

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. В. БУМБАР, П. В. ТИХОНЧУК,
А. А. КУВШИНОВ, М. И. ВЯЗЬМИН,
И. А. ЛОНЦЕВА

***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УБОРКИ СОИ,
ЗЕРНОВЫХ И КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ
АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ***

МОНОГРАФИЯ

Благовещенск
Дальневосточный ГАУ
2023

УДК 631.35(571.61)
ББК 40.728
С56

Рецензенты:

*Павел Николаевич Инюточкин,
генеральный директор ООО «АНК-ХОЛДИНГ»*

г. Благовещенска Амурской области

Алексей Иванович Гончарук,

*кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации
и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов
Дальневосточного государственного аграрного университета*

*Рекомендовано к печати научно-техническим советом
Дальневосточного государственного аграрного университета*

**Совершенствование уборки сои, зерновых и кукурузы в условиях
С56 Амурской области : монография / И. В. Бумбар, П. В. Тихончук,
А. А. Кувшинов, М. И. Вязьмин, И. А. Лонцева ; Дальневост. гос. аграр.
ун-т. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2023. – 284 с.**

ISBN 978-5-9642-0581-4

DOI: 10.22450/9785964205814

В монографии изложены результаты исследований состояния процесса уборки сои, зерновых и кукурузы в условиях Амурской области. Обобщены показатели динамики процесса уборки сельскохозяйственных культур. Представлен анализ состояния и работы зерноуборочных комбайнов. Приведены результаты научно-исследовательских и технологических работ по совершенствованию устройства и технологического процесса зерноуборочных комбайнов.

Монография предназначена для научных сотрудников и инженерно-технических работников агропромышленного комплекса, также представляет интерес для обучающихся вузов.

УДК 631.35(571.61)
ББК 40.728

ISBN 978-5-9642-0581-4

DOI: 10.22450/9785964205814

© Бумбар И. В., Тихончук П. В., Кувшинов А. А.,
Вязьмин М. И., Лонцева И. А., 2023

© ФГБОУ ВО Дальневосточный
государственный аграрный университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Производство зерновых, сои и кукурузы на зерно в АПК Амурской области.....	7
2 Показатели динамики уборки зерновых культур, сои и кукурузы на зерно (2016–2020 гг.).....	10
3 Распределение посевных площадей зерновых культур, сои и кукурузы на зерно в РФ, Амурской области и ее районах.....	16
4 Показатели хода уборки сои и зерновых в хозяйствах Амурской области (2020–2021 гг.)	24
5 Показатели сортовых качеств зерновых, сои и кукурузы.....	36
6 Физико-механические свойства зерновых, сои и кукурузы	48
7 Почвенно-климатические условия уборки зерновых, сои и кукурузы	98
8 Общая характеристика состояния и работы комбайнового парка АПК Амурской области.....	106
9 Структура парка зерноуборочных комбайнов в агропромышленном комплексе Амурской области	112
10 Технические и технологические характеристики, настройка к работе зерноуборочных комбайнов российского и зарубежного производства. Контроль качества уборки.....	114
11 Проблемы проходимости зерноуборочных комбайнов	173
12 Оценка производительности колесных и гусеничных комбайнов.....	184
13 Системы точного земледелия при разработке зерноуборочных комбайнов.....	188
14 Теоретический расчет и планирование работы уборочно-транспортного комплекса	194

*Совершенствование уборки сои, зерновых
и кукурузы в условиях Амурской области*

15 Исследование среза стеблей растений сои методом моделирования реального процесса.....	202
16 Результаты исследования реального процесса среза растений сои	205
17 Анализ влияния частоты вращения шнека жатки, скорости резания и влажности семян сои на потери за жаткой зерноуборочного комбайна «John Deere 1048».....	213
18 Выбор оптимальных технологических режимов работы молотильно- сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна «Амур-Палессе» GS-812С на уборке кукурузы при различных температурных режимах.....	222
19 Совершенствование работы уборочно-транспортного комплекса в АПК Амурской области.....	230
20 Перспективы направления совершенствования устройства и технологического процесса работы зерноуборочных комбайнов	237
Заключение.....	258
Список использованной литературы.....	261

ВВЕДЕНИЕ

Растениеводство в АПК Амурской области играет большое значение. Величина производимой этой отраслью продукции составляет в последние три года более 40 млрд. руб., а физические объемы по зерновым достигли уровня 300 тыс. т, сои – более 1,3 млн. т, кукурузы – 80 тыс. т [106]. Эффективность производства этих культур во многом зависит от применения современных технологий и технических средств, развития семеноводства и формирования рыночных цен на эти культуры.

В планах на 2022 год получить 630 тыс. т зерновых культур, причем основной прирост до 100 тыс. т произойдет за счет кукурузы и 1 460 тыс. т сои. Предполагается увеличить посевную площадь почти на 140 тыс. га (на 13 % больше, чем было в 2021 году).

В 2021 году хозяйства области приобрели 188 тракторов и 164 зерноуборочных комбайна.

Производство молока по Амурской области должно составить более 58 тыс. т. Величина надоя на фуражную корову в 2021 году составила 6 619 кг, а в 2022 году надой составит 6 690 кг.

Повышение продуктивности животноводства тесно связано с улучшением кормовой базы на основе кукурузного зерна. В ближайшее время будут сданы животноводческие комплексы в ООО «Приамурье», ООО «Амурский партизан», АО «Луч».

АО «Димское» Тамбовского района подготовило бизнес-план по строительству современного коровника на 16 роботов при размещении 1 024 коров. В планах получать до 12 294 т молока. Сдача этой большой фермы поэтапно произойдет в период до 2025 года.

Получение данных результатов возможно при наличии в хозяйствах Амурской области современной сельскохозяйственной техники, что позволит увеличить энерговооруженность растениеводства и животноводства в 1,3–1,5 раза. Это обеспечит сокращение сроков выполнения сельскохозяйственных работ и повысит их качество.

Среди районов и хозяйств, занимающихся возделыванием зерновых, сои и кукурузы на зерно можно выделить: Ивановский, Тамбовский и Константиновский районы, а также хозяйства АО «Луч», ЗАО (нп) Агрофирма «Партизан», АО «Димское», ООО «АНК-ХОЛДИНГ», ООО «Красная звезда», КФХ «Романов С. Н.» и др.

На выбор хозяйств при возделывании зерновых, сои и кукурузы большое влияние оказывают складывающиеся цены на эти культуры, а также развитие животноводства.

Особенность уборки зерновых, сои и кукурузы в Амурской области сопряжена с погодными условиями (переувлажнение почвы и заморозки), различием физико-механических и биологических особенностей этих культур, а также наличием хорошо приспособленных к уборочной работе зерноуборочных комбайнов. Многомарочность зерноуборочных комбайнов в Амурской области требует научного обоснования их типов по классу производительности, а также особенностей ходовой части, конструкции рабочих органов и настройки в работу молотильно-сепарирующих и других устройств.

В монографии дана оценка состояния и возможного направления повышения эффективности уборочного процесса зерновых, сои и кукурузы на зерно в условиях Амурской области.

1 ПРОИЗВОДСТВО ЗЕРНОВЫХ, СОИ И КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В АПК АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Сельское хозяйство Амурской области включает в себя сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства, а также хозяйства населения (ЛПХ).

В период с 2015 по 2019 годы в сельском хозяйстве Амурской области наблюдалось сокращение производства продукции в среднем на 1,2 %. При этом произошло сокращение сбора зерновых на 1,2 %, сои на 1,0 %, картофеля и овощей соответственно на 11,1 и 7,9 %. Однако наблюдалось увеличение производства молока на 1,9 % и мяса скота и птицы на убой на 0,1 %. Произошло сокращение среднегодового производства яиц на 4,1 %. Вместе с тем в Дальневосточном федеральном округе по величине продукции сельского хозяйства в 2019 году Амурская область занимала первое место, но в объеме по Российской Федерации этот показатель составил 0,8–0,9 %.

Величина производства продукции сельского хозяйства Амурской области составила в 2015 и в 2019 годы соответственно 43 566,6 и 44 736,4 млн. руб., в том числе продукции растениеводства – 30 363,7 млн. руб. (2015 г.) и 29 365,9 млн. руб. (2019 г.), а продукции животноводства соответственно 13 202,9 и 15 370,5 млн. руб.

Особенно большое снижение продукции растениеводства произошло в КФХ (с 8 202,7 млн. руб. в 2015 г. до 6 667,2 млн. руб. в 2019 г.). В общем объеме производимой сельскохозяйственной продукции сельскохозяйственные организации производили 52,2 %, хозяйства населения – 31,3 %, а КФХ и ИП – 16,5 % [106].

Производство основных видов сельскохозяйственных продуктов в 2019 году составило: зерно – 279,0 тыс. т, соя – 626,3 тыс. т, картофель – 2,0 тыс. т, мясо – 23,4 тыс. т, молоко – 41,8 тыс. т, яйцо – 151,2 млн. шт. [106].

В таблицах 1.1, 1.2, 1.3 представлены показатели посевных площадей, валового сбора и урожайности зерновых, сои и кукурузы на зерно [106].

*1 Производство зерновых, сои и кукурузы на зерно
в условиях Амурской области*

Таблица 1.1 – Посевные площади зерновых, сои и кукурузы на зерно в АПК Амурской области (2015–2020 гг.)

Показатели	В гектарах					
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
1. Зерновые культуры в т. ч. пшеница	101 980	127 347	114 598	126 310	146 658	123 685
ячмень	26 692	30 038	34 820	33 701	34 162	45 871
овес	20 597	27 770	27 117	31 713	30 888	31 675
гречиха	12 096	12 037	11 957	6 378	6 074	4 544
Всего	161 365	197 192	188 492	198 102	217 782	205 775
2. Соя	892 263	901 357	964 347	988 774	869 879	844 538
3. Кукуруза на зерно	18 920	21 460	11 873	4 968	12 784	12 897
Итого	1 072 548	1 120 009	1 164 712	1 191 844	1 099 645	1 063 210

Таблица 1.2 – Валовой сбор зерновых, сои и кукурузы на зерно в АПК Амурской области (2015–2020 гг.)

Показатели	В тысячах тонн					
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
1. Зерновые культуры в т. ч. пшеница	199,7	283,1	230,9	232,7	196,8	222,0
ячмень	39,7	56,6	60,3	53,9	59,4	85,4
овес	31,1	49,5	42,3	53,4	35,8	45,8
гречиха	7,1	5,8	5,6	2,4	1,6	9,1
Всего	277,6	395,0	339,1	342,4	293,6	362,3
2. Соя	1 009,8	925,7	1 265,4	1 055,3	863,2	978,6
3. Кукуруза на зерно	73,4	79,1	54,2	16,0	66,2	61,8
Итого	1 360,8	1 399,8	1 658,7	1 413,7	1 223,0	1 402,7

Таблица 1.3 – Урожайность зерновых, сои и кукурузы на зерно в АПК Амурской области (2001–2020 гг.)

Показатели по культурам	В центнерах с гектара								
	В среднем за год			2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
	2001– 2005 гг.	2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.						
1. Пшеница	12,8	13,4	17,5	19,6	22,8	20,2	19,2	15,2	21,0
2. Рожь	6,4	5,4	0,6	–	–	–	–	–	–
3. Ячмень	15,1	12,4	16,1	15,3	19,5	17,4	17,1	19,7	20,1
4. Овес	12,1	10,9	14,1	15,4	18,5	15,9	17,8	15,1	16,2
5. Гречиха	3,8	4,6	6,3	6,0	5,6	5,9	5,7	4,9	6,9
6. Кукуруза на зерно	8,3	25,1	31,0	39,4	44,0	48,1	34,7	56,1	53,3
7. Соя	9,9	9,4	11,8	11,4	11,1	13,3	12,6	13,2	13,0

Из таблицы 1.1 видно, что посевные площади зерновых и гречихи выросли с 2015 по 2020 гг. на 44 410 га или на 21,6 %. Однако посевные площади

сои уменьшились на 47,7 тыс. га или на 5,3 %. Показатели посевов кукурузы колебались с 21 460 га до 4 968 га или изменились в 4,3 раза. Это связано с колебаниями потребительского рынка за рубежом (в основном востребованностью кукурузы в КНР).

Величина валового сбора зерновых и гречихи возросла с 277,6 до 362,3 тыс. т или на 23,4 %. Производство сои имело значительное колебание с 863,2 тыс. т (2019 г.) до 1 265,4 тыс. т (2017 г.) или на 32 %. Намолот зерна кукурузы изменялся за этот период с 16 до 79,1 тыс. т. Однако, общая величина ежегодного производства зерновых, гречихи, сои и кукурузы в среднем за 6 лет составила 1 409,8 тыс. т.

Наибольшие колебания урожайности за рассматриваемый период имеет пшеница (с 22,8 ц/га в 2016 г. до 15,2 ц/га в 2019 г.). Однако этот пятилетний период имеет гораздо лучшие показатели по сравнению с периодом с 2001 по 2010 гг. В последние пять лет устойчиво высокую урожайность имеет кукуруза. Показатель 2019 г. (56,1 ц/га) приближается к среднероссийскому уровню (59,2 ц/га). Анализ показателей урожайности зерновых, сои и кукурузы на зерно является обоснованием преимущественного выбора зерноуборочных комбайнов с подачей растительной массы 6–8 кг/с.

2 ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИКИ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, СОИ И КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО (2016–2020 ГГ.)

Проведенный нами анализ уборки зерновых культур, сои и кукурузы в 2016–2020 гг. позволил построить соответствующие графики (для примера представлен уборочный процесс по дням зерновых, сои и кукурузы на зерно в 2020 году) [106].

Из рис. 2.1–2.9 следует отметить большую длительность уборочного периода (более 40 дней). Затягивание сроков уборки приводит к снижению урожайности, особенно у сои. В 2020 г. величина снижения к концу уборки составила 3,1 ц/га.

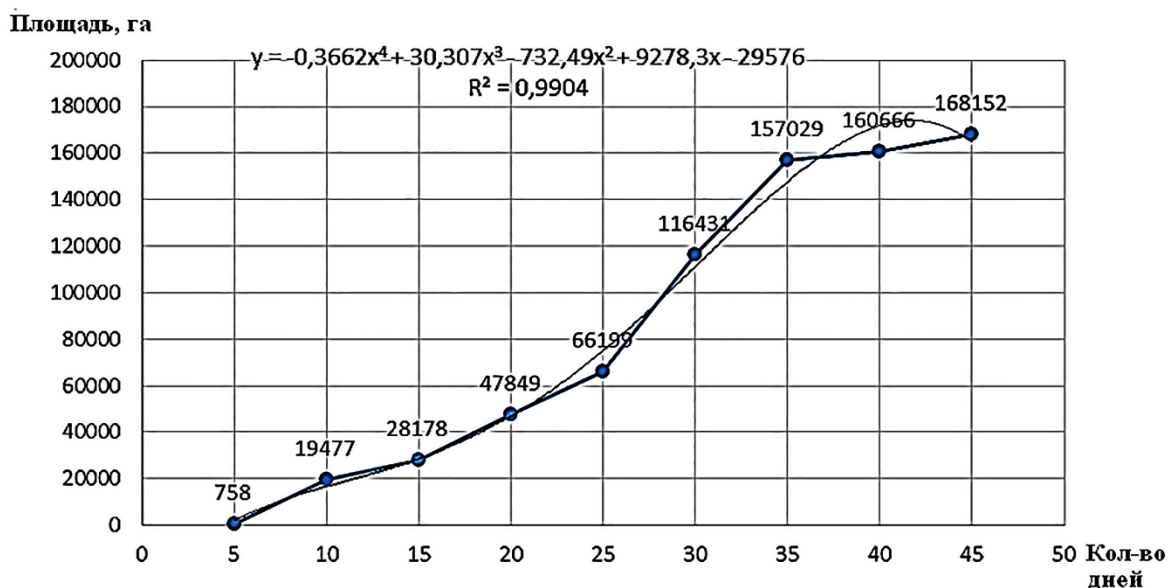


Рисунок 2.1 – Убранная площадь зерновых в 2020 году

На основе анализа уборочного процесса в 2016–2020 гг. нами рассчитаны аналитические зависимости убранной площади, намолота и изменения урожайности по дням уборки и видам культур, которые представлены в таблицах 2.1, 2.2 и 2.3 [106].

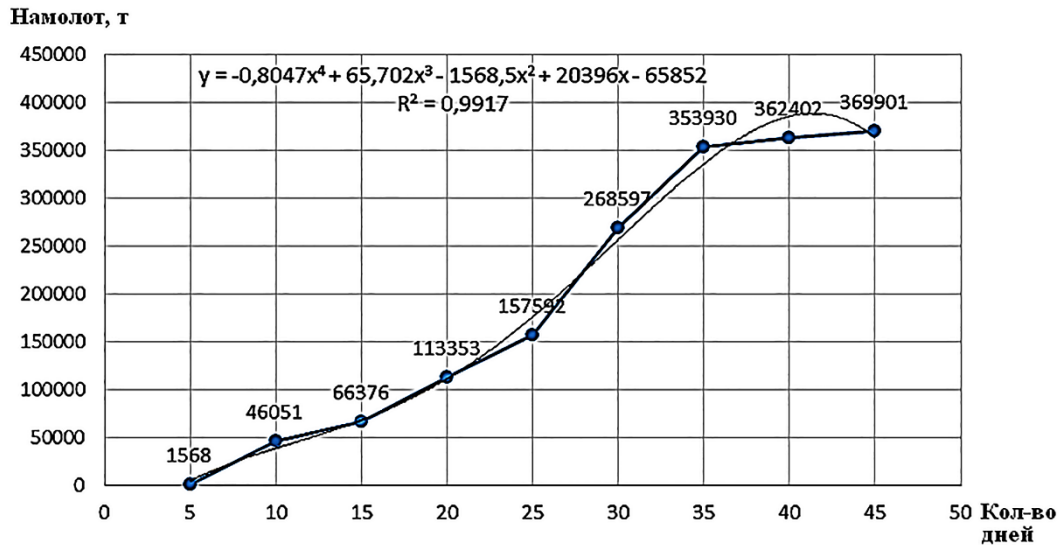


Рисунок 2.2 – Намолот зерновых культур в 2020 году

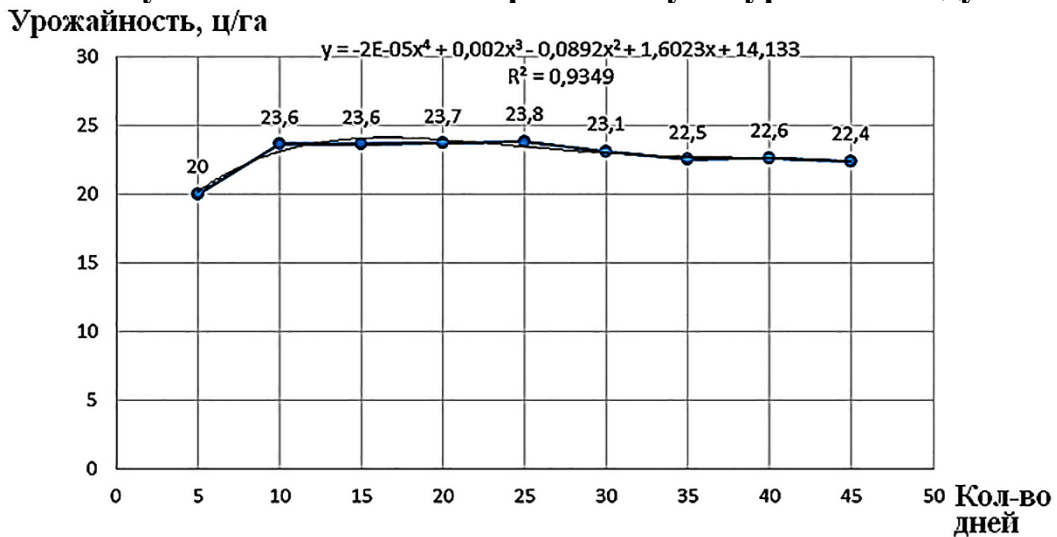


Рисунок 2.3 – Урожайность зерновых в 2020 году

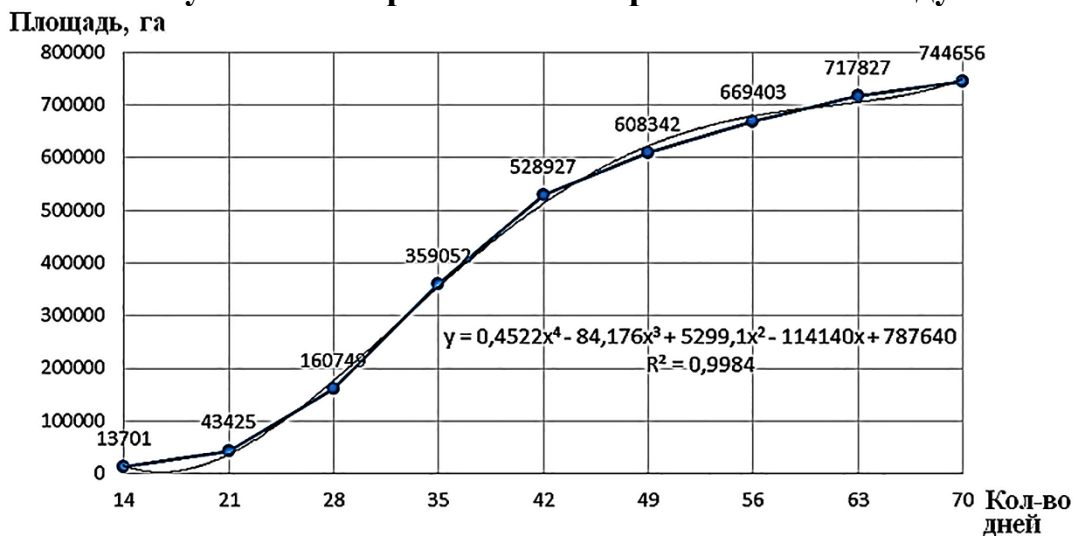


Рисунок 2.4 – Убранный площадь посевов сои в 2020 году

2 Показатели динамики уборки зерновых культур, сои и кукурузы на зерно (2016–2020 гг.)

