конструктивных и технологических параметров жатки-хедера на уборке сои / И.В. Бумбар, А.С. Гонтарь, А.К. Кондратьев // Механизация возделывания и уборки зерновых и сои на Дальнем Востоке. – Благовещенск, 1990. – С. 41 – 49.
8. Бузенков, Г.М., Ма С.А. Машины для посева с.-х. культур / Г.М. Бученков, С.А. Ма. – М., 1976. – С.12 – 13.
9. Бяснакьян, Г.А. Определение сил прочности связи зерна с колосом и обмолачиваемости зерновых культур / Г.А. Бяснакьян // Тр. ВИМ. – М., 1964. – Т. 34. – С. 240.
10. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 159 с.
11. Волков, А.Т. Комплексная механизация возделывания и уборки сои / А.Т. Волков // Тр. Амурской с.-х. опытной станции. – Благовещенск, 1968. – Т. 2. – Вып. 3. – С.68 – 69.

12. Глотов, В.П. Влияние свойств соударяемых поверхностей на коэффициент восстановления семян сои / В.П. Глотов, В.В. Назаренко // Механизация возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке. – Благовещенск, 1973. – Вып. 2. – С. 29 – 36.

13. Горячкин В.П. Собрание сочинений. – М.: Сельхозиздат, 1968. – Т.1 – 3.

14. Грек, А.И. Вопросы обмолота / АИ. Грек. – Владивосток, 1970.

15. Гречачин, Н.П. Исследование двухфазного способа обмолота сои: дис... канд. техн. наук. – Омск, 1971.

16. Долгов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Долгов, Г.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1967. – 200 с.

17. Емельянов, А.М. Элементы математической обработки и планирования инженерного эксперимента: методические указания А.М. Емельянов, А.М. Гуров. – Благовещенск, 1984. – 63 с.

18. Желиговский, В.А. Опыт построения рациональной формы молотильных зубьев / В.А. Желиговский // Теория, конструкция и производство с.х. машин. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – Т.IV. – С. 553 – 558.

19. Зональная система технологий и машин для растениеводства Дальнего Востока на 2006 – 2015 гг. / под общ. ред. Б.И. Кашпуры, Ю.В. Терентьева, И.В. Бумбара. – Благовещенск: ДальГАУ, 2005. – 486 с.

20. Использование агрометеорологических данных в с.-х. производстве Амурской области / сост. Смирнова Н.Н. – Благовещенск, 1971. – 31 с.

21. Кленин, Н.И. Ударное воздействие на хлебную массу в процессе обмолота / Н.И. Кленин, Ю.Ф. Лачуга // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1970. – №12. – С. 40 – 41.

22. Колганов, К.Г. Комбайны двухфазного обмолота зерновых культур / К.Г. Колганов, Б.Н. Четыркин, З.И. Воцкий. – Челябинск: Южно-уральское книжное издательство, 1971. –

137 с.

23. Комиссаров, В.И. Исследования условий повреждения семян сои рабочими органами комбайна В.И. Комиссаров, В.П. Паринов, А.И. Дыняк // Повышение эффективности использования и совершенствование конструкции с.-х. техники на Дальнем Востоке. – Уссурийск, 1975. – Вып. 38. – С, 58 – 59.

24. Конченко, Н.Ф. Сортирование семян сои по сферичности / Н.Ф. Конченко, С.К. Трофимов // Сборник научных трудов ВАСХНИЛ, Сибирское отделение. – Новосибирск, 1986. – С. 116 – 120.

25. Кузин, В.Ф. Возделывание сои на Дальнем Востоке / В.Ф. Кузин. – Благовещенск: Хабаровское книжное издательство, 1976. – 248 с.

26. Куперман Ф.М. Об аномалиях роста растений из травмированных семян пшеницы // Биологические основы повышения качества семян с.-х. растений. – М., 1964.

27. Методика изучения физико-механических свойств с.-х. растений. – М, 1960.

28. Модель сорта сои: методические рекомендации / подг. А.Я. Ала. – Новосибирск, 1982. – 31 с.

29. Мухин, В. Снижение потерь урожая сои при уборке // Зерновые и масличные культуры. – 1971 – № 10.

30. Мухин, И.А. Механические повреждения и жизнеспособность семян / И.А. Мухин. – Земля сибирская, дальневосточная. – 1981. – №11. – С.52 – 53.

31. Назаренко, В.В. Исследование механической повреждаемости зерна сои при обмолоте и пути его снижения: дис... канд. техн. наук. – Благовещенск, 1974. – 175 с.

32. Погорелый Л.В. Земледельческая механика, машиноведение и с.-х. техника в XX – начале XXI века // Тракторы и с.-х. машины. – 2004. – №8.

Присяжная, С.П. Посевные качества и продуктивность травмированных семян сои / С.П. Присяжная // Вопросы возделывания основных с.-х. культур в Амурской области. – Новосибирск, 1976. – С. 109 – 112.

34. Присяжная, С.П., Присяжный М.М. Хозяйственная годность семян сои с учетом травмирования / С.П. Присяжная, М.М. Присяжный // Механизация возделывания с.-х. культур на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. – Выпуск V. – Благовещенск, 1976.

35. Присяжный, М.М. Исследование факторов, влияющих на качество семян сои / М.М. Присяжный // Пути повышения урожайности сои на Дальнем Востоке. – Благовещенск, 1982. – С.107 – 113.

36. Промышленное семеноводство: справочник / под ред. И.Г. Строны. – М.: Колос, 1980. – С.16 – 17.

37. Пустыгин, М.А. Теория и технологический расчет молотильных устройств / М.А. Пустыгин. – М.: Сельхозгиз, 1948. – С.51.

38. Сабликов, М.В. Защемление и затягивание тел / М.В. Сабликов // Механизация и электрификация социалистического с/х. – 1968. – №3.

39. Селекция с.-х. культур на Дальнем Востоке / под ред. Г.Т., Казьмина. – Хабаровск, 1987. – 176 с.

40. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 560 – 561.

41. Семенов, Л.Н. Геометрическая классификация форм семян / Л.Н. Семенов: Труды Кишиневского СХИ. – Кишинев, 1959.

42. Система земледелия Амурской области / под ред. В.А. Тильбы и др. – Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. – 304 с.

43. Сулеймянов, М.И. Повышение эффективности работы аксиально-роторного зерноуборочного комбайна ПН-100 «Простор»: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1997. – 21 с.

44. Сулеймянов, М.И. Результаты хозяйственной проверки зерноуборочного комбайна ПН-100 «Простор» / М.И. Сулеймянов, А.А. Баранов // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – №3. – С.38 – 40.

45. Терентьев, Ю.В. Технологические основы комплекс-

ной механизации производства сои / Ю.В. Терентьев. – Благовещенск, 1988. – 99 с.

46.Травмирование семян и его предупреждение / под общ. ред. И.Г. Стropy. – М.: Колос. 1972. – 160 с.

47.Улитин, Н.П. Механизация возделывания и уборки сои в условиях Приамурья / Н.П. Улизин // Соя в Приморском крае. – Владивосток, 1965.

48.Феодосьев, П.И. Сопротивление материалов / П.И. Феодосьев. – М.: Наука, 1986.

49.Шанцев, А.В. К оценке работы жатвенной части комбайна на уборке сои / А.В. Шанцев // Проблемы комплексной механизации возделывания сои: сб. науч. тр. ВНИИ сои. – Благовещенск, 1973. – С. 55 – 61.

50.Шевченко, В.М. Урожайность семян кукурузы при различных типах механических повреждений / В.М. Шевченко: труды УкрНИИ растениеводства, селекции и генетики. – Т.8. – Харьков, 1964.

51.Щегорец, О.В. Соеводство / О.В. Щегорец. – Благовещенск, 2002. – 432 с.

52.А.С. 211189 М. кл. А01 Д 17/00.

53.А.С. 971149 М. кл. А01 Д 35/00. Уборочная машина / Н.Г. Палужак.

54.А.С.1340631 М. кл. А01 Д 41/12. Жатка комбайна для уборки селекционных посевов зерновых, зернобобовых и других культур / Раздорский Ю.А., Похилов В.П., Климов А.И.

55.А.С.1355157 М.кл. А01 Д 41/12. Жатка зерноуборочной машины / О.А. Секретов, И.С. Никульчев, Н.В. Кузнецов и др.; Оpubл. в Бюл. 1987. – №44.

56.ГОСТ 10856-96. Семена масличные. Методы определения влажности.

57.ГОСТ 28301-89. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний.

58.Пат. № 2716744 (США) кл. 56 – 158, 1955.