Намолот, т

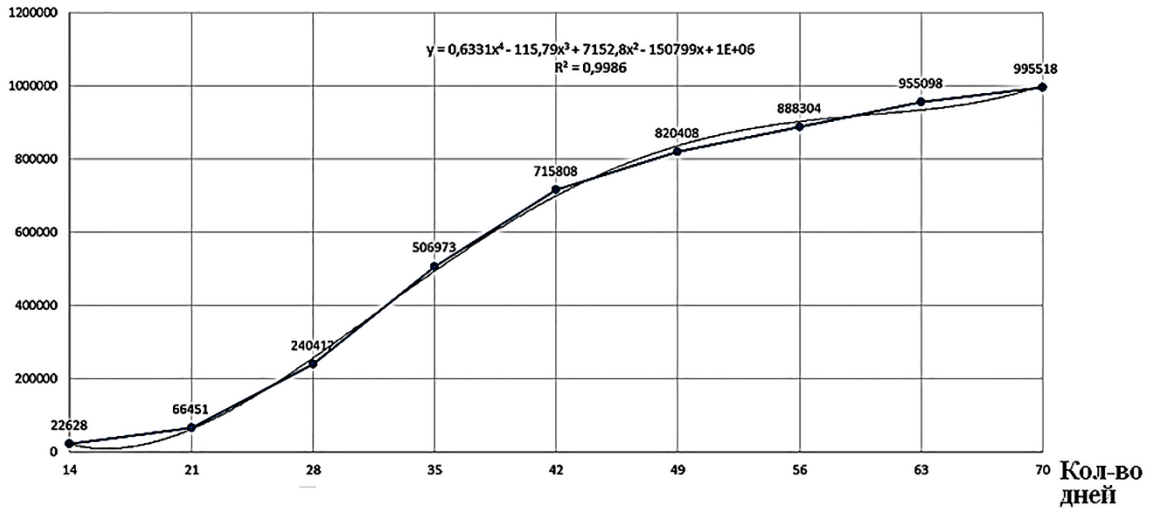


Рисунок 2.5 – Намолот зерна сои в 2020 году

Урожайность, ц/га

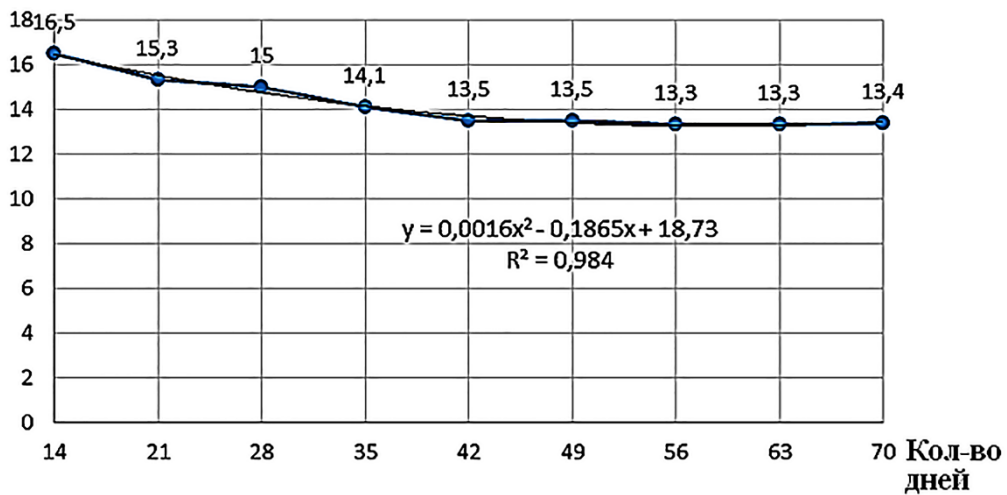


Рисунок 2.6 – Урожайность сои в 2020 году

Площадь, га

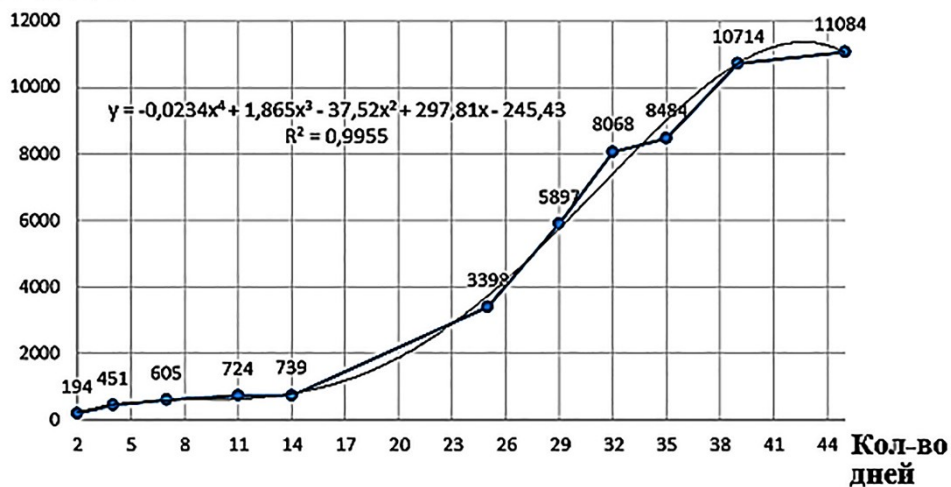


Рисунок 2.7 – Убранный площадь посевов кукурузы на зерно в 2020 году

Намолот, т

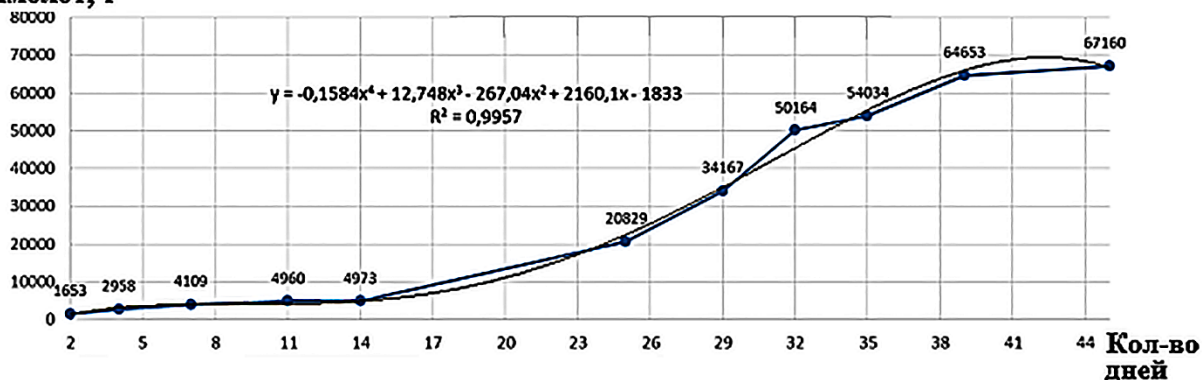


Рисунок 2.8 – Намолот зерна кукурузы в 2020 году

Урожайность, ц/га

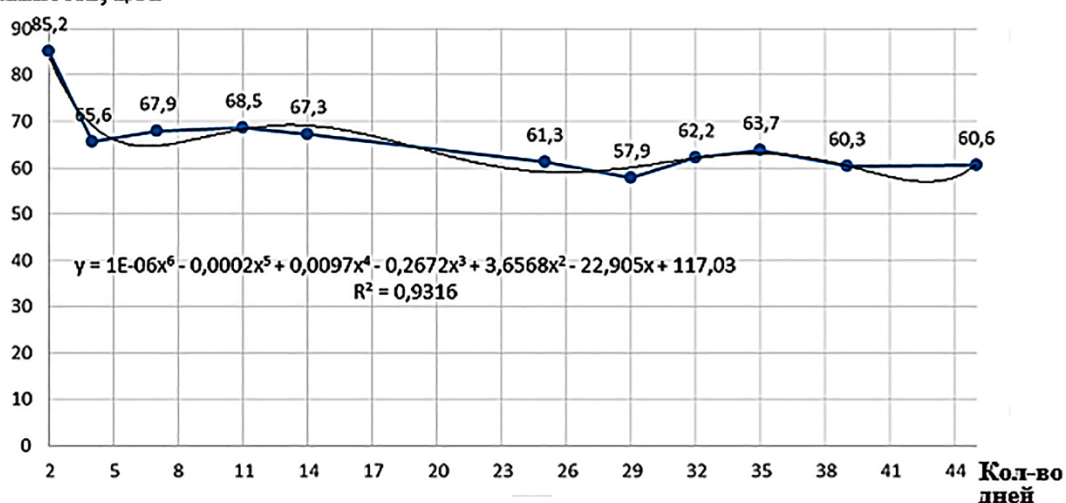


Рисунок 2.9 – Урожайность кукурузы на зерно в 2020 году

Таблица 2.1 – Аналитические зависимости уборочного процесса зерновых культур (2016–2020 гг.)

Культура	Показатели	Год	Аналитическое выражение
Зерновые	площадь, га	2016	$y = -0,0307x^4 + 5,1514x^3 - 341,66x^2 + 11518x + 11009$
		2017	$y = -0,0129x^4 + 3,9201x^3 - 346,72x^2 + 12409x + 11798$
		2018	$y = -0,1384x^4 + 8,8765x^3 - 84,722x^2 + 2120,2x - 6932,3$
		2019	$y = -0,4833x^4 + 48,084x^3 - 1509,1x^2 + 19612x - 62165$
		2020	$y = -0,3662x^4 + 30,307x^3 - 732,49x^2 + 9278,3x - 29576$
	намолот, т	2016	$y = -1418x^4 + 26335x^3 - 188715x^2 + 628383x - 411993$
		2017	$y = -1353,1x^4 + 29290x^3 - 219799x^2 + 701074x - 456949$
		2018	$y = -189,88x^4 + 2349,9x^3 - 31,06,6x^2 + 12445x - 5881,6$
		2019	$y = -189,88x^4 + 2349,9x^3 - 31,06,6x^2 + 12445x - 5881,6$
		2020	$y = -458,5x^4 + 9265,2x^3 - 59454x^2 + 163058x - 102700$
	урожайность, ц/га	2016	$y = 0,0167x^4 - 0,1833x^3 + 0,6333x^2 - 1,0667x + 24,3$
		2017	$y = -0,0792x^4 + 0,975x^3 + 4,1708x^2 + 6,775x + 18,4$
		2018	$y = 0,0148x^4 - 0,3585x^3 + 2,9806x^2 - 9,4128x + 27,75$
		2019	$y = 0,0139x^4 - 0,2585x^3 + 1,5262x^2 - 3,618x + 24,044$
		2020	$y = -2E-05x^4 + 0,002x^3 - 0,0892x^2 + 1,6023x + 14,133$

2 Показатели динамики уборки зерновых культур, сои и кукурузы на зерно (2016–2020 гг.)

Таблица 2.2 – Аналитические зависимости уборочного процесса сои (2016–2020 гг.)

Культура	Показатели	Год	Аналитическое выражение
Соя	площадь, га	2016	$y = -22,687x^3 + 1729,3x^2 - 13709x + 12591$
		2017	$y = -2,8732x^3 + 497,21x^2 + 3489,8x - 3229,2$
		2018	$y = -0,9872x^3 - 141,16x^2 + 30495x - 278978$
		2019	$y = -0,011x^5 + 2,1871x^4 - 160,03x^3 + 4983,4x^2 - 43573x + 138272$
		2020	$y = 0,4522x^4 - 84,176x^3 + 5299,1x^2 - 114140x + 787640$
	намолот, т	2016	$y = -29,56x^3 + 2145x^2 - 16027x + 14832$
		2017	$y = -9,6996x^3 + 929,91x^2 + 5637,9x - 5246,1$
		2018	$y = -0,4509x^3 - 276,19x^2 + 41569x - 349272$
		2019	$y = 0,372x^3 - 401,73x^2 + 41254x - 257977$
		2020	$y = 0,6331x^4 - 115,79x^3 + 7152,8x^2 - 150799x + 1E+06$
	урожайность, ц/га	2016	$y = 15,744x^{-0,075}$
		2017	$y = -0,0848x + 18,053$
		2018	$y = -6E-05x^3 + 0,009x^2 - 0,448x + 20,097$
		2019	$y = 9E-09x^6 - 2E-06x^5 + 0,0002x^4 - 0,0076x^3 + 0,1712x^2 - 1,8928x + 21,267$
		2020	$y = 0,0016x^2 - 0,1865x + 18,73$

Таблица 2.3 – Аналитические зависимости уборочного процесса кукурузы на зерно (2016–2020 гг.)

Культура	Показатели	Год	Аналитическое выражение
Кукуруза	площадь, га	2016	$y = 0,0106x^4 - 1,1064x^3 + 40,982x^2 - 385,59x + 634,7$
		2017	$y = 0,041x^4 - 0,1832x^3 + 2,6987x^2 - 34,714x + 5,7661$
		2018	$y = -0,0021x^4 + 0,2463x^3 - 8,3047x^2 + 13465x - 155,83$
		2019	$y = -0,0168x^4 + 0,4903x^3 + 12,75x^2 - 110,56x + 816,34$
		2020	$y = -0,0234x^4 + 1,865x^3 - 37,52x^2 + 297,81x - 245,43$
	намолот, т	2016	$y = 0,0455x^4 - 4,641x^3 + 169,92x^2 - 1562,8x + 2221,5$
		2017	$y = 0,0212x^4 - 0,915x^3 + 12,371x^2 + 186,67x + 20,851$
		2018	$y = -0,0036x^4 + 0,4551x^3 - 17,183x^2 + 441,58x - 519,39$
		2019	$y = -0,1494x^4 + 8,1427x^3 - 81,571x^2 + 440,77x + 4176$
		2020	$y = -0,1584x^4 + 12,748x^3 - 267,04x^2 + 2160,1x - 1833$
	урожайность, ц/га	2016	$y = -1E-05x^4 + 0,0015x^3 - 0,075x^2 + 1,548x + 30,425$
		2017	$y = -1E-05x^4 + 0,001x^3 - 0,0256x^2 + 0,1192x + 50,825$
		2018	$y = 2E-05x^4 - 0,0017x^3 + 0,0251x^2 + 0,5958x + 39,123$
		2019	$y = 3E-05x^4 - 0,0029x^3 + 0,1174x^2 + 13,555x + 44,333$
		2020	$y = 1E-06x^6 - 0,0002x^5 + 0,0097x^4 - 0,2672x^3 + 3,6568x^2 - 22,905x + 117,03$

Из представленных графиков (рис. 2.1–2.9) и аналитических выражений (табл. 2.1, 2.2, 2.3) можно оценить состояние уборки зерновых культур, сои и кукурузы и спрогнозировать возможные показатели убираемой площади, намолота и урожайности в будущем при условии наличия соответствующей

структуры парка зерноуборочных комбайнов, а в случае его изменения по производительности и длительности эксплуатации иметь возможность совершенствовать уборочный процесс, доведя его до агротехнических требований (не более 10 календарных дней уборки культуры).

Следует иметь в виду, что настоящая нагрузка убираемой площади, которая приходится на один физический комбайн в РФ и Амурской области в нынешних условиях не соответствует показателям развитых в сельскохозяйственном производстве стран Европы и Америки [16, 131].

**3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, СОИ И КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО
В РФ, АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ РАЙОНАХ**

В таблице 3.1 представлены посевные площади основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Российской Федерации в 2020 г. по сравнению с 2016 г. [107].

**Таблица 3.1 – Посевные площади сельскохозяйственных культур в РФ (2016, 2020 гг.)
В тысячах гектаров**

Сельскохозяйственная культура	2016 г.	2020 г.
Вся посевная площадь	79 993	79 948
Зерновые и зернобобовые культуры	47 109,9	47 899,8
кукуруза на зерно	2 895,1	2 854,7
подсолнечник	7 598,3	8 544,8
рис	207,6	197,2
соя	2 228,5	2 858,3
пшеница	27 703,9	29 443,9
ячмень	8 338,1	8 530,2
рожь	1 260	981,6
гречиха	1 204	873,3
овес	2 856,8	2 421,2
зернобобовые	1 752,8	1 959,7

Как видно из таблицы, исследуемые нами сельскохозяйственные культуры занимают значительную посевную площадь в РФ. При этом посевная площадь кукурузы на зерно снизилась на 1,39 %, сои – увеличилась на 22,03 %, пшеницы – увеличилась на 5,91 %.

В таблице 3.2 представлены посевные площади основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Амурской области в 2020 г. по сравнению с 2016 г. [106].

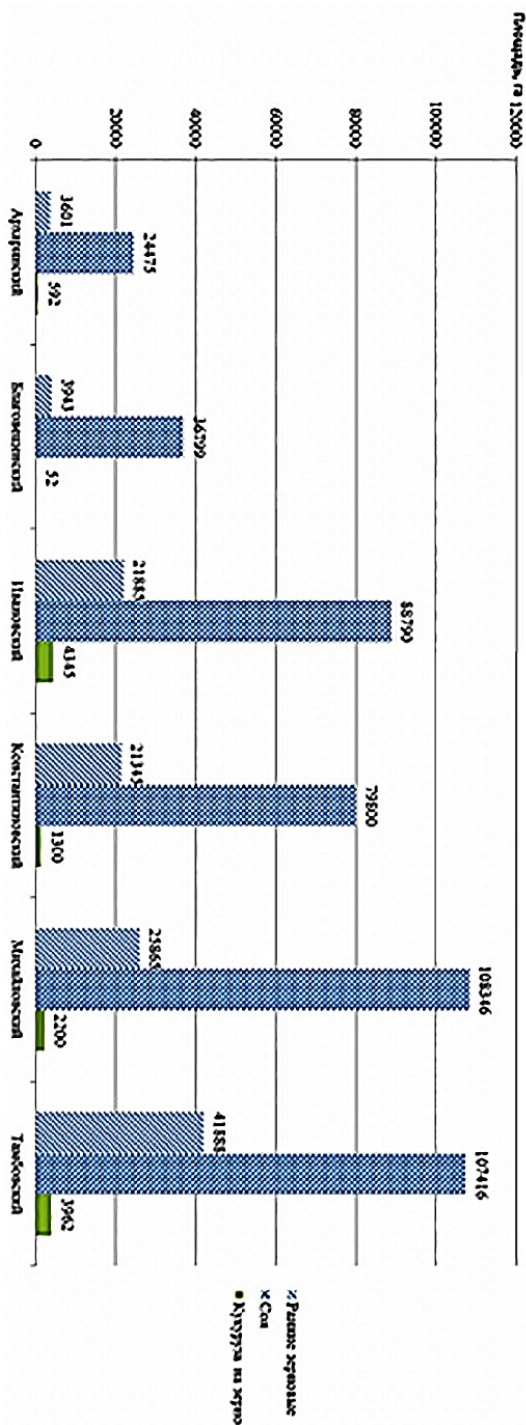


Рисунок 3.1 – Размещение посевов сельскохозяйственных культур в южной сельскохозяйственной зоне в 2016 г.

Всего: ранние зерновые – 118 527 га, соя – 445 626 га, кукуруза на зерно – 12 451 га

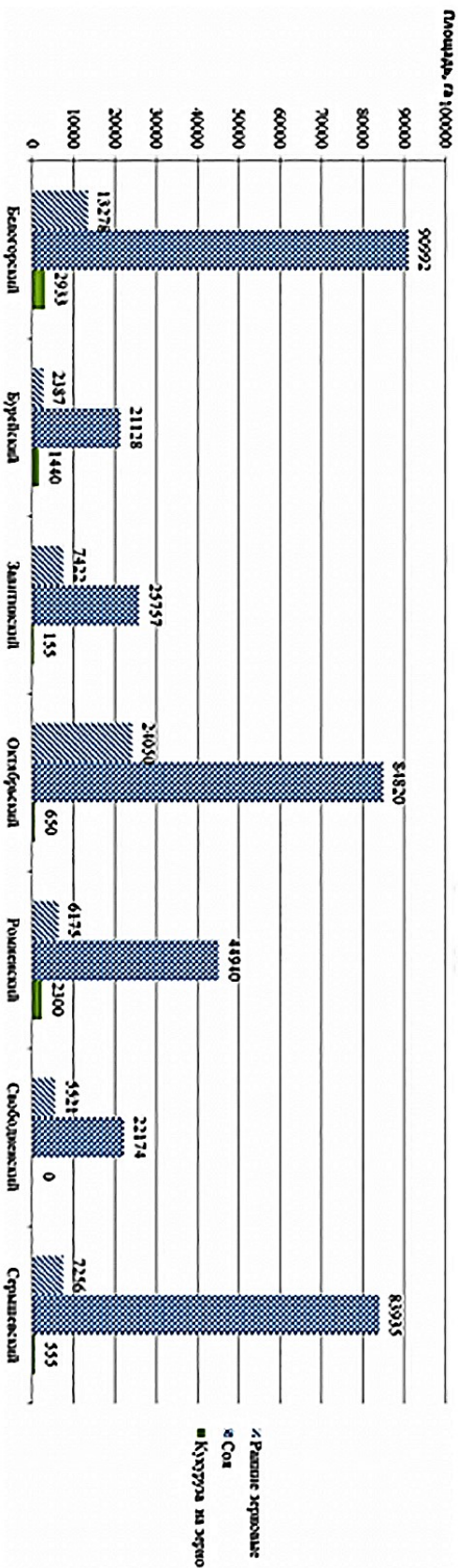


Рисунок 3.2 – Размещение посевов сельскохозяйственных культур в центральной сельскохозяйственной зоне в 2016 г.

Всего: ранние зерновые – 66 089 га, соя – 373 746 га, кукуруза на зерно – 8 033 га

3 Распределение посевных площадей зерновых культур, сои и кукурузы на зерно в РФ, Амурской области и ее районах

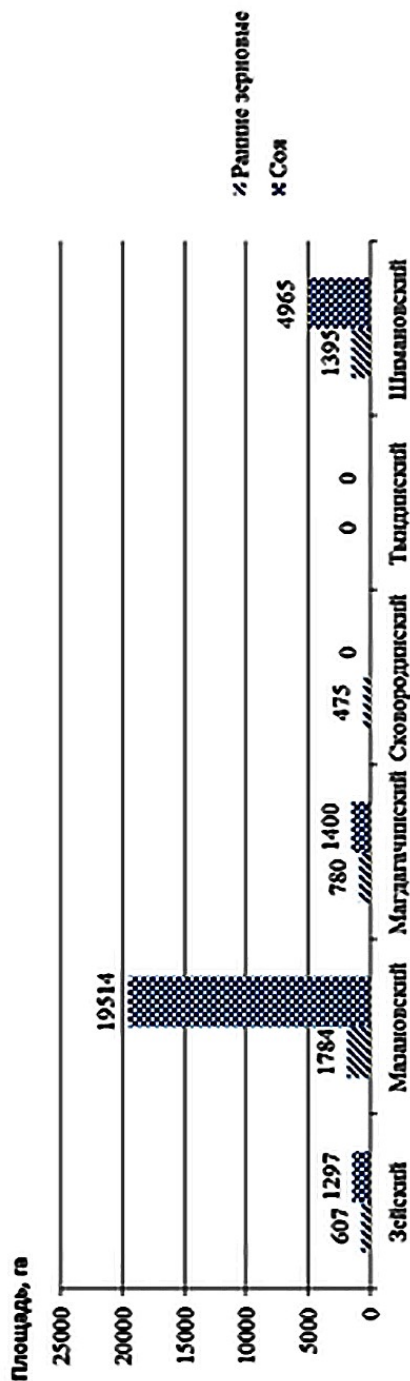


Рисунок 3.3 – Размещение посевов сельскохозяйственных культур в северной сельскохозяйственной зоне в 2016 г.
 всего: ранние зерновые – 5 041 га, соя – 27 176 га

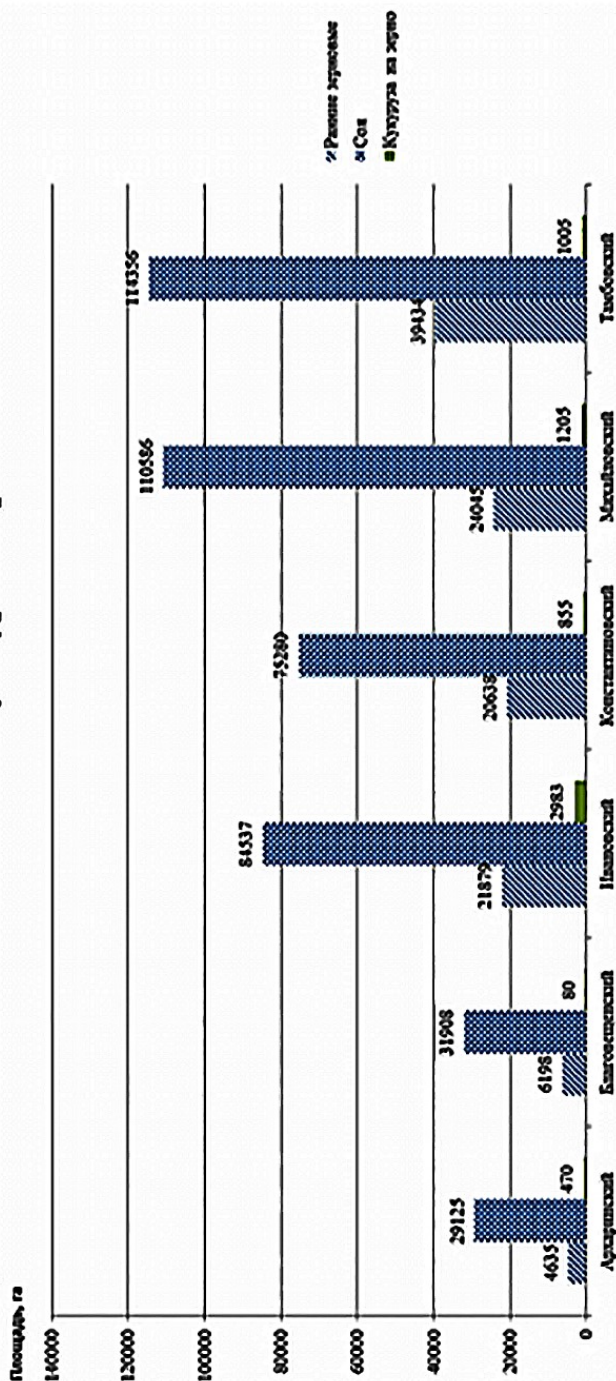


Рисунок 3.4 – Размещение посевов сельскохозяйственных культур в южной сельскохозяйственной зоне в 2020 г.
 всего: ранние зерновые – 116 829 га, соя – 445 792 га, кукуруза на зерно – 6 598 га

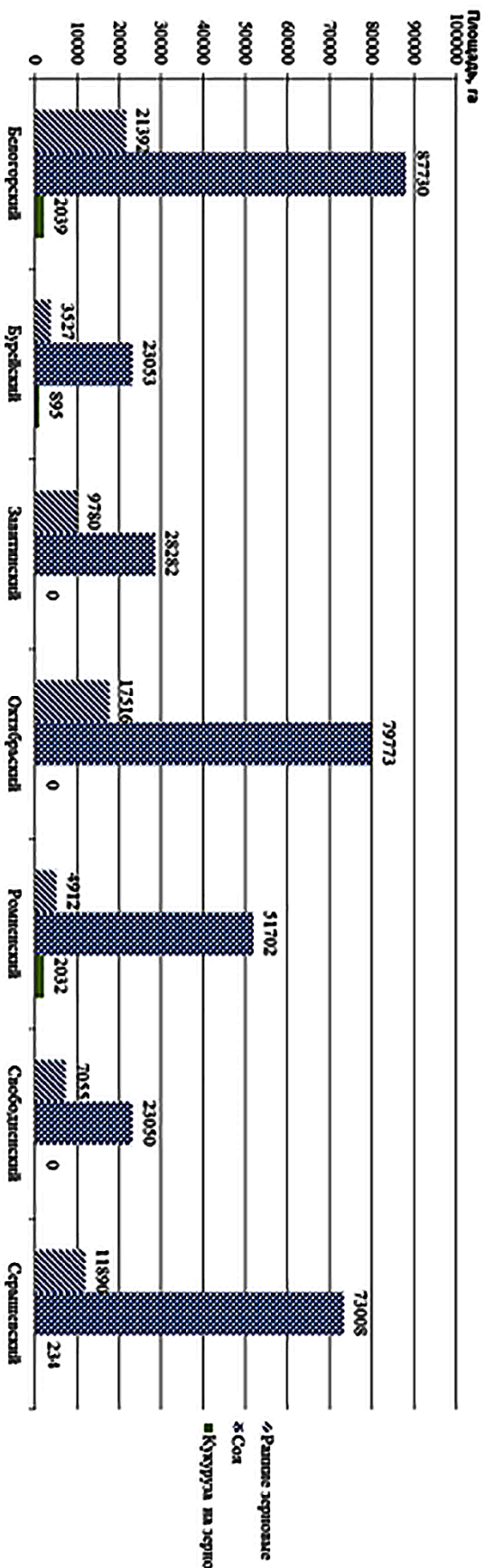


Рисунок 3.5 – Размещение посевов сельскохозяйственных культур в центральной сельскохозяйственной зоне в 2020 г.