ПРОГРАММА К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ СХОДА ЧАСТИЦЫ
(α_B , ν_0 , $\nu_{абс}$, $\omega_{шс}$) С ПАЛЬЦА ШНЕКА ЖАТКИ

LIST

```

5 REM SHEK: DIM G1 (5), F1 (4), C1 (4)
10 FOR I1 TO 5: PRINT "I1; I1 : INPUT "ВВЕДИТЕ G1 (I1)": G1 (I1)
15 G1 (I1) = G1 (I1)*3.14159/180 : NEXT I1
20 FOR I2 = 1 TO 4 : PRINT "I2 = ;I2
25 INPUT "ВВЕДИТЕ F1 (I2)": F1(I2): NEXT I2
30 FOR I3 = 1 TO 4 : PRINT "I3 = ;I3
35 INPUT "ВВЕДИТЕ C1(I3)": C1(I3) : NEXT I3
40 L1 = 0
45 FOR I1 = 1 TO 5 : FOR I2 = 1 TO 4 : FOR I3=1 TO 4
50 P1=SQR(0.027I-00204*COS(CI(I1))):E1-ATN(CI(I3))
55 X2 = 0,232 - PI)/COS(EI):A1=-P1/COS(EI)
60 O1= 68*SIN(GI (I1))/P1 : O1=ATN(O1/SQR(1-O1^2+1)
65 P2= -C1(I3)+SQR(CI(I3)^2+1: F= -C1 (I3) - SQR(C1(I3)^2+1)
75 B1 = 9,81*(SIN(O1-EI)+CI(I3)*COS(11-EI))
80 F4= .15*FH(I2)*SIN(O1)/COS(EI):XO=0:TI=0:F5=1
85 W1*.0001
90 U1=F1(I2)^(1-0.453*COS(F1(I2)*T1+G1(I1)))
95 UI=U1/1.205-0.906*COS(F1(I2)*T1+C1(I1))
100 F6=1-.453*COS(F1(I2)*T1+G1(I1)+.453*C1(I3)*SIN(F1(I2)*T1+G1(I1)))
105 F6-F6/I-0.453*COS(F1(I2)*TI-K}I (I1))
110 S1=-G2+B1/ 2/(C1(I3)*(1+F6^2)/F6))
115 S1=S1/(1+F6)^2/2*C1(I3)*F6)*(U1^2))
120 D1=B1+S1*(U1^2)*(1+F6^2)/2*C1(I3)*F6*U1^2)
125 Z1=F4-U1*(D1-F2*F6*(A1+S1-XO))/F6*U1*(F3-F2))
130 Z0=X0-A1-S1-Z1
135 X1=Z0*EXP(F2*F6*U1*M1)+Z1*EXP(F3*F6*U1*W1)+S1*COS(U1*WD)
140 X1=X1+D1*SIN(U1*W1)+A1
145 N1=Z0*F2*F6*U1*EXP(F2*F6*U1*W1)+Z1*F3*F6*U1*EXP(F3*F6*U1*W1)
150 N1=N1-S1*U1*SIN(U1*W1)+D1*U1*COS(U1*W1)

```

```
155 N2=M1*F5; IFX1<X2 THEN235
160 U2=1-.453*COS(F1(I2)*T1+G1(I1))+.453*TAN(E1)*SIN(F1(I2)*N1+G1(I1))
165 U2=F1(I2)*U2/1.205-.906*COS(F1(I2)*T1+G1(I1)))
170 V1=SQR(.054*(U2^2)-.464*U2*SIN(E1)+N1^2)
175 P0=SQR(.0271-.0204*COS(F1(I2)*T1+G1(I1)))
180 P2=.068*SIN(F1(I2)*T1+G1(I1))
185 Q1=N1*COS(E1))/I1:Q2=ATN(SQR(1-Q1^2)/Q1)
190 Q3=1.5779+F1(I2)*I1+ATN((P2/P0)/SQR(1-P2/P0)^2))
195 Q4=P0^2-.0533)*(COS(E1))^2-.232-P0)^2
200 Q5=.461*P0*(COS(E1))^2:Q6=Q4/Q5
205 V2=Q2-Q3-ATN(SQR(1-Q6^2)/Q6):IFV2>= THEN208
207 V2=-1*V2
208 V2=3.14159-V2
210 PRINT "E1=;Ei, "G1(I1)=; G1(I1), "E1(I2),"N2 = ;N2
215 PRINT "C1(I3)=;C1(I3),"V1=;V1, "V2=;V2,"N1=;N1
225 IFI3<> 4 THEN250
230 L1=L1+1 : PRINT"L1=;L1 ;GO TO250
235 F5=F5+1 T1=T1-0.0001; X0=X1 :F4=N1 :GO TO 90
250 NEXTI2:NEXTI1
305 STOP
```