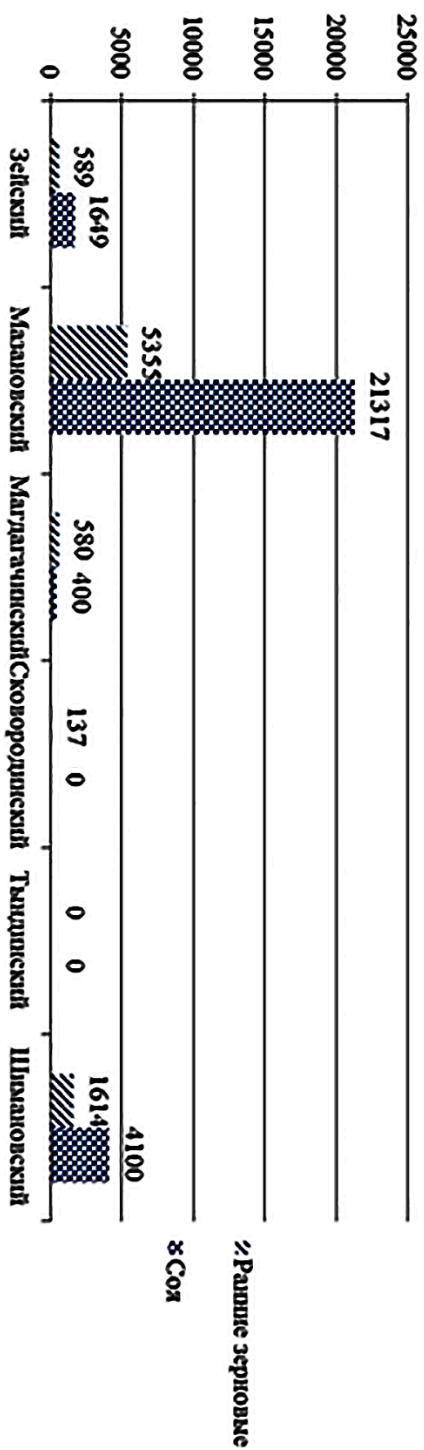
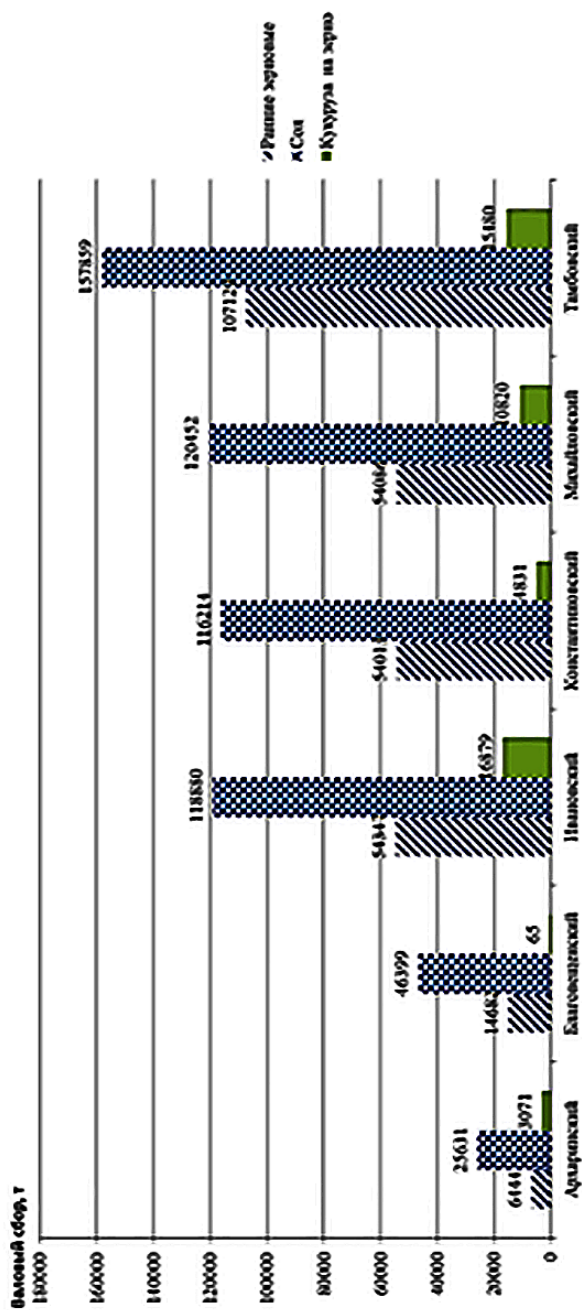
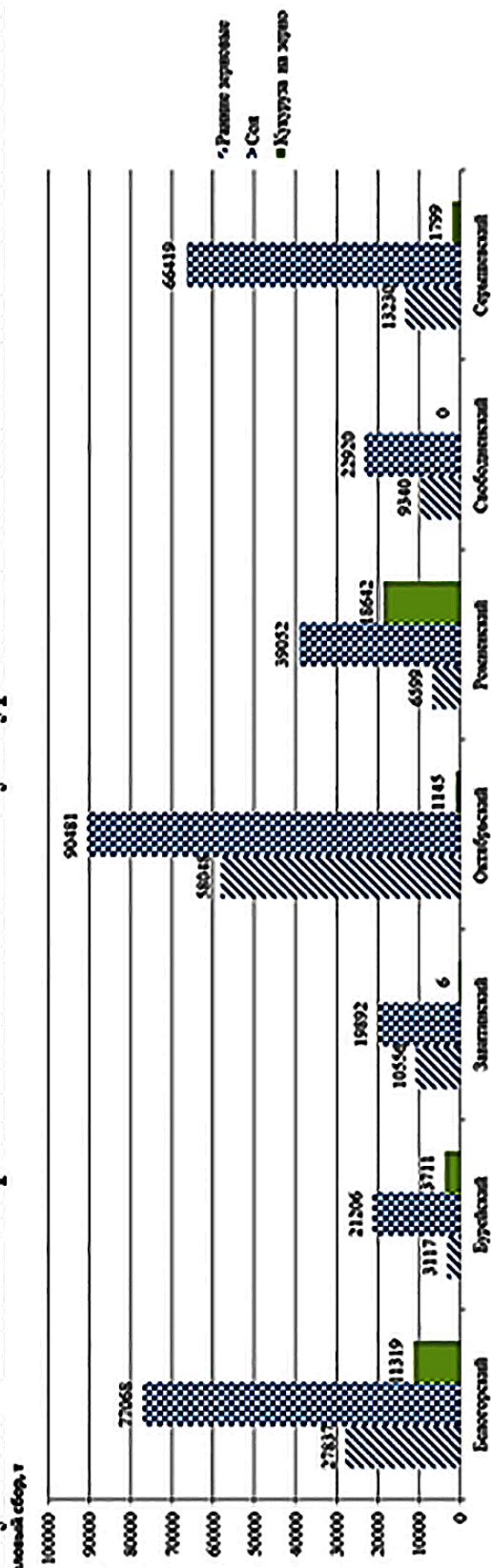


Рисунок 3.6 – Размещение посевов сельскохозяйственных культур в северной сельскохозяйственной зоне в 2020 г.

3 Распределение посевных площадей зерновых культур, сои и кукурузы на зерно в РФ, Амурской области и ее районах



всего: ранние зерновые – 290 701 т, соя – 585 435 т, кукуруза на зерно – 51 146 т
Рисунок 3.7 – Валовый сбор сельскохозяйственных культур в южной сельскохозяйственной зоне в 2016 г.



всего: ранние зерновые – 128 727 т, соя – 337 038 т, кукуруза на зерно – 36 622 т
Рисунок 3.8 – Валовый сбор сельскохозяйственных культур в центральной сельскохозяйственной зоне в 2016 г.

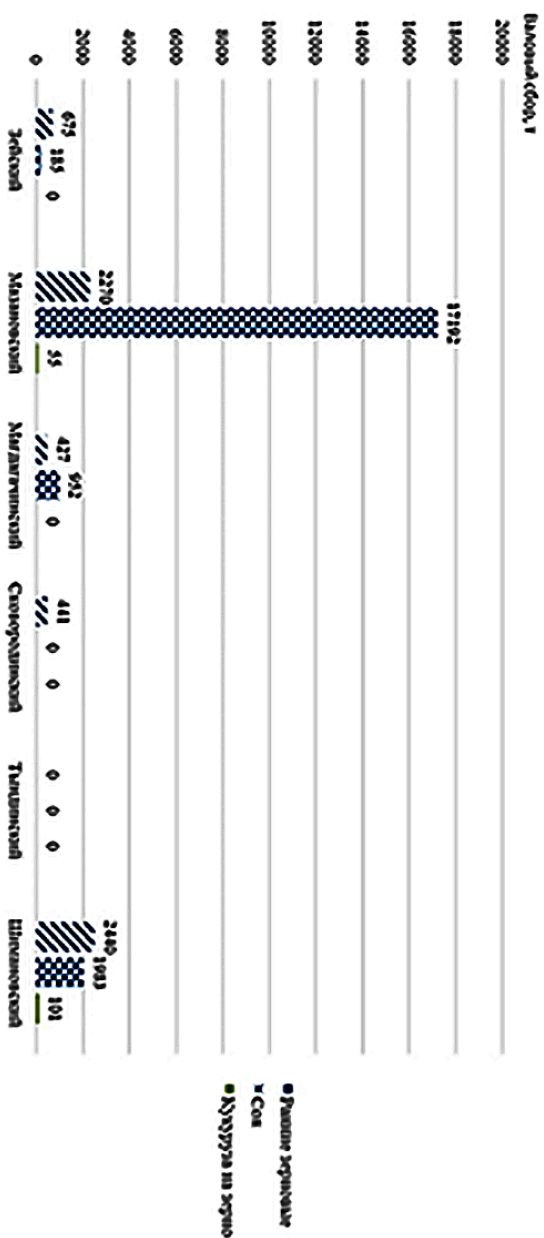


Рисунок 3.9 – Валовый сбор сельскохозйственных культур в северной сельскохозйственной зоне в 2016 г.

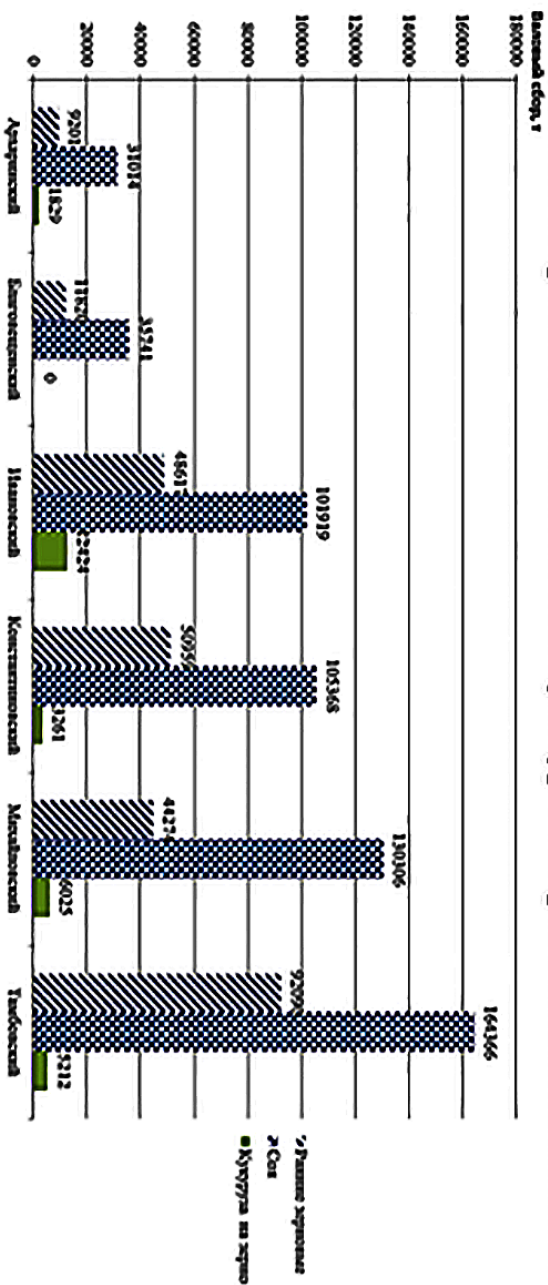


Рисунок 3.10 – Валовый сбор сельскохозйственных культур в южной сельскохозйственной зоне в 2020 г.

всего: ранние зерновые – 256 961 т, соя – 568 714 т, кукуруза на зерно – 28 751 т

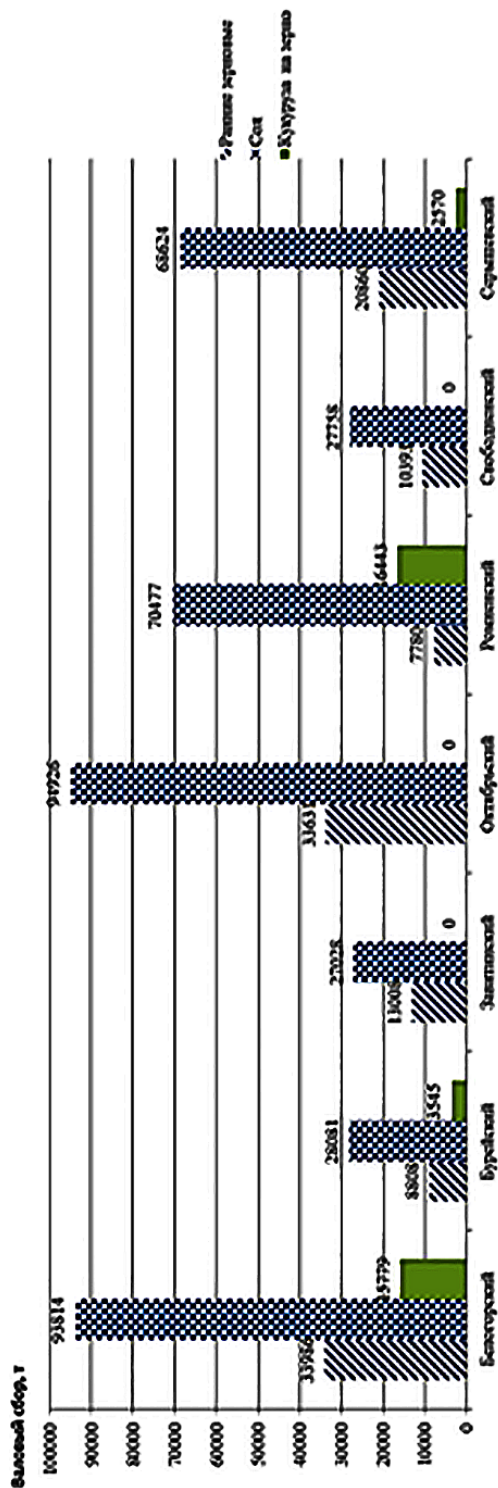


Рисунок 3.11 – Валовый сбор сельскохозяйственных культур в центральной сельскохозяйственной зоне в 2020 г.
 всего: ранние зерновые – 128 466 т, соя – 410 708 т, кукуруза на зерно – 38 337 т
 Валовый сбор, т

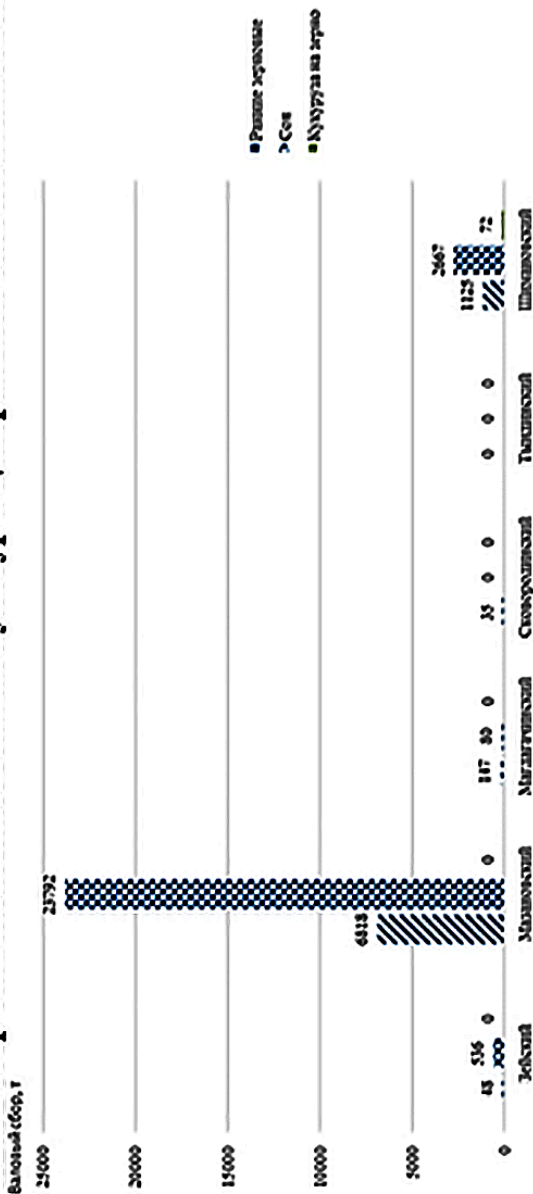


Рисунок 3.12 – Валовый сбор сельскохозяйственных культур в северной сельскохозяйственной зоне в 2020 г.
 (всего: ранние зерновые – 8173 т, соя – 27075 т, кукуруза на зерно – 72 т)

Как видно из таблицы, посевная площадь исследуемых нами сельскохозяйственных культур в Амурской области изменялась следующим образом: посевы кукурузы на зерно снизились на 39,89 %, сои – на 6,3 %, пшеницы – на 2,87 %.

Таблица 3.2 – Посевные площади в Амурской области (2016, 2020 гг.)

Сельскохозяйственная культура	В тысячах гектаров	
	2016 г.	2020 г.
Зерновые	219,43	220,14
Кукуруза на зерно	21,46	12,9
Соя	901,36	844,54
Пшеница	127,35	123,69
Ячмень	30,04	45,87
Гречиха	12,04	4,54
Овес	27,77	31,68

На представленных диаграммах (рис. 3.1–3.6) показано размещение посевов сельскохозяйственных культур в зависимости от сельскохозяйственных зон Амурской области в 2020 г. по сравнению с 2016 г. [106].

На представленных диаграммах (рис. 3.7–3.12) показано изменение производимой продукции сельскохозяйственных культур в зависимости от сельскохозяйственных зон Амурской области в 2020 г. по сравнению с 2016 г.

4 ПОКАЗАТЕЛИ ХОДА УБОРКИ СОИ И ЗЕРНОВЫХ В ХОЗЯЙСТВАХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ (2020–2021 ГГ.)

Намолот зерновых в АПК России в 2021 году составил 120,7 млн. т, что меньше намолота 2020 года, который составил 133,5 млн. т. По сое намолот в 2021 году составил 4,8 млн. т, что на 10,5 % больше показателей прошлого года. Производство продуктов растениеводства в АПК Амурской области имеет приоритетное значение, и наблюдается тенденция роста валовых сборов зерновых культур и сои. Так, производство зерновых культур в 2020 году составило 417,5 тыс. тонн, а сои – 989,7 тыс. тонн при средней урожайности зерна 21 ц/га и сои 13 ц/га. Повышение производства этих сельскохозяйственных культур связано со многими факторами, среди которых важнейшими являются соблюдение технологии их возделывания и эффективность зерноуборочных комбайнов, позволяющих обеспечить уборочный процесс в сжатые агротехнические сроки, то есть за 10–12 дней.

Многолетний опыт показывает, что длительность уборочного процесса в Амурской области превышает 40–50 дней. Ход уборки зерновых культур и сои в условиях обновления парка комбайнов в Амурской области в 2020 году представлен в виде таблиц 4.1, 4.2 и графиков (рис. 4.1, 4.2) [106].

Таблица 4.1 – Показатели хода уборки сои в АПК Амурской области (2020 г.)

Дата	01.10	05.10	08.10	13.10	19.10	26.10	06.11	20.11	30.11
Число дней уборки	2	6	9	14	20	27	37	52	62
Убранная площадь, га	13 701	24 896	43 425	108 693	254 572	449 633	608 342	717 827	747 399
Намолот, т	22 628	41 465	66 451	166 304	365 322	617 915	920 408	955 098	1 004 620
Урожайность, ц/га	16,5	16,7	15,3	15,3	14,4	13,7	13,5	13,3	13,4

Важнейшим отрицательным показателем в условиях длительного периода уборки является колебание урожайности при ее снижении с 23,2 ц/га в начале уборке до 21,6 ц/га в конце (на 1,6 ц/га); по сое снижение урожайности

*Совершенствование уборки сои, зерновых
и кукурузы в условиях Амурской области*

составило с 16,5 ц/га в начале уборки до 13,4 ц/га в конце уборки. Эти показатели (убранная площадь, намолот и урожайность) представлены на рисунках 4.1, 4.2 и описаны в виде аналитических выражений, которые можно использовать для прогнозирования хода уборки этих культур в Амурской области.

Таблица 4.2 – Показатели хода уборки ранних зерновых в АПК Амурской области (2020 г.)

Дата	29.07	03.08	07.08	13.08	20.08	28.08	03.09	08.09	15.09	01.10
Число дней уборки	1	6	10	16	23	31	37	42	49	65
Убранная площадь, га	4 671	19 355	19 944	41 235	66 199	136 715	160 458	164 256	174 910	209 658
Намолот, т	10 434	45 650	47 332	95 618	157 592	310 636	361 615	368 439	385 927	393 673
Урожайность, ц/га	22,3	24	23,7	23,2	23,8	22,7	22,5	22,4	21,9	21,6

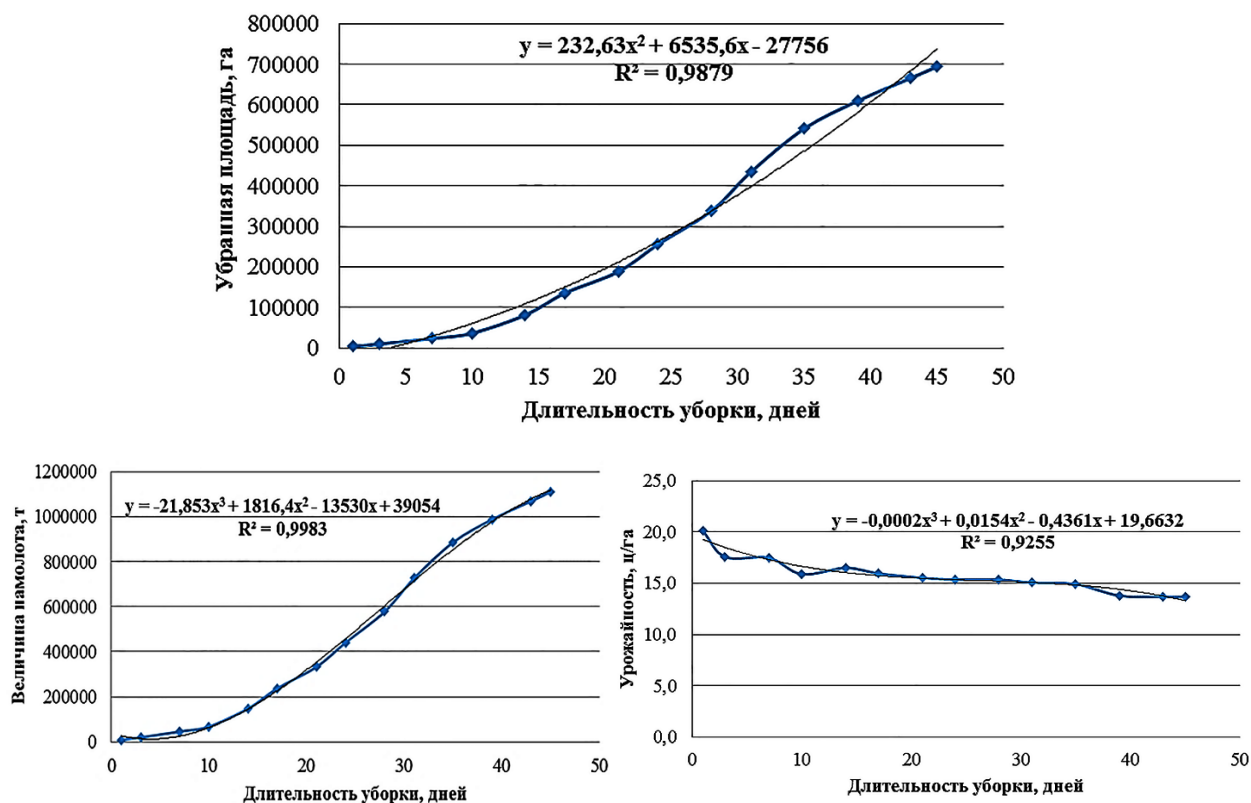


Рисунок 4.1 – Показатели уборки сои в Амурской области в 2021 году

4 Показатели хода уборки сои и зерновых в хозяйствах Амурской области (2020–2021 гг.)

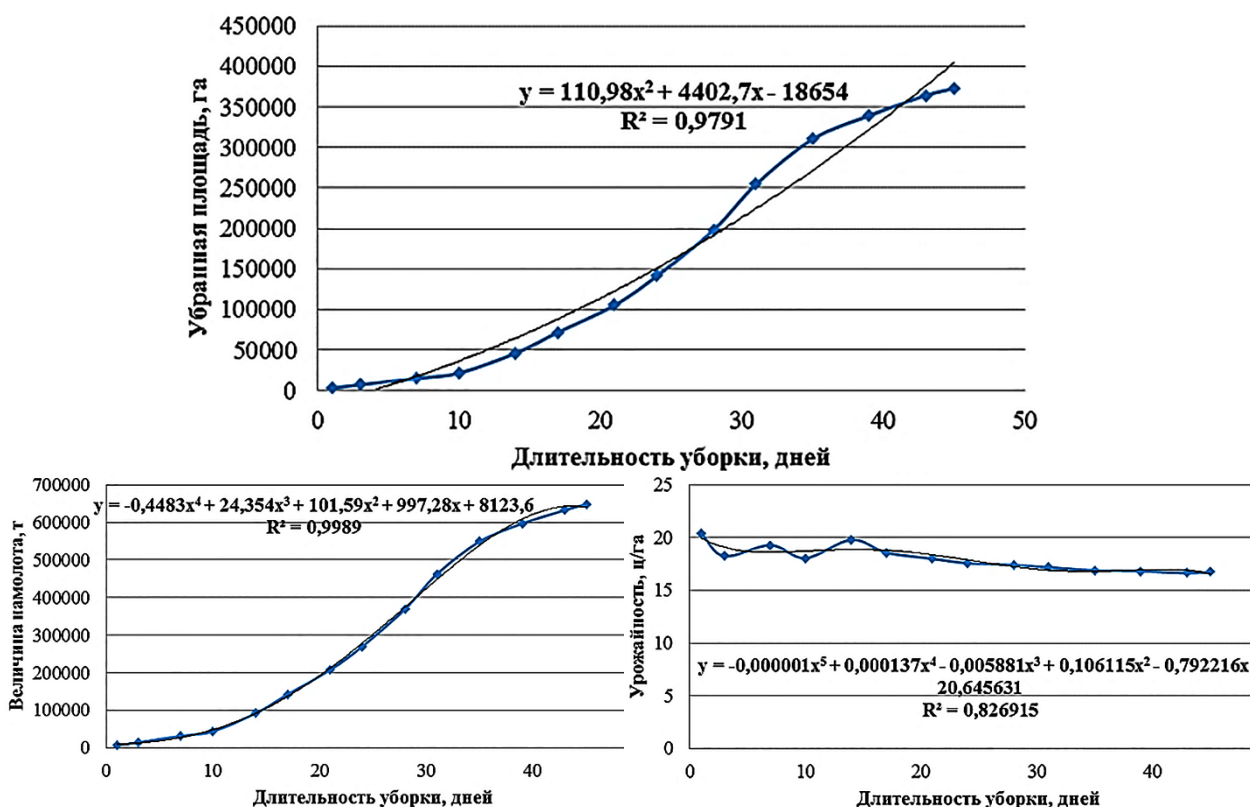


Рисунок 4.2 – Показатели уборки сои в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области в 2021 году

Показатели уборки сои в АПК Амурской области в 2021 году показаны на рисунке 4.1.

Из рисунка 4.1 видно, что уборка сои в Амурской области продолжалась в течении 45 дней, что значительно выше рекомендуемых 10–12 дней.

По убранной площади и намолоту можно выделить три характерных участка: первый, начальный период продолжительностью 10–13 дней, характеризующийся включением комбайнов в работу; средний участок продолжительностью 25–28 дней с наибольшим приростом убираемой площади и намолота; и последний участок продолжительностью 6–10 дней, характеризующийся окончанием уборки и снижением прироста убираемой площади и намолота.

Динамику средней урожайности также можно разделить на два участка: начальный период продолжительностью около 17 дней, характеризующийся

незначительными колебаниями урожайности; и второй период длительностью 28 дней с постепенным снижением собираемого урожая с 16 до 13,7 ц/га. На графиках (рис. 4.2) показан ход уборки сои в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области в 2021 году. Показатели по этой сельскохозяйственной зоне незначительно отличаются от представленных данных в целом по области.

Характеристика хода уборки сои в АО «Луч» (2021 г.)

На графиках (рис. 4.3) представлены показатели хода уборки сои в АО «Луч» в 2021 году.

Аналитические зависимости, представленные на рис. 4.3, характеризуют проведение уборки сои в АО «Луч» в 2021 году.

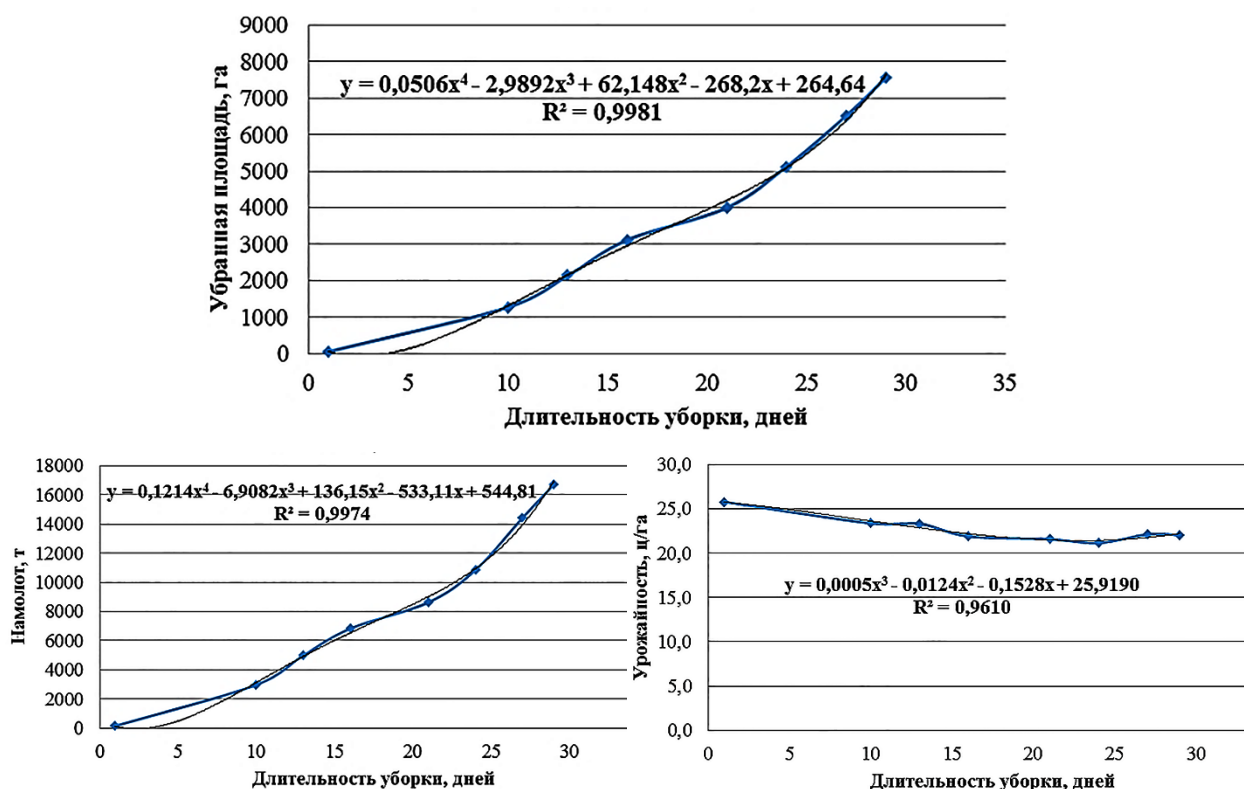


Рисунок 4.3 – Показатели хода уборки сои в АО «Луч» в 2021 году

4 Показатели хода уборки сои и зерновых
в хозяйствах Амурской области (2020–2021 гг.)

Характеристика хода уборки сои в ООО «Казанское» (2021 г.)

и показатели качества обмолота сои в КФХ «Гарбузов»

На графиках (рис. 4.4) представлены показатели хода уборки сои в ООО «Казанское» в 2021 году.

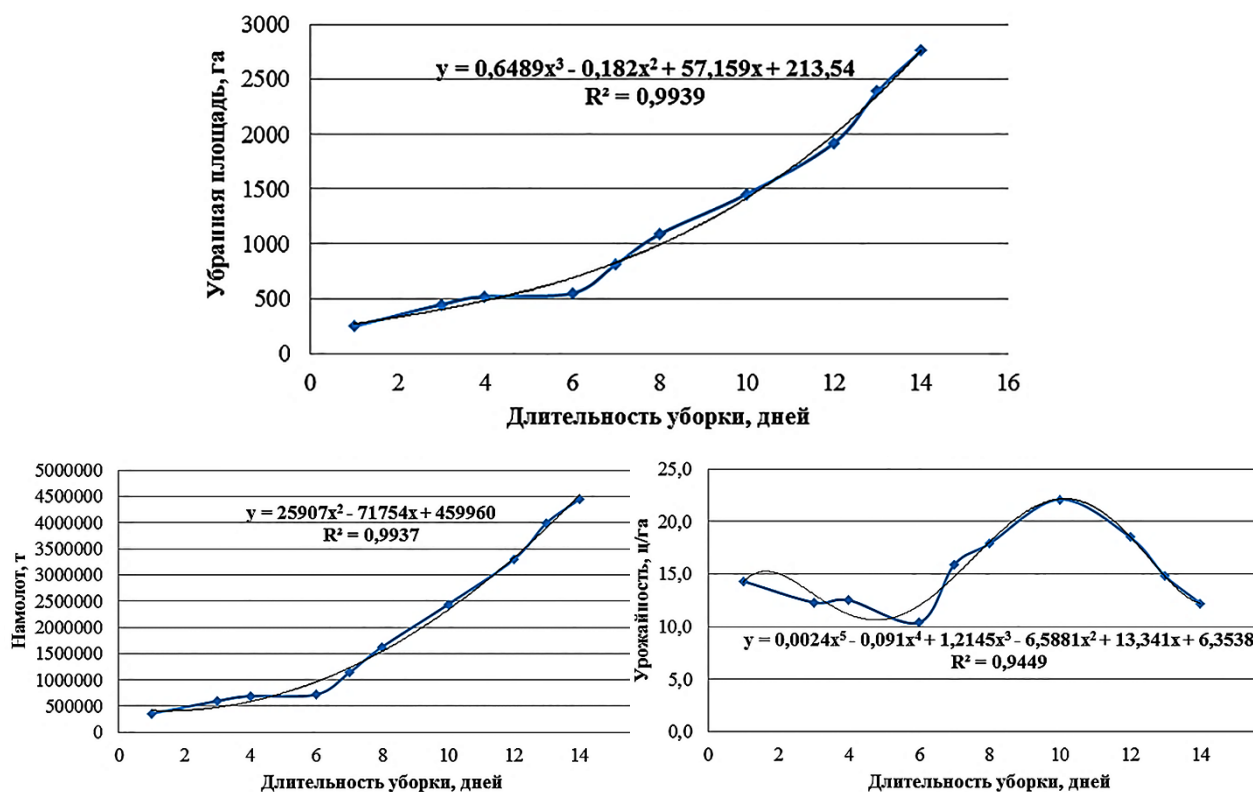


Рисунок 4.4 – Показатели хода уборки сои в ООП «Казанское» в 2021 году

Показатели качества обмолота сои сорта «Лидия» комбайном «Вектор-410» в КФХ «Гарбузов» представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Показатели качества обмолота сои сорта «Лидия» комбайном «Вектор-410» в КФХ «Гарбузов»

№	Навеска пробы		Целое зерно		Дробленое зерно		Живой сор		Мертвый сор		Недомолот		Недозревшее зерно		W
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	
1	644,6	84,8	546,3	84,8	40,3	6,3	4,0	0,6	11,7	1,8	11,1	1,7	31,2	4,8	23,5
2	328,5	76,2	250,3	76,2	26,2	8,0	10	3,0	11,5	3,5	6,5	2,0	24	7,3	23,5
3	548,4	84,4	463	84,4	47	8,6	7,5	1,4	3,9	0,7	1	0,2	26	4,7	17,4
4	614,5	84,8	521,1	84,8	46,7	7,6	14,5	2,4	5,4	0,9	5,8	0,9	21	3,4	17,4
Среднее значение	534,0	82,5	445,2	82,5	40,1	7,6	9,0	1,8	8,1	1,7	6,1	1,2	25,6	5,1	20,5

Анализируя таблицу 4.3, видно, что чистота зерна не превышала 84,8 %, а величина дробления находилась в пределах от 6,3 до 8,6 %, что не соответствует агротехническим требованиям. Величина недомолота достигала значения в 2 %, что также не соответствует установленным требованиям.

Динамика убираемой площади и намолота зерновых культур и сои комбайнами фирмы «Claas» (ЗАО «Агрофирма АНК», 2020 г.)

Исследование показателей убираемой площади и намолота зерновых культур комбайнами «Claas» проводилось в период с 16 по 29 августа 2020 года. Установлено, что комбайн «Medion-310» имел колебания ежесменной убираемой площади и намолота соответственно 4,7–15,0 га и 10,7–29,7 т. Средняя сменная убираемая площадь составляла 9,74 га, намолот – 19,4 т. При биологической урожайности 20,0 ц/га, сбор урожая в среднем за период уборки составил 19,9 ц/га, то есть около 0,1 ц/га теряется в поле.

Динамика убираемой площади и намолота зерновых культур комбайном «Medion-310» представлена в виде графиков и аналитических выражений на рисунках 4.5, 4.6.

Аналогичные графики представлены для комбайнов «Mega-350», «Tucano-430» и «Tucano-450» (рис. 4.7–4.10).

Динамика убранной площади и намолота зерновых культур комбайном «Tucano-450» представлена на рисунках 4.11, 4.12.

Анализируя работу представленных выше комбайнов по величине убираемой площади зерновых культур и намолоту, следует отметить лучшие показатели у комбайнов «Tucano-450», при убранной площади 212 га и намолоте 444 т, что в среднем 1,85 раза больше, чем у комбайна «Medion-310».

Таким образом, анализируя показатели производительности комбайнов «Claas» на уборке сои и зерновых культур, следует отметить лучшую эффективность комбайнов «Tucano-450» в условиях агрофирмы АНК в 2020 году.

4 Показатели хода уборки сои и зерновых
в хозяйствах Амурской области (2020–2021 гг.)

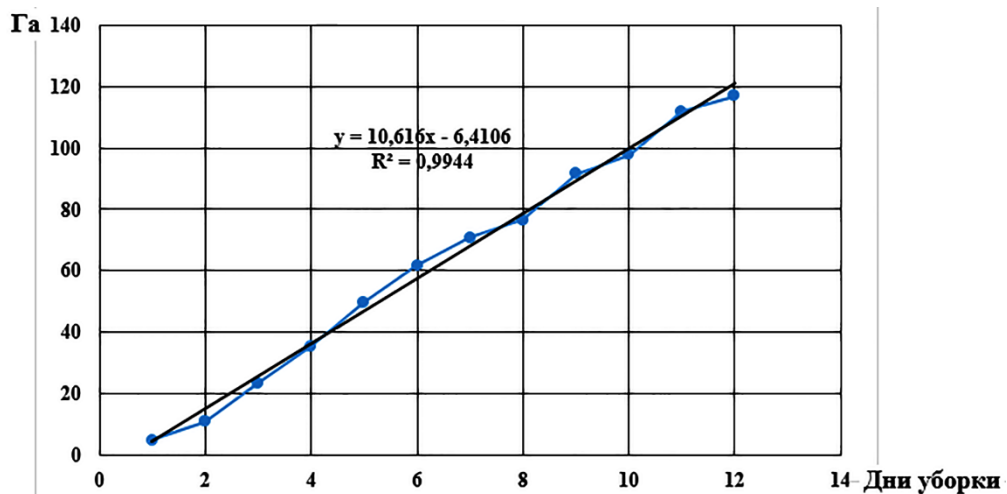


Рисунок 4.5 – Динамика убираемой площади зерновых культур комбайном «Medion-310»

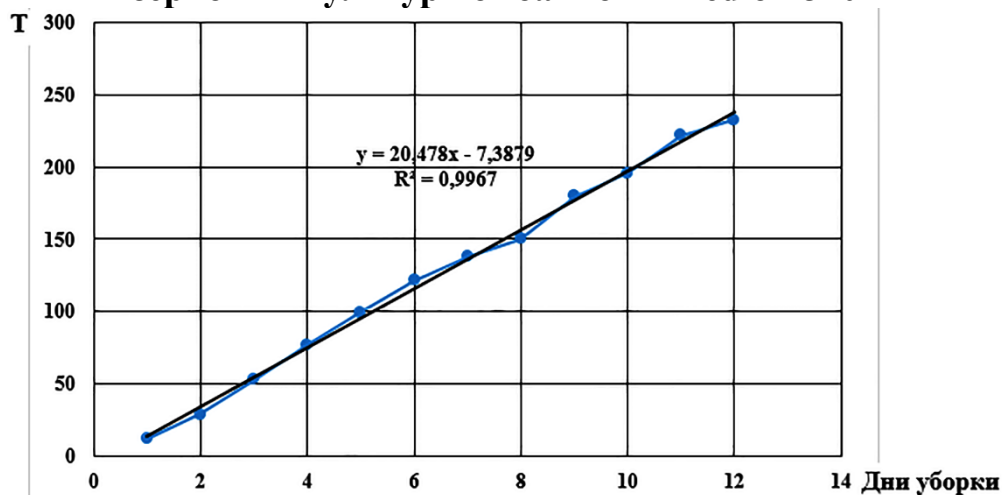


Рисунок 4.6 – Динамика намолота зерновых культур комбайном «Medion-310»

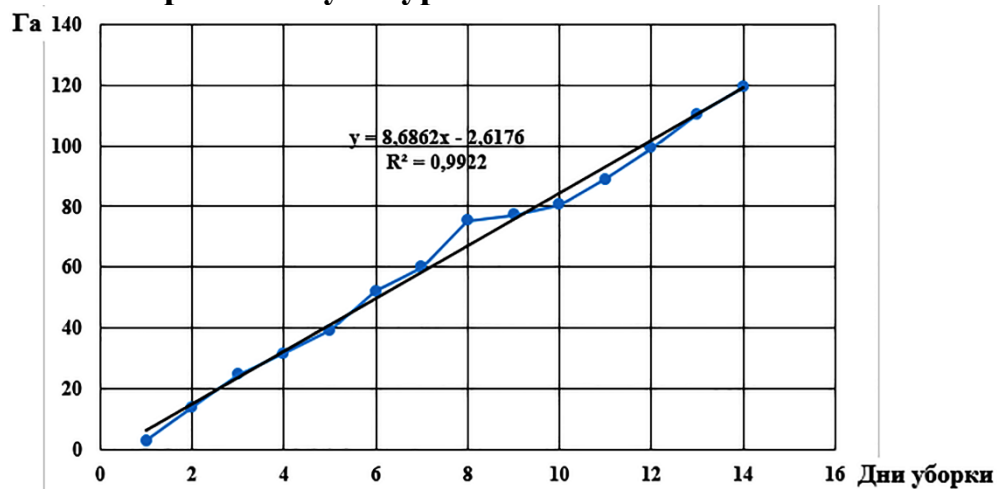


Рисунок 4.7 – Динамика убираемой площади зерновых культур комбайном «Mega-350»