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ АВТОРА.....	3
Введение.....	6
ГЛАВА 1	
ОСОБЕННОСТИ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В ПРИАМУРЬЕ В ПЕРИОД УБОРКИ СОИ. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЕ СОРТОВ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА.....	
1.1 Рост и продуктивность растений сои в зависимости от характера механического воздействия на семена.....	13
ГЛАВА 2	
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОИ.....	
2.1 Форма, размеры, вес и другие свойства растений, бобов и семян.....	15
2.2 К оценке прочности бобов сои как объекта обмолота.....	22
2.3 Прочность, упругие и пластические деформации семян сои. Коэффициент Пуассона, восстановления семян и трения растений сои.....	35
2.4 Закономерность сжатия растений сои.....	43
ГЛАВА 3	
АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОИСК ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЖАТКИ И МСУ КОМБАЙНОВ НА УБОРКЕ СОИ.....	
3.1 Разработка научных основ совершенствования уборки сои. Ученые, проводившие исследования по уборке сои.....	47
3.1.1 Факторы, влияющие на эффективность работы зерноуборочного комбайна на уборке сои.....	52
3.1.2 Анализ проведенных исследований по обмолоту сои зерноуборочными комбайнами.....	59
3.1.3 Анализ конструктивных решений и технологического режима рабочих органов жатки, плавающего транспортера (проставки) и молотильно-сепарирующего устройства (МСУ).....	68

3.1.4. Состояние и перспективы применения направленного воздушного потока в жатке комбайна на уборке сои.....	94
3.1.5 Совершенствование работы мотовила и обоснование параметров воздушной завесы в жатке.....	97
3.1.6 Обоснование параметров передней части днища, опорного листа и механизма присоединения жатки при копировании поверхности почвы.....	107
3.1.7 Движение растений под воздействием пальцев шнека жатки.....	114
3.1.8 Направление и скорость движения частицы под воздействием планки транспортера или битера проставки.....	136
3.1.9 Моделирование условий движения растительной массы под воздействием пальчиковой части шнека.....	144
3.1.10 Лабораторно-полевые исследования усовершенствованной жатки-хедера и транспортера наклонной камеры.....	148
3.1.11 Обмолот сои молотильно-сепарирующим устройством (МСУ) с вальцовым деформатором.....	162
3.1.11.1 Обоснование параметров вальцового деформатора.....	162
3.1.11.2 Результаты обмолота сои МСУ с вальцовым деформатором.....	168
3.1.11.3 Общее устройство, процесс работы и энергетические показатели вальцового деформатора.....	174
3.1.11.4 Вальцовый деформатор в проставке наклонной камеры.....	181
3.1.12 Экономическая эффективность применения вальцового деформатора в зерноуборочном комбайне...	186

ГЛАВА 4

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	188
4.1 Семейство комбайнов «Енисей».....	188
4.1.1 Общая характеристика зерноуборочных комбайнов семейства «Енисей».....	188
4.1.2 Жатвенные части к комбайнам «Енисей».....	195

4.1.3 Молотильно-сепарирующие устройства.....	195
4.1.4 Ветрорешетная очистка и домолачивающее устройство комбайна «Енисей».....	199
4.2 Прицепной комбайн ПН-100 «Простор».....	200
4.3 Семейство комбайнов фирмы Claas (Германия).....	208
4.4 Зерноуборочный агрегат КЗР-10 «Полесье-Ротор».....	215
4.4.1 Общее устройство и процесс работы.....	215
4.4.2 Технологический процесс работы комплекса.....	219
4.4.3 Молотильно-сепарирующее устройство (МСУ).....	221
4.5 Китайские зерноуборочные комбайны.....	230
ГЛАВА 5	
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ УБОРКИ СОИ.....	232
5.1 Причины потерь сои при уборке.....	232
5.2 Способы движения уборочного агрегата и контроль качества уборки сои.....	234
5.2.1 Контроль качества уборки сои.....	235
5.3 Исходные требования (проект) на технологическую операцию прямой комбайновой уборки сои с измельчением и разбрасыванием незерновой части урожая по поверхности поля.....	242
К проблеме создания высокопроизводительных комбайнов в России.....	246
Список литературы.....	248
Приложение.....	253

Бумбар Иван Васильевич

УБОРКА СОИ

монография

Дизайн обложки автора

**Редактор А.И. Казимова
Компьютерный набор и верстка Н.Н. Федотовой
Художественное оформление обложки В.А. Зоркина**

**Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 28.02.2006 г. Формат 60 × 84 1/16**

**Уч.-изд. л. – 11,5.
Тираж 300 экз. Заказ 11.**

**Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86.**

372 р 32 к.



Иван Васильевич Бумбар -
доктор технических наук,
профессор, Заслуженный
работник высшей школы,
ректор Дальневосточного
государственного аграрного
университета