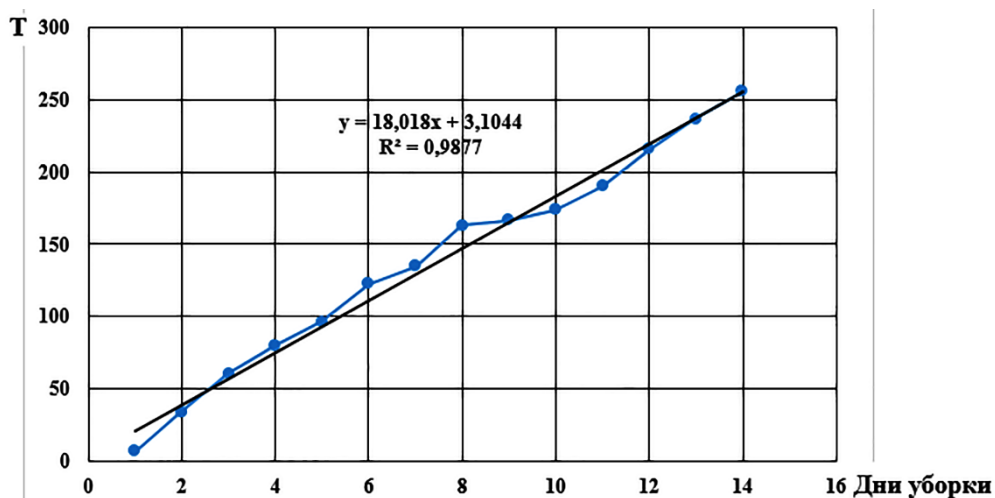


Рисунок 4.8 – Динамика намолота зерновых культур комбайном «Мега-350»

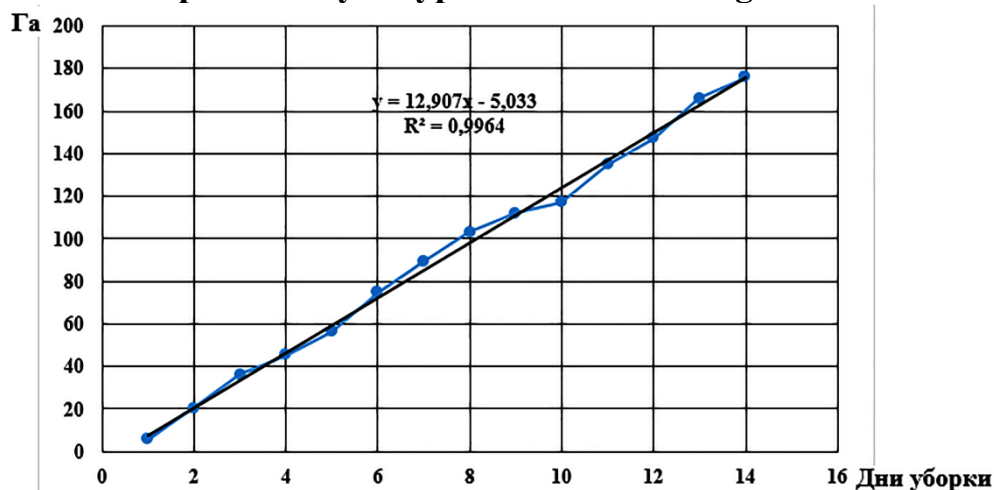


Рисунок 4.9 – Динамика убираемой площади зерновых культур комбайном «Тисано-430»

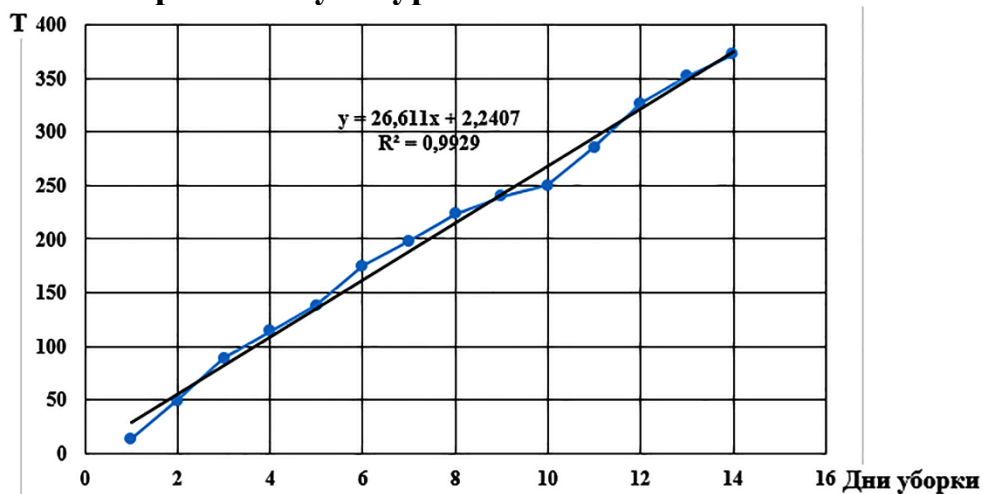


Рисунок 4.10 – Динамика намолота зерновых культур комбайном «Тисано-430»

4 Показатели хода уборки сои и зерновых
в хозяйствах Амурской области (2020–2021 гг.)

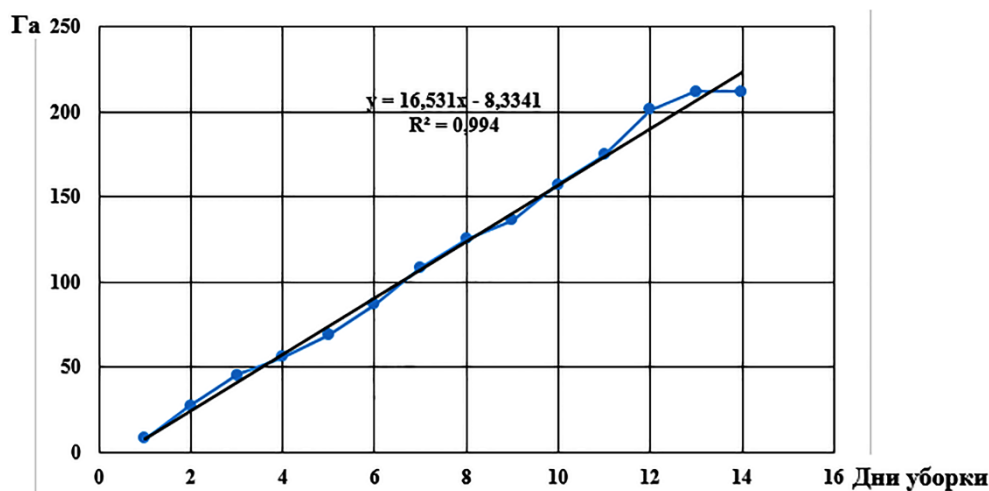


Рисунок 4.11 – Динамика убираемой площади зерновых культур комбайном «Тисано-450»

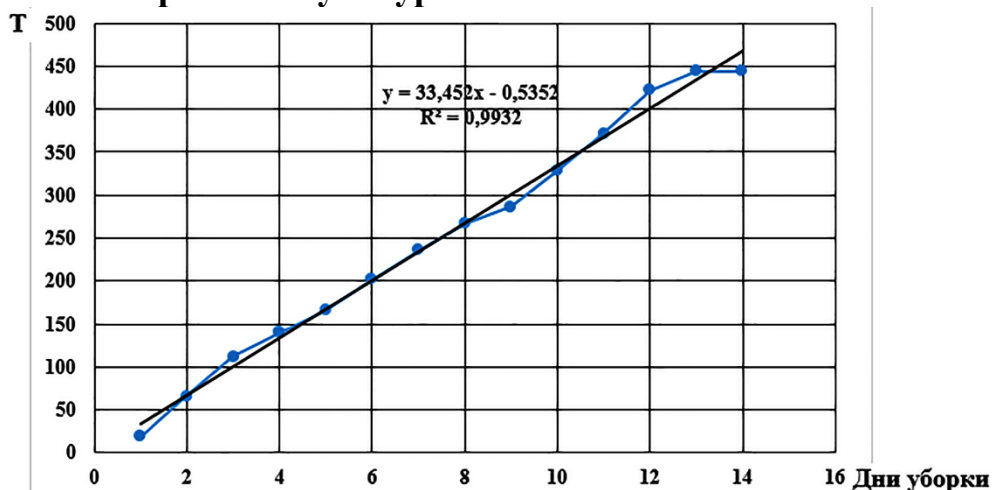


Рисунок 4.12 – Динамика намолота зерновых культур комбайном «Тисано-450»

В 2020 году проведен анализ показателей ежесменной убираемой площади и намолота сои зерноуборочными комбайнами фирмы «Claas».

Из представленного графика (рис. 4.13) видно, что одна и та же марка комбайна имела колебания значения убранной площади и намолота в пределах соответственно от 9,7 до 16,0 га в смену, и от 12,9 до 25,3 т при среднем значении убранной площади 13,1 га и намолоту 18,9 т в смену. Величина средней убранной урожайности на участке составила 14,5 ц/га при биологической урожайности на начало уборки 14,8 ц/га. Влажность зерна сои составила 17,6–18,0 %.

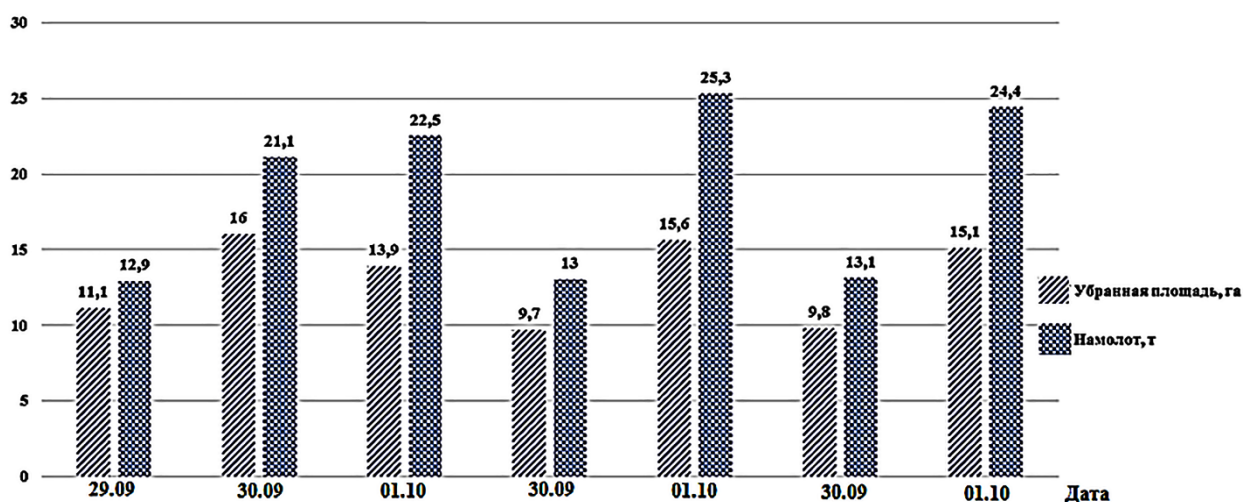


Рисунок 4.13 – Среднее значение убранной площади и намолота сои в смену комбайнами «Medion-310»

На рисунке 4.14 представлены показатели средней сменной убранной площади и намолота сои зерноуборочными комбайнами «Mega-350».

Из рисунка видно, что средние за смену показатели убранной площади и намолота у комбайнов «Mega-350» составили соответственно 11,8 га и 17,4 т, что на 1,3 га и 1,5 т ниже, чем у комбайнов «Medion-310». Средний сбор урожая с 1 га составил 14,7 ц.

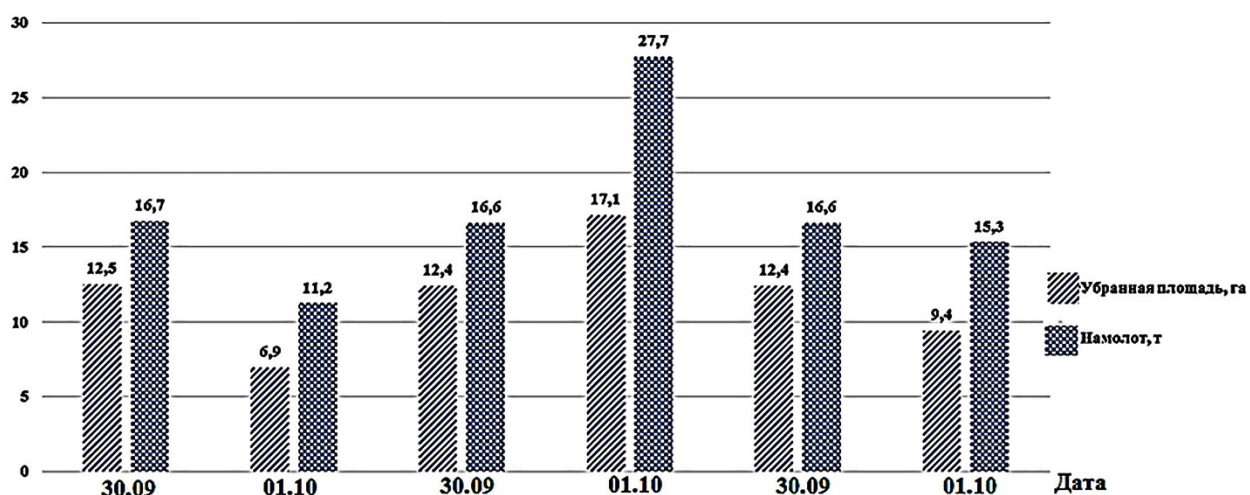


Рисунок 4.14 – Убранная площадь и намолот сои в смену комбайнами «Mega-350»

На рисунке 4.15 представлены результаты убранной площади и намолота сои комбайнами «Tusano-430».

4 Показатели хода уборки сои и зерновых
в хозяйствах Амурской области (2020–2021 гг.)

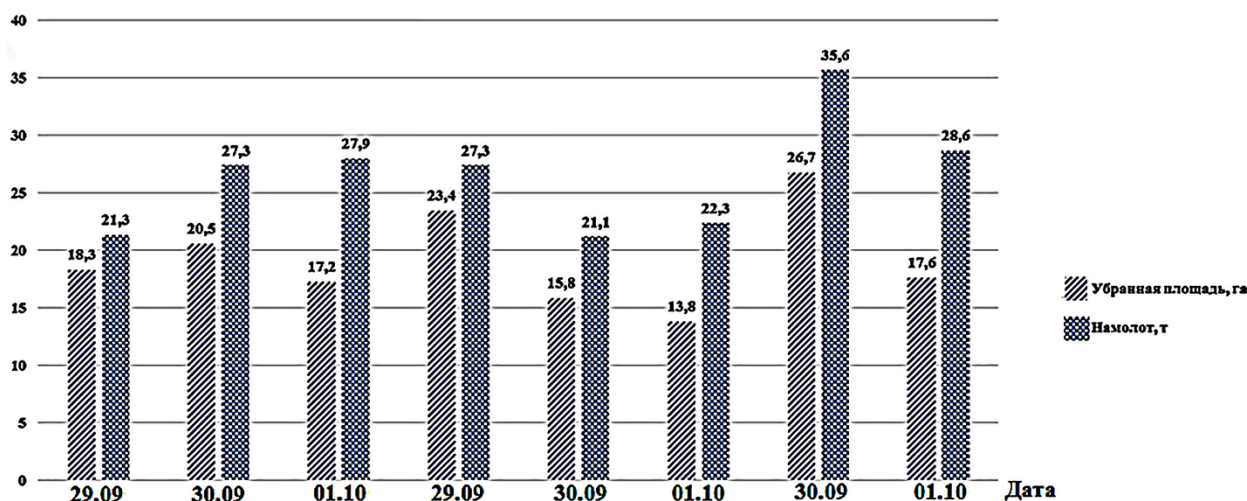


Рисунок 4.15 – Рисунок 4.15 – Величина убранной площади и намолота сои в смену комбайнами «Тисано-430»

Эти комбайны имеют в среднем лучшие показатели сменной уборочной площади (17,4 га в смену) и намолота (24,1 т в смену), что в среднем больше по убранной площади на 4,3 га в смену и по намолоту на 5,2 т в смену по сравнению с комбайнами «Medion-310», а по сравнению с комбайнами «Mega-350» эти показатели превышены соответственно на 5,6 га и 6,7 т.

На рисунке 4.16 представлены результаты убранной площади и намолота сои комбайнами «Тисано-450».

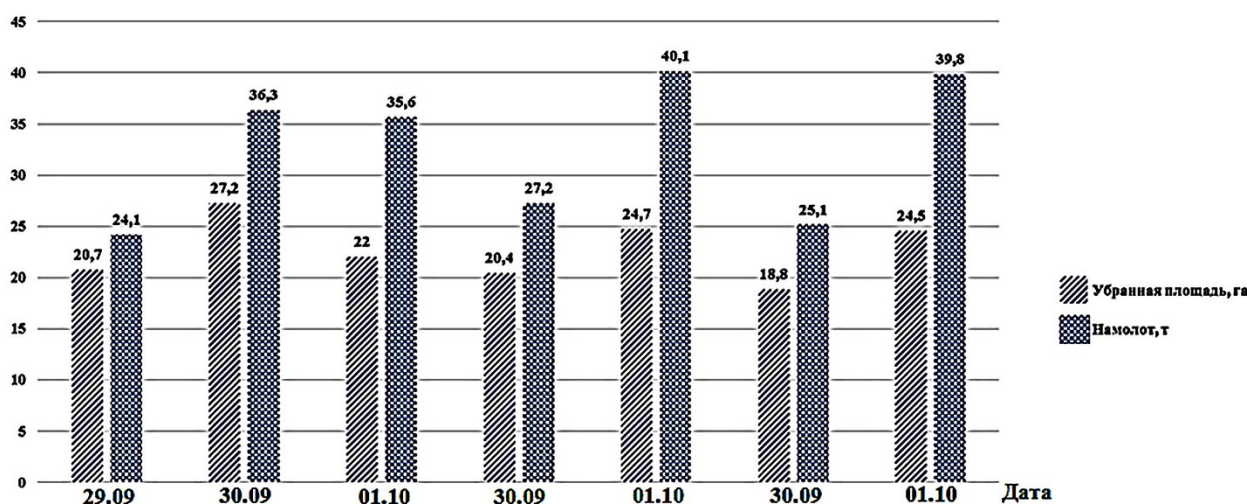


Рисунок 4.16 – Величина убранной площади и намолота сои в смену комбайнами «Тисано-450»

Комбайны «Тисано-450» наиболее высокопроизводительные. Средняя величина убранной площади составила 22,6 га в смену, а намолота – 32,6 т в смену. Собрано урожая сои с 1 га в среднем 14,4 ц/га.

Из представленного исследования можно сделать вывод, что данные марки комбайнов существенно отличаются по производительности. Так, комбайн «Тисано-450» обеспечивает намолот сои в смену в 1,5–1,8 раза больше комбайнов «Medion-310», «Mega-350», «Тисано-430». Следовательно, его применение в хозяйстве на уборке сои является более предпочтительным при практически равном расходе эксплуатационных затрат.

5 ПОКАЗАТЕЛИ СОРТОВЫХ КАЧЕСТВ ЗЕРНОВЫХ, СОИ И КУКУРУЗЫ

По данным министерства сельского хозяйства Амурской области в 2020 году для сортоиспытания в рамках выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ были выбраны основные сорта отечественной селекции пшеницы: «Арюна», «Алтайская 70», «Алтайская 75», «Алтайская 325» [63].

Сорт яровой пшеницы «Арюна». Рекомендован для возделывания в Дальневосточном регионе. Разновидность «Лютесценс». Куст прямостоячий – полупрямостоячий. Зерно удлиненное, окрашенное, хохолок длинный. Масса 1 000 зерен 30–31 г. В Амурской области урожайность колебалась от 20 до 40 ц/га, превысив стандарт «Дальневосточная 10» на 4–8 ц/га. Максимальная урожайность 42 ц/га получена в 2002 г. в Амурской области. Среднезрелый, вегетационный период 76–87 дней, созревает на 2–3 дня позднее стандарта. Среднеустойчив к полеганию, как и стандарт. К засухе более устойчив, чем «Дальневосточная 10». Хлебопекарные качества на уровне пшеницы филлера. Пыльной головней в условиях Амурской области поражался сильно. В полевых условиях бурой ржавчиной и септориозом поражался средне [35].

Сорт яровой пшеницы «Алтайская 70». Рекомендован для возделывания в Алтайском крае, степных и лесостепных зонах Красноярского края. Разновидность «Лютесценс». Куст полупрямостоячий. Растение среднерослое. Соломина выполнена слабо. Зерновка окрашенная. Масса 1 000 зерен 32–45 г. Средняя урожайность в регионах допуска – 24,7 ц/га, на 2,1 ц/га выше среднего стандарта. Максимальная урожайность 56,3 ц/га получена в 2008 г. в Красноярском крае. Среднеранний, вегетационный период 73–87 дней, созревает одновременно со стандартом или на 1–2 дня позднее. Устойчивость к полеганию

хорошая. Среднеустойчив к засухе, превышает по этому показателю стандарт до одного балла. Хлебопекарные качества хорошие. Сорт восприимчив к твердой головне, септориозу, корневым гнилям; сильно восприимчив к бурой ржавчине и мучнистой росе. В полевых условиях сильно поражен пыльной головней [35].

Сорт яровой пшеницы «Алтайская 75». Разновидность «Лютесценс». Куст полупрямостоячий. Растение среднерослое. Соломина выполнена слабо. Зерновка окрашенная. Масса 1 000 зерен – 34–42 г. Средняя урожайность в Западно-Сибирском регионе – 21,6 ц/га, в Восточно-Сибирском – 24,5 ц/га. Максимальная урожайность (65,1 ц/га) получена в 2014 г. в Иркутской области. Среднеспелый, вегетационный период – 79–95 дней, созревает на 2–3 дня позднее сортов «Алтайская 100» и «Омская 33». По устойчивости к полеганию и засухе до одного балла превышает стандарт «Алтайская 100». Хлебопекарные качества отличные. Умеренно восприимчив к мучнистой росе; сильно восприимчив к корневым гнилям, бурой ржавчине. В полевых условиях пыльной головней поражен средне [35].

Сорт яровой пшеницы «Алтайская 325». Разновидность «Лютесценс». Куст прямостоячий – полупрямостоячий. Соломина с сильным восковым налетом на верхнем междоузлии. Зерно яйцевидное, окрашенное, с длинным хохлом. Масса 1 000 зерен 38–42 г. Средняя урожайность в Западно-Сибирском регионе составила 27,3 ц/га, превысив средний стандарт на 3,0 ц/га, в Алтайском крае прибавка к стандарту «Алтайская 50» – 4 ц/га. Максимальная урожайность 53 ц/га получена в 2002 г. в Тюменской области. Среднеспелый, вегетационный период 85–90 дней, созревает одновременно с «Алтайской 50». Устойчив к полеганию, превысил стандарт по этому показателю до одного балла. Засухоустойчивость выше средней. Хлебопекарные качества хорошие. Умеренно восприимчив к септориозу, восприимчив к корневым гнилям. Сильно восприимчив к бурой ржавчине, мучнистой росе [35].

Рассмотрим некоторые сорта сои, возделываемые в Амурской области.

Сорт сои «Умка». Скороспелый. Продолжительность периода вегетации варьирует от 100 до 106 дней. Средняя урожайность семян – 3,0 т/га, потенциальная – 3,84 т/га. Среднеустойчив к распространенным грибным и бактериальным заболеваниям. При перестое растений бобы не растрескиваются. Масса 1 000 семян – от 170 до 198 г, высота растений – от 65 до 95 см, высота прикрепления нижнего боба – от 13 до 17 см [35].

Сорт сои «Лазурная». Среднеспелый, продолжительность периода вегетации 104–116 дней. Урожайность семян – от 3,12 до 3,64 т/га. Созревание бобов дружное. Сорт устойчив к полеганию, нет надлома ветвей. Среднеустойчив к распространенным грибным и бактериальным болезням сои (септориозу, филлостиктозу, бактериозу), устойчив к корневой гнили. Масса 1 000 семян – от 163 до 203 г, высота растений – от 60 до 90 см, высота прикрепления нижнего боба – от 13 до 18 см [66].

Сорт сои «Нега 1». Сорт рекомендуется для южной зоны Амурской области и Хабаровского края. Среднеспелый, продолжительность периода вегетации – 110–116 дней. Средняя урожайность семян – 3,29 т/га, потенциальная урожайность – 3,43 т/га. Сорт устойчив к полеганию, нет надлома ветвей. К возбудителям грибных болезней сои среднеустойчив. Масса 1 000 семян – от 157 до 183 г, высота растений – от 70 до 93 см, высота прикрепления нижнего боба – от 15 до 23 см [66].

Сорт сои «Соната». Сорт рекомендуется для Средне-Волжского, Восточно-Сибирского и Дальневосточного регионов. Скороспелый, продолжительность периода вегетации – 96–100 дней. Средняя урожайность семян – 2,8 т/га, потенциальная урожайность – 3,17 т/га. Сорт не полегает, слабо поражается болезнями. При перестое на корню наблюдается растрескивание бобов. Масса 1 000 семян – от 126 до 156 г, высота растений – от 68 до 85 см, высота прикрепления нижнего боба – от 14 до 18 см [66].

Сорт сои «Лидия». Сорт рекомендуется для Восточно-Сибирского и Дальневосточного регионов. Скороспелый, продолжительность периода вегетации – 96–104 дней. Средняя урожайность семян – 3,05 т/га. Сорт пластичный, хорошо приспособлен к гидротермическому режиму Амурской области. При перестое на корню возможно растрескивание бобов, а при низкой влажности семян (8–10 %) отмечается дробление семян. Масса 1 000 семян – от 158 до 168 г, высота растений – от 57 до 90 см, высота прикрепления нижнего боба – от 13 до 18 см [66].

Сорт сои «Кофу». Рекомендован к возделыванию в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Дальневосточном регионах. Среднеранний сорт. Хорошая устойчивость к растрескиванию бобов. Сорт хорошо ветвится. Средняя урожайность в Центрально-Черноземном регионе – 21,4 ц/га. Наибольшая урожайность – 44,9 ц/га получена в 2013 году в Курской области. Масса 1 000 семян – 183,5 г. Высота растений – 71,3 см, высота прикрепления нижнего боба – 13,3 см [65].

Сорт сои «Максус». Рекомендован к возделыванию в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском регионах. Раннеспелый. Растение детерминантного типа развития, среднее – высокое, прямостоячее. Средняя урожайность в Центрально-Черноземном регионе – 20,3 ц/га. Наибольшая урожайность – 33,8 ц/га получена в 2013 году в Курской области. Масса 1 000 семян – 169,8 г. Высота растений – 68,6 см, высота прикрепления нижнего боба – 12,7 см [65].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте сои получение сортов происходит методом гибридизации, с использованием дикой сои, а также образцов мировых достижений. За период более чем 90 лет, институт создал более 100 сортов, из них 56 нашли широкое применение в Амурской области и в других регионах России [23, 66].

Нынешние сорта разделяются по многим биологическим показателям. Сорта различаются по периоду вегетации: ультраскороспелые, скороспелые,

среднеспелые, позднеспелые (данное деление условно, так как существуют различные классификации). Отличаются они высотой растений, а также высотой прикрепления нижнего боба, массой 1 000 семян и потенциальной урожайностью, что важно при обеспечении необходимого качества технологического процесса машинами, особенно при работе зерноуборочных комбайнов.

На рисунке 5.1 представлены растения сои сортов «Топаз», «ВНИИС-18», «Китросса», «Грэй», у которых раскидистая форма куста, что при работе планки мотвила приводит к обрыву бобов, а у такого сорта как «Китросса» – разрушению четырех- и пяти-семенных бобов, как менее прочных при воздействии механических частей жатки (мотовило, режущий аппарат, шнек жатки), а также их обмолота барабаном.



Топаз



Китросса



Грэй



ВНИИС 18

Рисунок 5.1 – Современные сорта сои с раскидистой формой куста и высоким расположением нижнего боба (до 22 см)

Сорт сои «Топаз». Период вегетации – 89–93 дней; содержание белка – 38,9–40,8 %; содержание масла – 18,0–20,0 %; высота растений – 44–62 см; высота прикрепления нижних бобов – 10–12 см; масса 1 000 семян – 140–177 г;

потенциальная урожайность 24,3 ц/га. Сорт характеризуется компактным кустом, устойчив к полеганию. Формирует до 4 длинных и коротких ветвей [23].

Сорт сои «Китросса». Период вегетации – 113–114 дней; содержание белка – 38,2–42,5 %; содержание масла – 17,4–18,7 %; высота растений – 71–97 см; высота прикрепления нижних бобов – 15–22 см; масса 1 000 семян – 145–186 г; потенциальная урожайность – 40,1 ц/га. Сорт характеризуется прямым стеблем с ограниченным количеством веток, многоцветковой кистью, увеличенным количеством семян в бобах (4- и 5- семенные до 50 % на растении). Рекомендуется посев с 12 до 20 мая [23].

Сорт сои «Грэй». Период вегетации – 110–117 дней; содержание белка – 39,8–40,8 %; содержание масла – 19,1–19,4 %; высота растений – 76–91 см; высота прикрепления нижних бобов – 14–17 см; масса 1 000 семян – 142,4–145,4 г; потенциальная урожайность – 3,42 т/га. Сорт устойчив к переувлажнению [23].

Сорт сои «ВНИИС-18». Период вегетации – 111 (108–112) дней; содержание белка – 40,1–40,4 %; содержание масла – 19,1–20,3 %; высота растений – 72–87 см; высота прикрепления нижних бобов – 12–17 см; масса 1 000 семян – 133–145 г; потенциальная урожайность – 40,2 ц/га. Сорт устойчив к переувлажнению, болезням и вредителям, характеризуется большим количеством четырех-семенных бобов – до 60 % на растении [23].

Сорт сои «Чародейка» (рис. 5.2). Период вегетации – 102–110 дней; содержание белка – 38,2–39,9 %; содержание масла – 19,0–20,3 %; высота растений – 70–88 см; высота прикрепления нижних бобов – 11–15 см; масса 1 000 семян – 179–217 г; потенциальная урожайность – 28,9 ц/га. Сорт характеризуется прямым стеблем с ограниченным количеством веток; устойчив к бактериальным патогенам, корневой гнили [23].

Сорт сои «Золушка» (рис. 5.2). Период вегетации – 112–115 дней; содержание белка – 38,1–39,3 %; содержание масла – 17,8–18,6 %; высота растений –

71–81 см; высота прикрепления нижних бобов – 11–17 см; масса 1 000 семян – 151–177 г; потенциальная урожайность – 35,2 ц/га. Сорт устойчив к пониженным положительным температурам в период прорастания. Рекомендуется ранний посев [23].

Скороспелый сорт сои «Золотница» (рис. 5.2). Период вегетации – 107 дней; содержание белка – 37,6–40,4 %; содержание масла – 19,7–19,8 %; высота растений – 56–63 см; высота прикрепления нижних бобов – 11–14 см; масса 1 000 семян – 145–170 г; потенциальная урожайность – 30,2 ц/га. Сорт детерминантного типа роста, устойчив к переувлажнению и распространенным в регионе болезнетворным патогенам [23].



Чародейка



Золушка



Золотница

Рисунок 5.2 – Современные сорта сои с компактным устройством растения и низким расположением нижнего боба (до 15 см)

Рассмотрим некоторые сорта и гибриды кукурузы, возделываемые в Амурской области.

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений для использования в Амурской области включены следующие сорта и гибриды кукурузы: «Машук 175», «Машук 150 МВ», «Байкал», «Нур», «Ньютон», «КС

178 СВ», «Мальтон», «П 7054», «П 8039», «П 8107», «П 8521», «Сутоло», «Южанка» и другие [35, 164].

Гибрид кукурузы «Машук 175 МВ». Раннеспелый (ФАО 170) трехлинейный гибрид кукурузы, холодостойкий, с хорошим начальным развитием. Производство зерна, зерно-стержневой массы и силоса восковой спелости в регионах с ограниченным периодом вегетации. Высота растений 210–225 см, прикрепления початка – 65–70 см. Початок средней длины (20–22 см) и толщины, слабо конический, ножка средняя, рядов зерен среднее количество (14–16). Масса 1 000 зерен – 200 г. Способен сформировать урожай зерна до 8–9 т/га. Отличается устойчивостью к прикорневому полеганию. Устойчив к пузырчатой головне и стеблевым гнилям. Устойчив к южному гельминтоспориозу, слабо поражен фузариозом початков. Сильно повреждался стеблевым кукурузным мотыльком [160, 172].

Гибрид кукурузы «Байкал» (ФАО-170). Раннеспелый, трехлинейный гибрид, универсального направления использования. Початок слабо конической формы, длиной 20–21 см. Высота растения – 200–210 см, прикрепления початка – 65–70 см. Рекомендуемая густота стояния растений на 1 га к уборке на зерно и силос в условиях достаточной влагообеспеченности составляет 70–80 тыс. штук, при недостаточной – 65–70 тыс. штук. Урожай зерна в Дальневосточном регионе – 5,35 т/га. Устойчив к ломкости стебля ниже початка в период вегетации, пузырчатой головне, стеблевым гнилям и фузариозу початка [35, 164].

Гибрид кукурузы «Нур». Раннеспелый (ФАО 150), холодостойкий, трехлинейный гибрид универсального направления использования. Возможно использование для приготовления крупы. Гибрид создан с целью производства зерна, зерно-стержневой массы и силоса восковой спелости в регионах с ограниченным периодом вегетации. Высота растений – 170–180 см, прикрепления

початка – 50–60 см. Початок слабо-конической формы. Количество рядов зерен – 14–16. Масса 1 000 зерен – 280 г. Максимальная урожайность зерна – 10–11 т/га при уборочной влажности зерна 29,3 %. Отличается устойчивостью к прикорневому полеганию, стеблевым гнилям и фузариозу початка, а также к повреждению кукурузным стеблевым мотыльком [35, 164].

Гибрид кукурузы «Ньютон МВ». Среднеранний (ФАО 210), трехлинейный гибрид, универсального направления использования. Производство зерна и силоса восковой спелости в регионах с ограниченным периодом вегетации, а также зерна в южных регионах. Высота растения средняя (200–215 см), прикрепления початка – 65–70 см. Початок слабоконической формы, длинный – 18–20 см. Количество рядов зерен – 14–16. Масса 1 000 зерен – 250 г. Средняя урожайность зерна – 6,0 т/га, максимальная – 9,1 т/га. Холодостойкий гибрид с хорошим начальным развитием. Обладает высокой пластичностью и стабильностью. Гибрид отличается засухоустойчивостью, ярко выраженной ремонтантностью – все листья зеленые до полной спелости зерна. Водоотдача во время созревания средняя. Отзывчив на интенсивные условия выращивания, но и в обычных условиях дает стабильно высокий урожай. Устойчив к прикорневому полеганию и ломкости стебля ниже початка во время вегетации, к поражению пузырчатой головней. Повреждаемость стеблевым мотыльком – слабая. Стеблевыми гнилями поражается слабо, бактериозом и фузариозом – слабо-средне [35, 164].

Гибрид кукурузы «КС 178 СВ». Трехлинейный гибрид раннеспелого типа (ФАО 200), с вегетационным периодом 97–100 дней. Растение высокое, лист узкий, средней ширины. Початок длинный, средней толщины, цилиндрический. Высокая урожайность – 7,84 и 7,95 т/га (она же максимальная) была получена в 2014 г. соответственно на Кировском и Уссурийском государственном сортоучастке Приморского края. Вегетационный период 104 дня (что на 5

дней выше к уровню стандарта). Влажность зерна при уборке в среднем составила 31,9 % (что на 5,3 % выше к уровню стандарта). Высокоустойчив к гнили стеблей. Головной пыльной поражен был сильно; стеблевым кукурузным мотыльком повреждался также сильно [35, 164].

Гибрид кукурузы «Мальтон». Включен в Государственный реестр по Дальневосточному региону на зерно и силос. Универсальное решение для всех почвенно-климатических зон. Адаптирован к холодным почвам и раннему сроку сева. Пригоден для возделывания в регионах с коротким сроком вегетации. Трехлинейный раннеспелый гибрид (ФАО190). Тип гибрида – простой. Высота растения – 270–290 см. Ремонтантность хорошая. Початок короткий, средней толщины, слабokonический, рядов зерен – среднее количество. Высота крепления початка – 70–90 см. Число рядов в початке – 12–14 шт. Число зерен в ряду – 22–26 шт. Масса 1 000 зерен – 260–290 г. Потенциал урожайности – 13,0 т/га. Средняя урожайность зерна – 5,08, максимальная – 7,64 т/га. Предуборочная влажность зерна – 25,8 %. Вегетационный период составил в среднем по региону 104 дня. Агрономические характеристики данного гибрида по балльной системе следующие: по устойчивости к засухе – 7, к полеганию – 9, к ломке стебля – 10, к холоду – 10, к гельминтоспориозу – 10, к фузариозу – 9, к пузырчатой головне – 8, энергия прорастания – 10 [35, 164].

Гибрид кукурузы «Пионер П 7054» (ФАО 160). Включен в Государственный реестр по Дальневосточному региону на зерно. Простой раннеспелый гибрид. Назначение – зерно, силос. Группа спелости – ультраранний. Период от всходов до созревания зерна – 87–93 дня. Кремнистый гибрид, который отличается урожайностью, неприхотливостью и устойчивостью к погодным условиям. Растение компактное. Высокая толерантность к пыльной головне. Характеризуется высоким уровнем продуктивности и пластичности [35, 164].

Гибрид кукурузы «Южанка». Сорт-популяция кукурузы создан в Приморском научно-исследовательском институте сельского хозяйства. Растение

высокое, лист средней ширины. Початок длинный, средней толщины, слабо-конический, ножка короткая, рядов зерен – среднее количество, стержень не окрашен. Зерно промежуточное, ближе к зубовидному, в верхней части белое. По группе спелости относится к среднепоздним сортам, период вегетации – 134–140 дней. Урожайность за годы испытания в конкурсном сортоиспытании составила 6,37–7,2 т/га, урожай зеленой массы – 50,0 т/га. Растения высотой 260–325 см, высота прикрепления початка – 98–130 см. Число початков на одном растении – 1,5–2,0 шт. Початок от конической до цилиндрической формы, длиной 16–23 см, количество рядов зерен на початке – 12–18. Зерно крупное. Масса 1 000 зерен – 349,4 г. Устойчив к южному гельминтоспориозу, слабо поражен фузариозом початков. Средне повреждался стеблевым кукурузным мотыльком [35, 164].

В настоящее время хозяйства Амурской области приобретают семена гибридов кукурузы, в основном иностранного производства. Причина тому нерентабельность возделывания отечественных сортов. Большие площади занимают гибриды: «Фалькон» (Швейцария); «Клифтон» (Германия); «ПР39Х32» (США); «Бюрли» (Франция); «ТК-175»; «ТК-195» и «ТК-202» (Венгрия).

Гибрид кукурузы «Фалькон» (ФАО 190). Раннеспелый гибрид двойного использования: на зерно и на силос. Характеризуется хорошей устойчивостью к стрессовым условиям, холодостойкий. Отличный баланс между раннеспелостью и урожайностью. Тип зерна – зубовидный, кремнистый. Содержание крахмала в зерне – 72–75 %. Очень быстрая отдача влаги зерном. Характеризуется устойчивостью к полеганию. Хорошая толерантность к северному гельминтоспориозу и фузариозу початка [35, 164].

Гибрид кукурузы «Клифтон» (ФАО 175). Раннеспелый, трехлинейный гибрид универсального типа, может успешно возделываться как на зерно, так и на силос. Зерно крупное, кремнистое. Початок крупный – около 20 см, количество рядов зерен – 16, время цветения очень раннее, высота растения – до 3 м.

Очень холодостойкий, устойчив к полеганию. Обладает высоким потенциалом урожайности на силос и зерно в регионах со сложными почвенно-климатическими условиями для возделывания кукурузы. Гарантирует вызревание зерна даже в неблагоприятных условиях. Наиболее полно реализует свой потенциал продуктивности в условиях оптимального увлажнения и высокого уровня агротехники [35, 164].

Все растения-гибриды не обладают достоинством созданного растения. Отбирать семена у гибрида бессмысленно, так как многие из них вообще не способны их давать. Семена сортовых растений можно размножать. Производители зерна кукурузы предпочитают использовать гибриды, так как гибрид дает стабильный урожай.

6 ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВЫХ, СОИ И КУКУРУЗЫ

В таблицах 6.1–6.10 представлены физико–механические свойства сои, пшеницы и кукурузы, имеющие значение при выполнении уборочных и транспортных работ в растениеводстве.

Таблица 6.1 – Результаты определения объемной массы зерна сои, пшеницы и кукурузы (γ) ($W = 12,1\%$)

Культура	Значения опытов (повторности), г/л			Среднее значение
	1	2	3	
Соя (сорт «Даурия»)	731	730	731	0,731 г/см ³ (731 кг/м ³)
Пшеница (сорт «Арюна»)	734	733	734	0,734 г/см ³ (734 кг/м ³)
Кукуруза (гибрид «Фалькон»)	730	729	730	0,730 г/см ³ (730 кг/м ³)

Таблица 6.2 – Результаты определения угла естественного откоса зерна сои, (сорт «Даурия»), (опорная поверхность – сталь), влажность $W_c = 12,4\%$

№	<i>D</i>	<i>H</i>	α_3 , гр.	α_t , гр.	G_1	G_2	$G_{кв1}$	$G_{кв2}$
1	335	77	25	25	1,7	-0,4	2,89	0,16
2	340	76	28	24	-1,3	0,6	1,69	0,36
3	345	78	26	24	0,7	0,6	0,49	0,36
4	340	74	27	24	-0,3	0,6	0,09	0,36
5	335	74	25	24	1,7	0,6	2,89	0,36
6	330	79	28	26	-1,3	-1,4	1,69	1,96
7	330	80	28	26	-1,3	-1,4	1,69	1,96
8	340	76	26	24	0,7	0,6	0,49	0,36
9	345	79	28	25	-1,3	-0,4	1,69	0,16
10	335	74	26	24	0,7	0,6	0,49	0,36
Среднее	–	–	26,70	24,60	–	–	–	–
$S_{погр}$	–	–	1,25	0,80	–	–	–	–
$V_{к-т\ вар}$	–	–	4,69	3,43	–	–	–	–
$m_{о\ ср\ зн}$	–	–	0,40	0,27	–	–	–	–
$P_{точн\ оп}$	–	–	1,48	1,08	–	–	–	–
Примечания: <i>D</i> – диаметр насыпи, мм; <i>H</i> – высота насыпи, мм; α_3 – угол естественного откоса экспериментальный, град.; α_t – угол естественного откоса теоретический, град.; G_1, G_2 – значения уклонения значений каждого опыта от среднего значения; $G_{кв1}, G_{кв2}$ – значения уклонения значений каждого опыта от среднего значения, возведенные в квадрат; $S_{погр}$ – погрешность опыта; $V_{к-т\ вар}$ – коэффициент вариации; $m_{о\ ср\ зн}$ – ошибка средней арифметической; $P_{точн\ оп}$ – показатель точности опыта.								

Таблица 6.3 – Результаты определения угла естественного откоса зерна пшеницы, (сорт «Арюна»), (опорная поверхность – сталь), влажность $W_{\text{пш}} = 11,8 \%$

№	D	H	α_z , гр.	α_m , гр.	G_1	G_2	$G_{\text{кв1}}$	$G_{\text{кв2}}$
1	325	74	24	24	0,8	0,4	0,64	0,16
2	340	73	25	23	-0,2	1,4	0,04	1,96
3	330	77	25	25	-0,2	-0,6	0,04	0,36
4	330	75	24	24	0,8	0,4	0,64	0,16
5	320	74	25	25	-0,2	-0,6	0,04	0,36
6	330	78	26	25	-1,2	-0,6	1,44	0,36
7	322	73	24	24	0,8	0,4	0,64	0,16
8	330	74	25	24	-0,2	0,4	0,04	0,16
9	320	77	26	26	-1,2	-1,6	1,44	2,56
10	320	73	24	24	0,8	0,4	0,64	0,16
Среднее	–	–	24,80	24,40	–	–	–	–
$S_{\text{погр}}$	–	–	0,79	0,80	–	–	–	–
$V_{\text{к-т вар}}$	–	–	3,18	3,46	–	–	–	–
$m_{\text{о ср зн}}$	–	–	0,25	0,27	–	–	–	–
$P_{\text{точн оп}}$	–	–	1,01	1,09	–	–	–	–

Примечания: D – диаметр насыпи, мм; H – высота насыпи, мм; α_z – угол естественного откоса экспериментальный, град.; α_m – угол естественного откоса теоретический, град.; G_1, G_2 – значения уклонения значений каждого опыта от среднего значения; $G_{\text{кв1}}, G_{\text{кв2}}$ – значения уклонения значений каждого опыта от среднего значения, возведенные в квадрат; $S_{\text{погр}}$ – погрешность опыта; $V_{\text{к-т вар}}$ – коэффициент вариации; $m_{\text{о ср зн}}$ – ошибка средней арифметической; $P_{\text{точн оп}}$ – показатель точности опыта.

Таблица 6.4 – Результаты определения угла естественного откоса зерна кукурузы, (сорт «Фалькон»), (опорная поверхность – сталь), влажность $W_{\text{пш}} = 12,6 \%$

№	D	H	α_z , гр.	α_m , гр.	G_1	G_2	$G_{\text{кв1}}$	$G_{\text{кв2}}$
1	350	69	26	22	0,7	0,5	0,49	0,25
2	340	70	26	22	0,7	0,5	0,49	0,25
3	340	70	27	22	-0,3	0,5	0,09	0,25
4	335	73	26	24	0,7	-1,5	0,49	2,25
5	345	72	26	23	0,7	-0,5	0,49	0,25
6	330	71	28	23	-1,3	-0,5	1,69	0,25
7	345	68	27	22	-0,3	0,5	0,09	0,25
8	335	72	28	23	-1,3	-0,5	1,69	0,25
9	340	70	26	22	0,7	0,5	0,49	0,25
10	345	69	27	22	-0,3	0,5	0,09	0,25
Среднее	–	–	26,70	22,50	–	–	–	–
$S_{\text{погр}}$	–	–	0,82	0,71	–	–	–	–
$V_{\text{к-т вар}}$	–	–	3,08	3,14	–	–	–	–
$m_{\text{о ср зн}}$	–	–	0,26	0,22	–	–	–	–
$P_{\text{точн оп}}$	–	–	0,98	0,99	–	–	–	–

Примечания: D – диаметр насыпи, мм; H – высота насыпи, мм; α_z – угол естественного откоса экспериментальный, град.; α_m – угол естественного откоса теоретический, град.; G_1, G_2 – значения уклонения значений каждого опыта от среднего значения; $G_{\text{кв1}}, G_{\text{кв2}}$ – значения уклонения значений каждого опыта от среднего значения, возведенные в квадрат; $S_{\text{погр}}$ – погрешность опыта; $V_{\text{к-т вар}}$ – коэффициент вариации; $m_{\text{о ср зн}}$ – ошибка средней арифметической; $P_{\text{точн оп}}$ – показатель точности опыта.

6 Физико-механические свойства
зерновых, сои и кукурузы

Таблица 6.5 – Значение коэффициента внутреннего трения и угла внутреннего трения зерна сои, (сорт «Даурия»), влажность $W_c = 12,4\%$

Показатели	Значения опытов (повторности)						Среднее значение
Высота, м (h)	0,13						
Площадь сечения коробки, м ² (F)	0,019						
Сила тяги, кг (P)	Р _{ст.}	1,5	1,45	1,5	1,5	1,6	1,51
	Р _{д.}	1,4	1,3	1,25	1,3	1,3	1,31
Сопротивление передвижению коробки, кг (W)	W _{ст.}	0,35	0,4	0,4	0,4	0,4	0,39
	W _{д.}	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,33
Нормальное напряжение в слое семян, кг/м ² (σ)	191,35						
Касательное напряжение в слое семян, кг/м ² (τ)	51,6						
Коэффициент внутреннего трения, tg φ	0,27						
Угол внутреннего трения, φ , град.	15,1						

Таблица 6.6 – Значение коэффициента внутреннего трения и угла внутреннего трения зерна пшеницы, (сорт «Арюна»), влажность $W_c = 11,8\%$

Показатели	Значения опытов (повторности)						Среднее значение
Высота, м (h)	0,13						
Площадь сечения коробки, м ² (F)	0,019						
Сила тяги, кг (P)	Р _{ст.}	1,7	1,65	1,6	1,7	1,65	1,66
	Р _{д.}	1,5	1,55	1,5	1,5	1,5	1,51
Сопротивление передвижению коробки, кг (W)	W _{ст.}	0,35	0,4	0,4	0,4	0,4	0,39
	W _{д.}	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,33
Нормальное напряжение в слое семян, кг/м ² (σ)	190,10						
Касательное напряжение в слое семян, кг/м ² (τ)	62,1						
Коэффициент внутреннего трения, tg φ	0,33						
Угол внутреннего трения, φ , град.	18,1						

Таблица 6.7 – Значение коэффициента внутреннего трения и угла внутреннего трения зерна кукурузы, (сорт «Фалькон»), влажность $W_c = 12,6\%$

Показатели	Значения опытов (повторности)						Среднее значение
Высота, м (h)	0,13						
Площадь сечения коробки, м ² (F)	0,019						
Сила тяги, кг (P)	Р _{ст.}	1,6	1,55	1,5	1,4	1,45	1,50
	Р _{д.}	1,35	1,4	1,4	1,2	1,2	1,30
Сопротивление передвижению коробки, кг (W)	W _{ст.}	0,35	0,4	0,4	0,4	0,4	0,39
	W _{д.}	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,33
Нормальное напряжение в слое семян, кг/м ² (σ)	190,95						

Продолжение таблицы 6.7

Показатели	Значения опытов (повторности)	Среднее значение
Касательное напряжение в слое семян, кг/м ² (τ)	51,05	
Коэффициент внутреннего трения, $\text{tg } \varphi$	0,27	
Угол внутреннего трения, φ , град.	14,97	

Таблица 6.8 – Определение аэродинамических свойств зерна сои, (сорт «Даурия»), влажность $W_c = 12,4 \%$

Номер	a	h_d	$U_{кр}$, м/с	Целое зерно		Дробленое зерно		Сорная примесь	
				G , г	%	G , г	%	G , г	%
1	10	2,2	5,99	–	–	0,40	0,40	0,20	0,20
2	20	5,1	9,12	0,15	0,15	3,98	3,98	0,21	0,21
3	30	8,6	11,85	15,03	15,03	2,45	2,45	0,10	0,10
4	40	11,2	13,52	64,12	64,12	0,74	0,74	–	–
5	50	12,7	14,40	12,90	12,90	–	–	–	–

Примечания: a – величина открытия воздушной заслонки парусного классификатора ППК-ВИМ; h_d – величина динамического напора, м/с; G – масса частиц, г

Таблица 6.9 – Определение аэродинамических свойств зерна пшеницы, (сорт «Арюна»), влажность $W_c = 11,8 \%$

Номер	a	h_d	$U_{кр}$, м/с	Целое зерно		Дробленое зерно		Сорная примесь	
				G , г	%	G , г	%	G , г	%
1	10	2,0	5,71	2,22	2,22	0,15	0,15	0,32	0,32
2	20	5,1	9,12	96,14	96,14	0,24	0,24	0,04	0,04

Примечания: a – величина открытия воздушной заслонки парусного классификатора ППК-ВИМ; h_d – величина динамического напора, м/с; G – масса частиц, г

Таблица 6.10 – Определение аэродинамических свойств зерна кукурузы, (сорт «Фалькон»), влажность $W_c = 12,6 \%$

Номер	a	h_d	$U_{кр}$, м/с	Целое зерно		Дробленое зерно		Сорная примесь	
				G , г	%	G , г	%	G , г	%
1	10	2,3	6,13	–	–	0,93	0,93	0,04	0,04
2	20	5,2	9,21	–	–	8,02	8,02	–	–
3	30	8,9	12,05	43,63	43,63	3,66	3,66	–	–
4	40	10,5	13,09	41,74	41,74	0,33	0,33	–	–
5	50	12,1	14,05	0,98	0,98	–	–	–	–

Примечания: a – величина открытия воздушной заслонки парусного классификатора ППК-ВИМ; h_d – величина динамического напора, м/с; G – масса частиц, г

В результате проведенных исследований установлено, что угол естественного откоса семян сои, пшеницы и кукурузы для стальной опорной поверхности и влажности семян составил 11,8–12,6 % и находился в пределах от 24,8 до 30,1 градусов. Наибольшее значение этого показателя имеет кукуруза,

а наименьшие – соя и пшеница. Установлено, что величина коэффициента внутреннего трения для семян пшеницы, кукурузы и сои находится в пределах 0,33; 0,27 и 0,27, соответственно, а угол внутреннего трения равен 18,1; 15 и 15 градусов. Критическая скорость витания семян пшеницы находится в пределах 5,7–9,1 м/с, сои и кукурузы – 6,1–14 м/с. Большой разбег значений критической скорости связан с выделением семян различных фракций (мелкие, средние, крупные).

В таблицах 6.11, 6.12 представлены средние значения характеристик растений пшеницы сортов «Арюна» и «Рось».

Таблица 6.11 – Средние значения характеристик растений пшеницы сорта «Арюна»

Высота, см	Длина колоса, см	Вес растения, г	Вес зерна на растении, г	Соломистость
84,5	9,25	2,07	0,82	0,66

По данным средних значений таблицы 6.11, погрешность опыта составила: для высоты растения 7,49; для длины колоса 1,11; для веса растения 0,38; для веса зерна на растении 0,23; для соломистости 0,17. Коэффициент вариации составил: для высоты растения 8,86 %; для длины колоса 11,9 %; для веса растения 18,4 %; для веса зерна на растении 28 %; для соломистости 25,8 %. Значение ошибки средней арифметической составило: для высоты растения 1,37; для длины колоса 0,2; для веса растения 0,07; для веса зерна на растении 0,04; для соломистости 0,03. Показатель точности опыта составил: для высоты растения 1,6 %; для длины колоса 2,16 %; для веса растения 3,38 %; для веса зерна на растении 4,88 %; для соломистости 4,5 %. Значения коэффициентов точности находятся в пределах 5 %, что говорит об удовлетворительной точности проведенных опытов.

По данным таблицы 6.12, погрешность опыта составила: для высоты растения 8,6; для веса растения 2,6; для соломистости 0,19. Коэффициент вариации составил: для высоты растения 10,61 %; для веса растения 25,12 %; для соломистости 21,9 %. Значение ошибки средней арифметической составило:

для высоты растения 1,38; для веса растения 0,42; для соломистости 0,03. Показатель точности опыта составил: для высоты растения 1,7 %; для веса растения 4 %; для соломистости 3,5 %. Значения коэффициентов точности находятся в пределах 5 %, что говорит об удовлетворительной точности проведенных опытов.

Таблица 6.12 – Средние значения характеристик растений сои сорта «Рось» (2020 г.)

Высота растения, см	Вес растения, г	Расстояние до нижнего боба, см	Количество бобов, шт./г								Соломистость
			одно зерно		2-х зерен		3-х зерен		4-х зерен		
81,1	10,35	18,3	2,2	0,49	5,0	2,2	3,0	2,0	0,2	0,11	0,87

6.1 Характеристика растений сои

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:

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

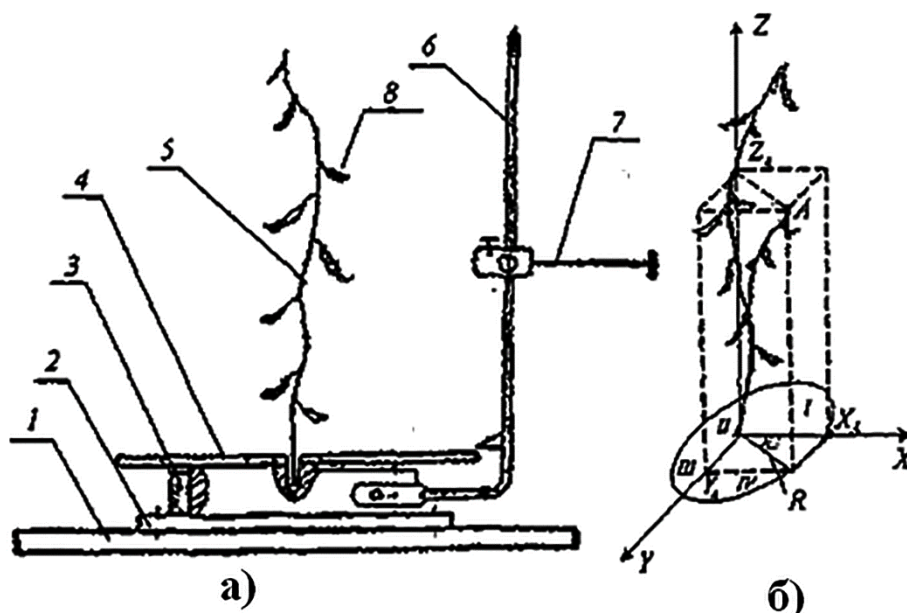
Построение формы растения сои, определение положения бобов по высоте H и радиусу R проводилось при помощи специального прибора (рис. 6.1,

а). Форма растений сои в значительной мере определяет ее сортовые особенности. Однако, в производственных посевах наблюдаются три характерных формы:

1) эллипсоидная, заостренная к вершине и основанию с показателем: $0,3 \leq \frac{B}{L} \leq 0,7$ $R = 0,45 \dots 0,65$ м (рис. 6.2, а);

2) раскидистая с углом $\gamma = 40-60$ градусов (рис. 6.2, б) и количеством ветвей больше трех;

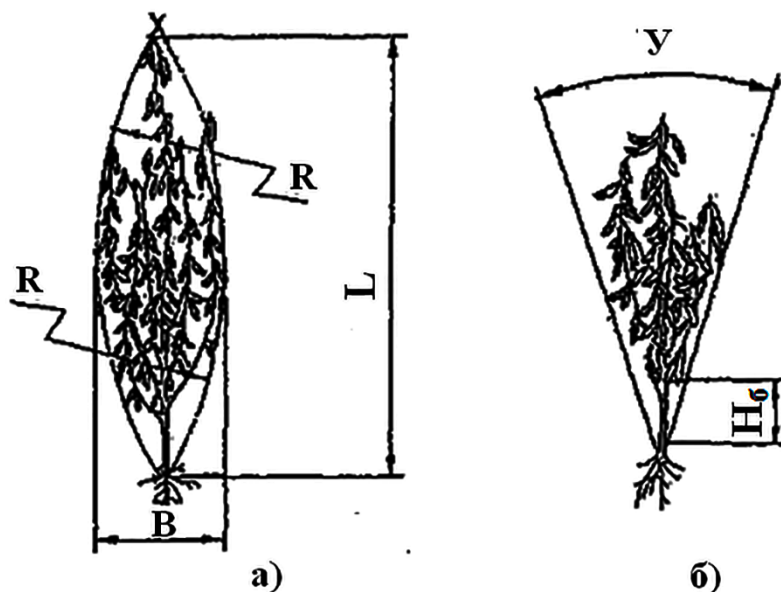
3) одностебельная с одной – двумя слаборазвитыми ветвями.



1 – опора; 2 – пята; 3 – кольцо подвижное; 4 – диск неподвижный со шкалой в градусах;
5 – растение сои; 6 – стойка; 7 – отметчик; 8 – боб

Рисунок 6.1 – Схема прибора (а) и способ определения координат (б) бобов сои на растении

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 мотовила комбайна.



а) эллипсоидная; б) раскидистая

l – высота растения; H_b – высота расположения нижнего боба от поверхности почвы; R – радиус кривизны поверхности куста сои

Рисунок 6.2 – Формы растений сои

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. 6.1, б) из выражений (6.1):

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \\ Y_c &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \\ Z_c &= \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \end{aligned} \quad (6.1)$$

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

m_i – масса i -го боба, мг;

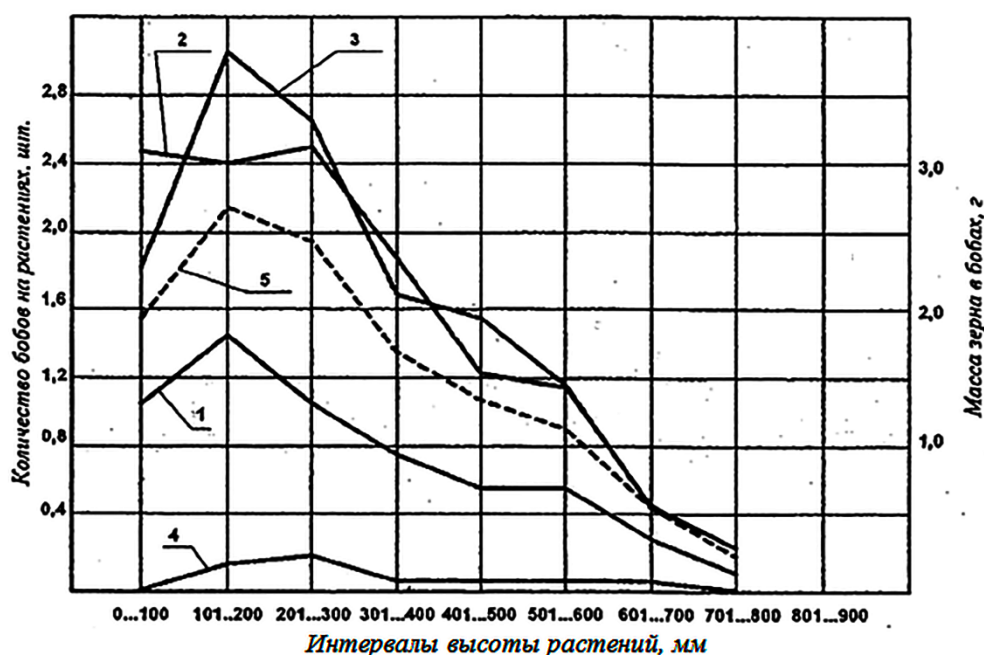
$\sum_{i=1}^n m_i$ – общая масса бобов на растении, мг.

В таблице 6.13 и на рисунке 6.1 представлены размерно-весовые характеристики, координаты центра тяжести и размещение всех видов бобов и зерна по высоте растения.

Таблица 6.13 – Размерно-весовые характеристики и координаты центра тяжести растения сои сорта «Гармония»

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
64,5	21,5	11,3	1,1 : 1	34,3	33,4	289,3

Из рисунка 6.3 видно, что в интервале от 0 до 100 мм находится в среднем один однозерновый 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.



1 – бобы однозерновые; 2 – бобы двухзерновые; 3 – бобы трехзерновые;
4 – бобы четырехзерновые; 5 – масса зерна в бобах

Рисунок 6.3 – Количество бобов и масса зерна сои сорта «Гармония» для различных интервалов высоты растений

Результаты измерения толщины b , ширины a , длины l и других особенностей бобов сои сортов «Соната» и «Гармония» представлены в таблицах 6.13 и 6.14.

Таблица 6.14 – Значения толщины b , ширины a , длины l , стандарта σ и коэффициента вариации V бобов сои сортов «Соната» и «Гармония»

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

Из рисунка 6.3 видно, что наибольшая масса зерен сои находится на высоте от 100 до 400 мм. Отсюда возникает агротехническое требование вести срез растений сои жаткой комбайна на высоте 3–5 см от поверхности почвы. При обмолоте сои на зерно и на створки воздействует разрушающая нагрузка, которая связана с показателем прочности соединения створок, количества зерен, находящихся в створках, а также их подвижного или сжатого положений между створками. Как правило, по этим показателям существенно отличаются бобы с одним зерном от тех, где находится три или четыре зерна сои. По данным и некоторым другим показателям можно характеризовать сорта сои как легкообмолочиваемые и труднообмолочиваемые. В таблице 6.15 представлены результаты исследований для сортов сои «Соната» и «Гармония» при влажности семян 12–13 %.

Из таблиц 6.15 и 6.16 видно, что трехзерновые бобы отличаются большими размерами, а семена в них более чем в три раза превышают массу семян в однозерновых бобах. Однако длина линии стыка у трехзерновых бобов лишь в 1,5–1,6 раза больше, чем у однозерновых. Отсюда масса зерна, приходящегося на единицу длины линии стыка створок бобов, составляет у однозерновых 2,4–2,6 мг/мм, двухзерновых – 3,9–4,0 мг/мм, трехзерновых – 5,1–7,3 мг/мм.

Таблица 6.15 – Длина линии стыка створок, отношение массы зерна к массе боба сои и сила отрыва от стебля ($W_B = 12-13\%$)

Тип бобов	Сорт сои	Средняя длина линии стыка створок, мм	Средняя масса, г		$K_B = \frac{m_3}{m_B}$	Сила отрыва боба от стебля, Н
			боба	зерна		
Однозерновые	«Соната»	55,3	0,226	0,143	0,633	9,66±2,68
Двухзерновые		78,2	0,451	0,303	0,672	12,34±3,08
Трехзерновые		88,5	0,650	0,452	0,695	12,99±3,97
Однозерновые	«Гармония»	63,4	0,259	0,155	0,598	10,10±2,31
Двухзерновые		84,3	0,482	0,338	0,701	13,17±3,11
Трехзерновые		94,1	0,691	0,494	0,715	13,56±3,84

Таблица 6.16 – 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>	
«Гармония»	6,47	5,95	6,99	0,89
«Лидия»	6,60	5,96	6,98	0,90
«Соната»	6,38	4,85	6,72	0,83

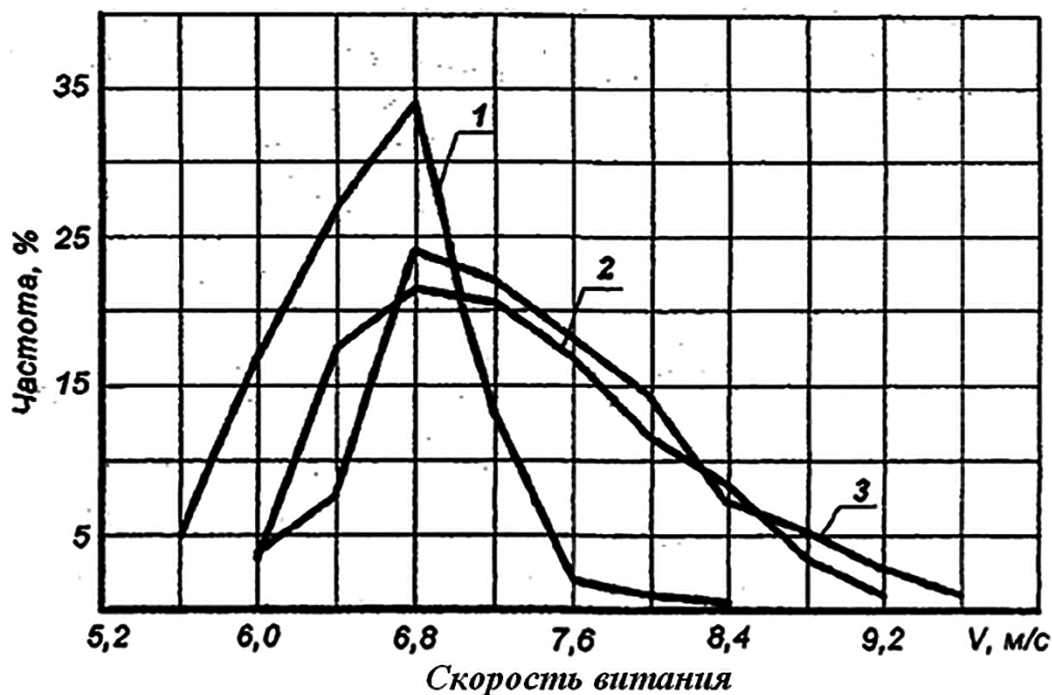
Очень тесная связь существует между массой зерна и массой боба. Исходя из классификации семян сельскохозяйственных культур, представленных в различных работах, сферичность или шаровидность зерен сои находили из выражения (6.2):

$$K_{сф} = \frac{\sqrt{a \cdot b}}{l} \quad (6.2)$$

где *a*, *b*, *l* – соответственно ширина, толщина и длина зерна, мм (табл. 6.16).

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

Результаты определения скорости витания бобов сои сорта «Соната» представлены на рисунке 6.4.



1 – однозерновые; 2 – двухзерновые; 3 – трехзерновые бобы
влажность – 10,2 %

**Рисунок 6.4 – Полигоны распределения бобов
сои сорта «Соната» по скорости витания**

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

По данным литературных источников скорость витания зерна сои находится в пределах 10–17 м/с при влажности семян 10–12 % [16, 138].

Исследовались сорта растений сои «Соната», «Гармония» и «Октябрь-70». Методом свободного выбора на опытных участках в общем массиве набиралось по сто растений каждого сорта, исследовались высота растений и их вес, положение центра тяжести растений, высота прикрепления бобов, их количество и размеры, количество и вес зерна в бобах.

Высота растений над почвой у исследованных сортов составила в среднем 60–65 см, наибольшая – 70–80 см, наименьшая – 45–50 см. На загущенных по-

севах, где много сорняков, растения сои более высокие и тонкие, имеют меньшее количество бобов. Средний диаметр стеблей у корневой шейки – 5–6,5 мм, наибольший – 10; наименьший – 2,5 мм.

Центр тяжести располагается на половине высоты растения. Отношение высоты растения к расстоянию от поверхности поля до центра тяжести растения колеблется от 1:1,8 до 1:2 (рис. 6.5, 6.6).

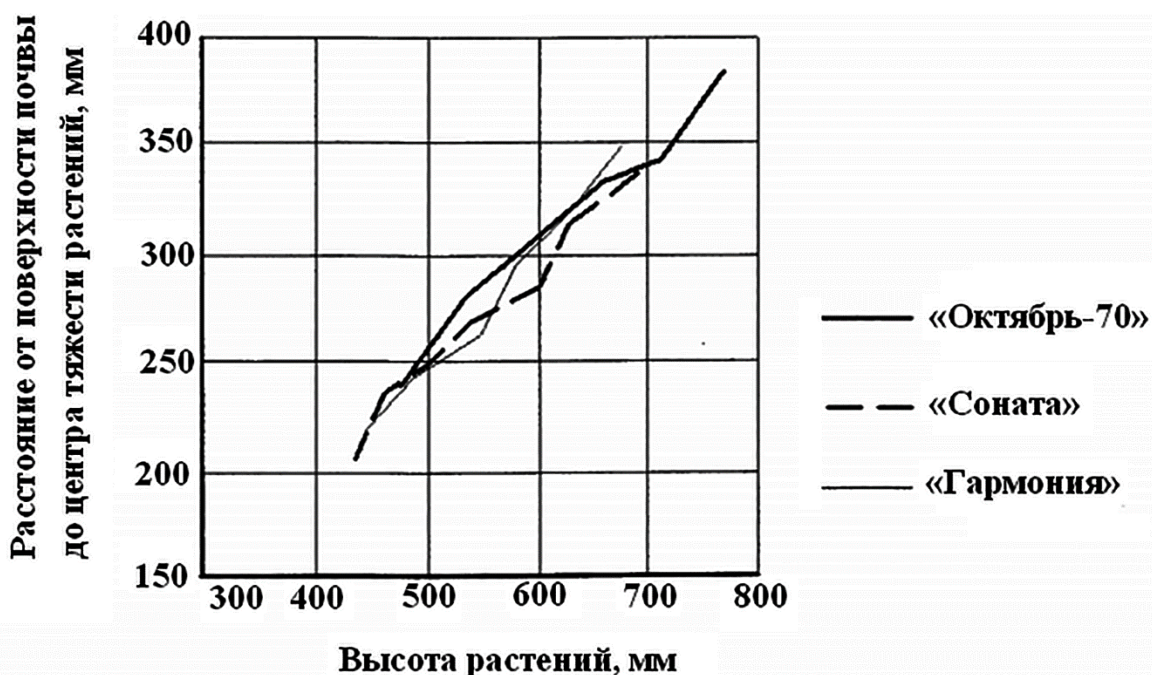


Рисунок 6.5 – Расположение центра тяжести растений сои

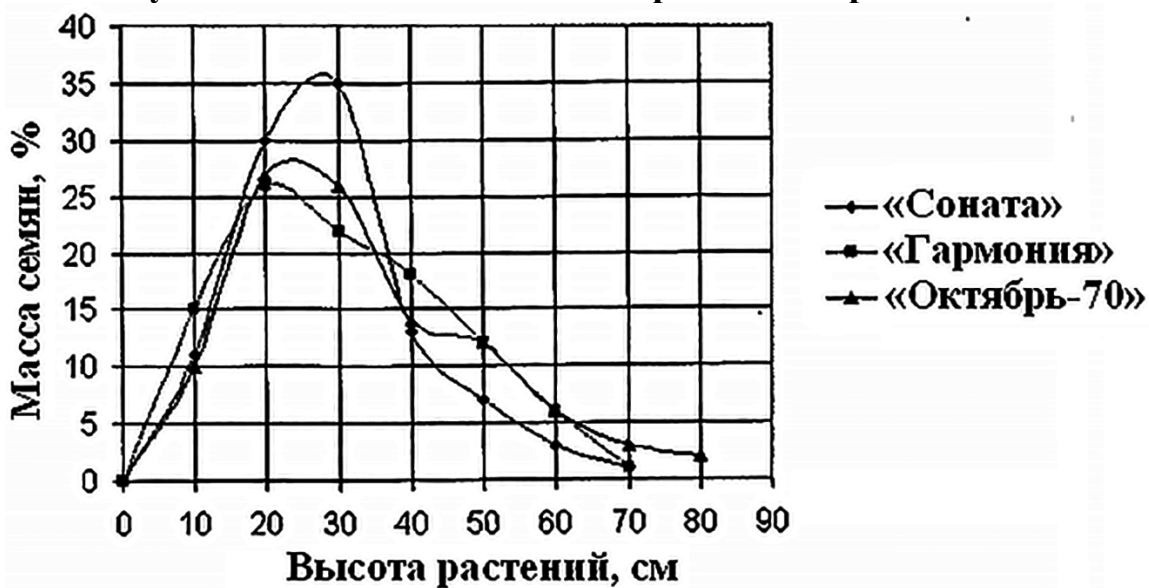


Рисунок 6.6 – Распределение массы семян по высоте растений

Наибольшее количество бобов независимо от сорта у растения сои составляют бобы с тремя зернами, меньше – с двумя и еще меньше с одним зерном. У сорта «Гармония» количество трехзерновых бобов составляет – 52 %, двухзерновых – 20 %, четырехзерновых – 18 %, однозерновых – 10 %. У сорта «Октябрь-70», 8 % бобов – четырехзерновые, 69 % – трехзерновые, 16 % – двухзерновые, 7 % – однозерновые.

Наибольшую массу зерен имеют трехзерновые бобы, что объясняется более ранним их образованием на растении по сравнению с одно- и двухзерновыми бобами.

У большинства сортов нижние бобы расположены близко к почве. При уборке комбайном потери хедером зависят не только от высоты крепления боба сои к стеблю, но и от высоты нижнего конца боба, потому что нож режущего аппарата, проходя ниже точки крепления нижнего боба, перерезает его и вызывает потери свободным зерном (табл. 6.17).

Таблица 6.17 – Положение нижнего боба над уровнем почвы

Сорт сои	Показатели	Максимальное	Минимальное	Среднее	σ , м	V , %
Соната	Высота крепления боба, м	0,17	0,03	0,10	0,035	32
	Высота положения нижнего конца боба, м	0,09	0,02	0,06	0,033	41
Примечания: σ – среднее квадратическое отклонение; V – коэффициент вариации						

Увеличение числа бобов в средней части растения говорит о наибольшей их ценности, что подтверждается размерными и весовыми показателями зерен этих бобов. Сочетание неравномерности размещения растений по поверхности поля и колебание веса растений дают большую неравномерность загрузки рабочих органов комбайнов, что отрицательно сказывается на качестве их работы.

Размеры бобов изменяются в больших пределах в зависимости от места их расположения на растении, количества зерен в плодовой оболочке, от метеорологических условий года, от сорта, от питания растений. В результате исследования размерных характеристик определены длина, ширина и толщина бобов. Результаты исследования геометрических размеров бобов представлены на рисунках 6.7 и 6.8 после статистической обработки.

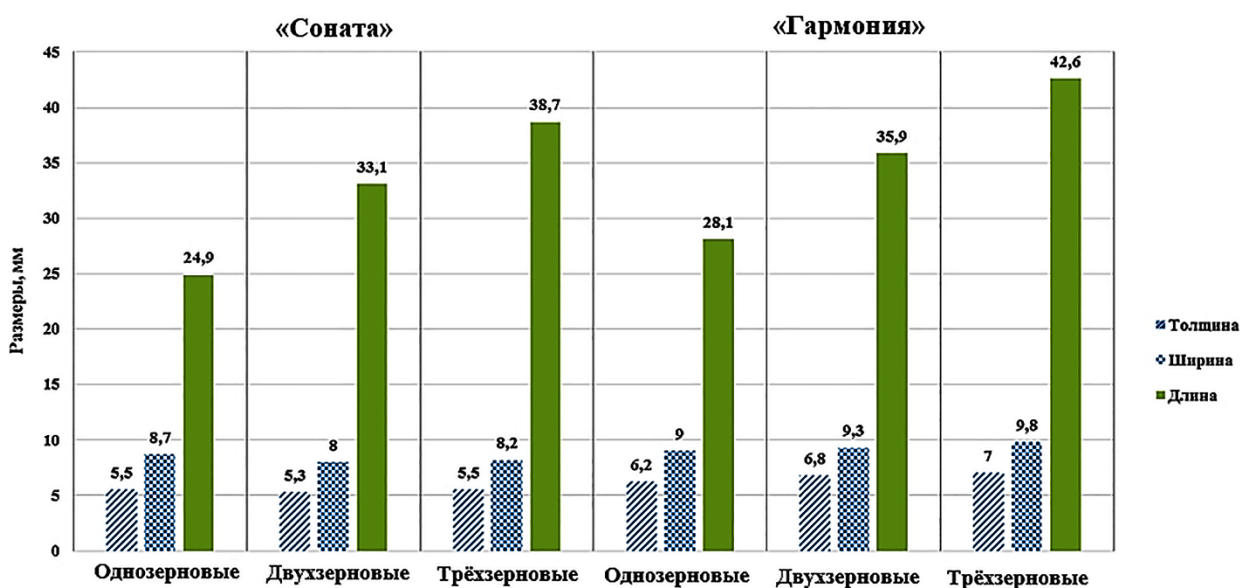


Рисунок 6.7 – Размерные характеристики бобов сои

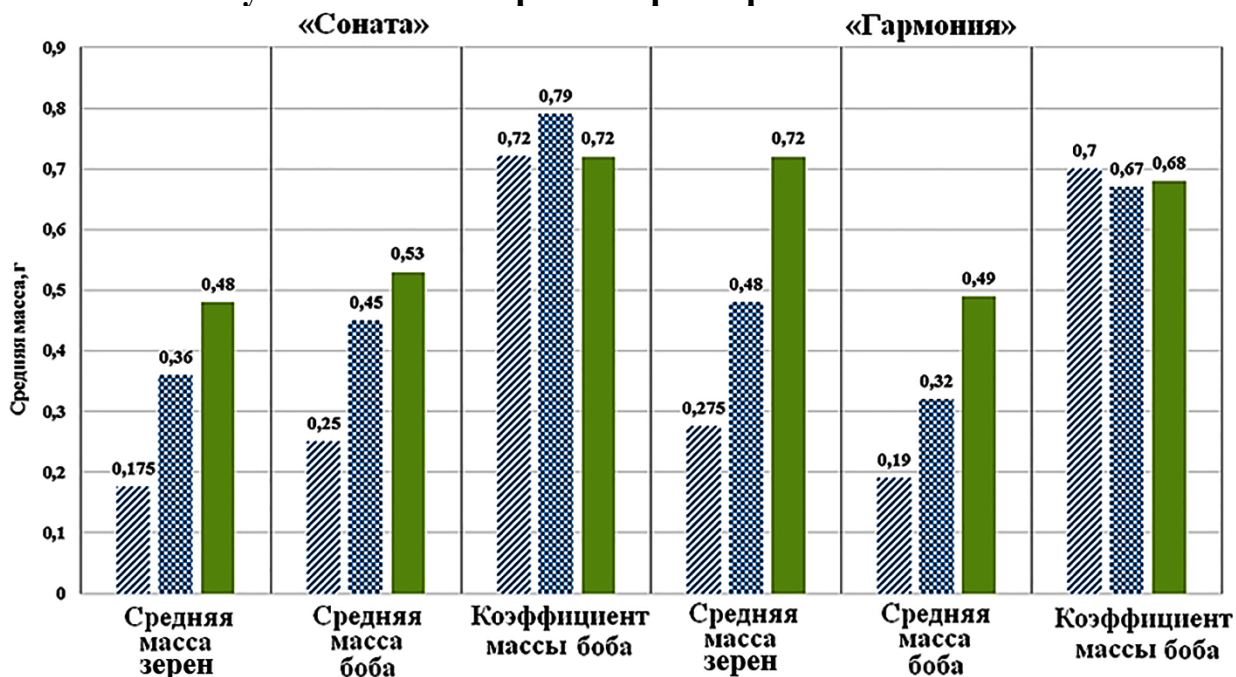


Рисунок 6.8 – Масса бобов, семян в зависимости от сорта и типа бобов

Из рисунков 6.7 и 6.8 видно, что трехзерновые бобы отличаются и большими размерами, и большей массой зерен, которая в три раза превышает массу зерен в однозерновых бобах. Однако у трехзерновых бобов длина линии стыка створок всего в 1,5–1,6 раза превышает длину линии стыка однозерновых. Следовательно, отношение массы зерен, приходящееся на единицу длины линии стыка створок бобов, у разных типов бобов неодинаковое (табл. 6.18) [25].

Таблица 6.18 – Характеристика типов бобов

Сорт сои	Показатели	Односемянные	Двухсемянные	Трехсемянные
Соната	средняя длина линий стыка створок LC, м	0,066	0,081	0,094
Гармония	средняя длина линий стыка створок LC, м	0,064	0,083	0,098
Соната	сила отрыва боба от стебля, Н	2,60–9,49	3,11–12,54	3,98–12,97
Гармония	сила отрыва боба от стебля, Н	2,49–9,72	3,15–13,0	3,96–13,41

Сила отрыва боба от растения говорит о том, что бобы прочно связаны с растением сои, что в определенной мере предопределяет потери зерен при уборке. Исследование размерных характеристик зерен показало, что эти показатели существенно отличаются между собой (рис. 6.9). Изучение размерных характеристик и их изменчивости является важным параметром, который учитывается в агротехнических требованиях. Наиболее сильную корреляционную зависимость имеют зерна по толщине (рис. 6.9).

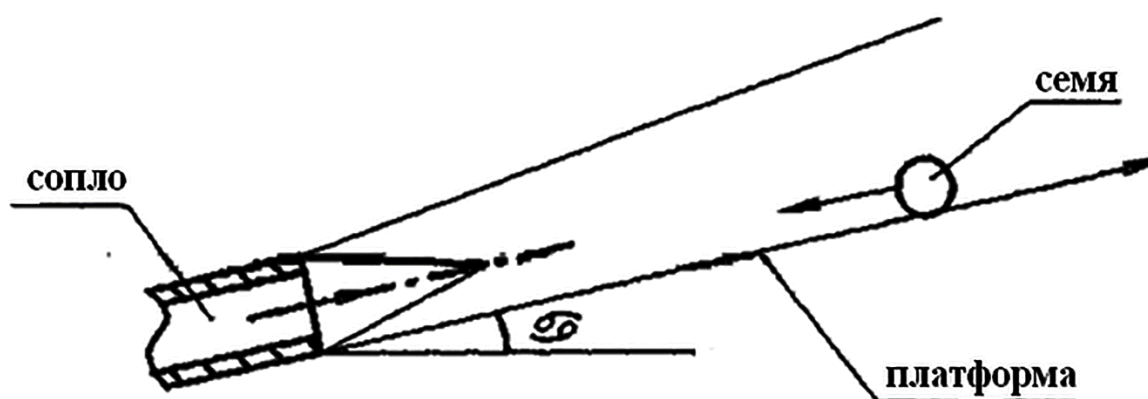


Рисунок 6.9 – Схема воздействия
полуограниченной воздушной струи на семя сои

Важной проблемой при возделывании сои является уборка, во время которой происходят значительные потери урожая – 10–15 %, из них более 50 % составляют потери за жаткой. Объясняется это тем, что в период уборки сои (октябрь) выпадает мало осадков, а низкая относительная влажность воздуха способствует высушиванию растений. В данных условиях бобы сои теряют прочность и, попадая под воздействие несовершенных рабочих органов жатки, легко разрушаются. Часть зерен, обмолоченных шнеком и режущим аппаратом, падает на землю [15, 16, 25].

Объясняется это довольно хорошей подвижностью шаровидных зерен сои. При копировании жаткой неровностей поля, а также из-за воздействия рабочих органов, зерна приобретают движение с определенной скоростью и стремятся выкатиться за пределы платформы.

Уменьшить величину потерь при уборке можно за счет создания принципиально новых или модернизации существующих рабочих органов жатки. Одним из способов решения проблемы снижения потерь может быть создание в зоне рабочих органов жатки воздушного потока, направленного к шнеку. Объектом исследования является процесс перемещения воздушным потоком зерен сои, имеющих различный коэффициент сферичности.

Возьмем случай, когда частица шаровидной формы движется по наклонной плоскости (платформе жатки) навстречу полуограниченной воздушной струе (рис. 6.10). Нельзя не предположить, что частицы с различной шаровидностью будут испытывать различное сопротивление при движении по плоскости. С этой целью были проведены исследования физико-механических свойств семян сои на примере сортов «Арина», «Гармония» и «Смена».

Для определения геометрических размеров сои выделялся средний образец (300 шт.) из навески методом последовательного крестообразного деления. Размеры определялись при помощи индикатора часового типа с точностью до 0,01 мм.

Проведение исследований размерных характеристик сводилось к определению длины, ширины, толщины и коэффициента сферичности, по результатам которых строились эмпирические и теоретические кривые. Для нахождения коэффициента сферичности существует несколько формул. Чаще всего пользуются формулой (6.2).

Статистические характеристики вычислялись способом условной средней, то есть от произвольного начала A . При этом способе все данные ранжируют, выделяют группы с определенным интервалом i ; определяют частоту f , то есть число членов в каждой группе вариационного ряда [5, 91].

Вариационный ряд – это ряд чисел, для которых указаны значения варьирующего признака и соответствующие им частоты (то есть сколько раз повторяется тот или иной признак).

Для нахождения теоретических частот вариационного ряда по нормальному закону Гаусса-Лапласа пользовались следующей рабочей формулой (6.3):

$$f_t = \frac{n \cdot i}{s} \cdot f(t) \quad (6.3)$$

где f_t – вычисленная или теоретическая частота;

n – сумма всех частот, то есть объем эмпирического вариационного ряда;

i – величина классового интервала эмпирического ряда;

$f(t)$ – функция нормированного отклонения;

s – стандартное отклонение.

Оценку расхождений между эмпирическими и теоретическими частотами вариационного ряда производили с помощью непараметрического критерия, предложенного А. И. Колмогоровым и Н. В. Смирновым [5]:

$$\lambda = \left(\sum f - \sum f_t \right) \max / \sqrt{n} \quad (6.4)$$

Критерий λ представляет собой максимальную разность между значениями накопленных частот эмпирического ($\sum f$) и теоретически ($\sum f_t$) вычисленного рядов, отнесенную к корню квадратному всех вариант совокупности. Критическое значение критерия λ , соответствующее порогу доверительной вероятности – $P_{0,95}$, соответственно, равно – 1,36.

Распределение размерных характеристик семян сои описывается нормальным законом, что подтверждается удовлетворительным совпадением эмпирических и теоретических частот (рис. 6.11–6.14). Результаты расчетов сведены в таблицу 6.19.



ряд 1 – эмпирическая кривая; ряд 2 – теоретическая кривая

Рисунок 6.11 – Вариационная кривая распределения семян сои сорта «Арюна» по ширине a



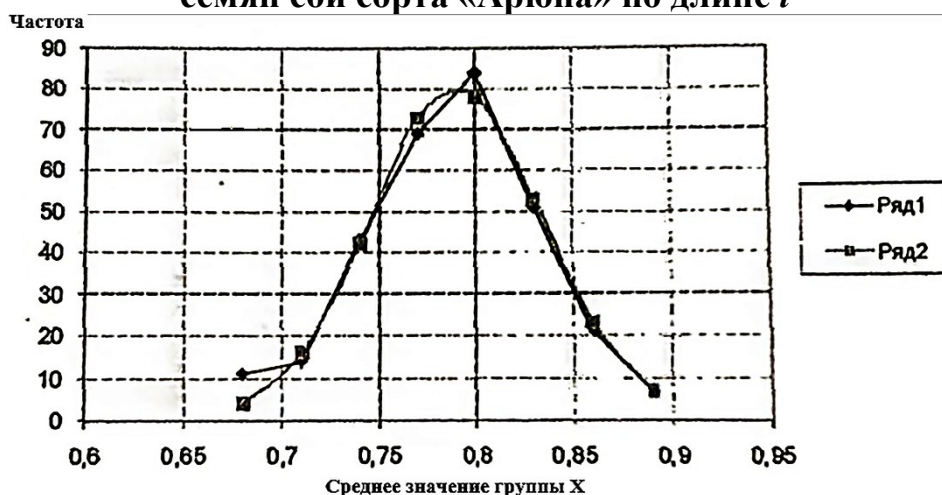
ряд 1 – эмпирическая кривая; ряд 2 – теоретическая кривая

Рисунок 6.12 – Вариационная кривая распределения семян сои сорта «Арюна» по толщине b



ряд 1 – эмпирическая кривая; ряд 2 – теоретическая кривая

Рисунок 6.13 – Вариационная кривая распределения семян сои сорта «Арюна» по длине l



ряд 1 – эмпирическая кривая; ряд 2 – теоретическая кривая

Рисунок 6.14 – Вариационная кривая распределения семян сои сорта «Арюна» по коэффициенту сферичности

Таблица 6.19 – Размерные характеристики семян сои

Сорт	Ширина			Толщина			Длина			Коэффициент сферичности		
	\bar{x} , мм	S , мм	V , %	\bar{x} , мм	S , мм	V , %	\bar{x} , мм	S , мм	V , %	\bar{x} , мм	S , мм	V , %
«Арюна»	5,85	0,39	6,62	4,77	0,41	8,6	6,75	0,46	6,81	0,79	0,044	5,57
«Гармония»	6,18	0,35	5,66	5,10	0,33	6,47	6,78	0,42	6,19	0,83	0,036	4,34
«Смена»	6,79	0,36	5,30	5,94	0,33	5,56	7,30	0,46	6,30	0,86	0,076	8,84

Примечания: \bar{x} – среднее значение параметра; S – среднеквадратическое отклонение; V – коэффициент вариации.

На основе проведенных исследований можно сделать **следующие выводы:**

1. Коэффициенты вариации свидетельствуют о незначительной вариации размерных характеристик зерна.

2. Полученные величины λ не достигают порога доверительной вероятности $P_{0,95}$, которому соответствует $\lambda = 1,36$. На этом основании различия между эмпирическими и вычисленными по нормальному закону частотами следует считать случайными.

3. Зерна сои сорта «Гармония» имеют сферичность 0,89, зерна сорта «Лидия» – 0,9 и сорта «Соната» – 0,83, то есть происходит варьирование от 0,83 до 0,90.

6.2 Результаты исследования влияния механического травмирования на рост и продуктивность растений сои

Посев семян был произведен первого июня. Наблюдения за появлением всходов и их развитием вели, начиная с 16 июня (табл. 6.20). Устанавливали появление всходов, рост и продуктивность растений сои сортов «Соната» и «Октябрь-70» в зависимости от исходного состояния зерен.

Таблица 6.20 – Появление всходов, рост и продуктивность растений сои сортов «Соната» и «Октябрь-70» в зависимости от исходного состояния зерен

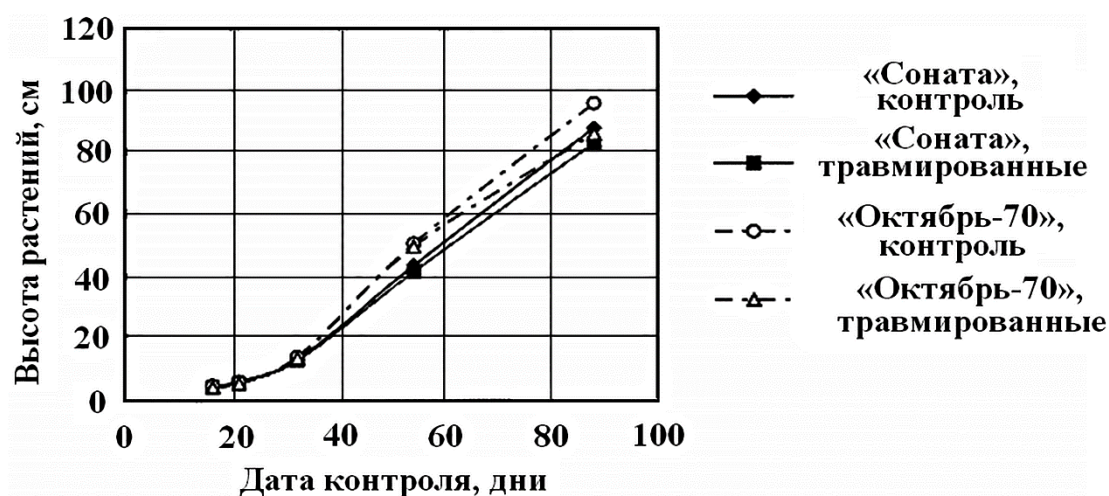
Номер рядка	Сорт, исходное состояние семян	Дата контроля после посева, количество всходов, высота растений и вес семян										
		16 дней		21 день		32 дня		54 дня		88 дней		131
		число всходов, шт.	высота растения, мм	число всходов, шт.	высота растения, мм	число всходов, шт.	высота растения, мм	число всходов, шт.	высота растения, мм	число всходов, шт.	высота растения, мм	вес зерен на одном растении, г
1	«Соната», одно микроповреждение	72	45	72	59	72	129	72	415	72	825	8,26

Продолжение таблицы 6.20

Номер рядка	Сорт, ис- ходное состоя- ние се- мян	Дата контроля после посева, количество всходов, высота растений и вес семян										
		16 дней		21 день		32 дня		54 дня		88 дней		131
		число всхо- дов, шт.	высота расте- ния, мм	число всхо- дов, шт.	высота расте- ния, мм	число всхо- дов, шт.	высота расте- ния, мм	число всхо- дов, шт.	высота расте- ния, мм	число всхо- дов, шт.	высота расте- ния, мм	вес зе- рен на одном расте- нии, г
2	«Соната», контроль	88	48	88	63	88	132	88	435	88	875	9,23
3	«Октябрь- 70», одно микро- поврежде- ние	91	44	91	55,5	91	137	91	495	91	855	8,83
4	«Октябрь- 70», контроль	92	49	92	61	92	142	92	505	92	955	10,46

У сорта «Соната» в полевых условиях всхожесть растений, зерна которых были подвергнуты микроповреждениям по отношению к контролю составила 91 %, а у сорта «Октябрь-70» – 99 %. Такой высокий процент всходов у растений, выросших из микротравмированных зерен, объясняется большим количеством осадков, выпавших в июне [25].

Далее представлено развитие растений сои по дням (рис. 6.15).



ряд 1 – растения сорта «Соната» контроль; ряд 2 – растения сорта «Соната», зерна которых повреждались в области зародыша; ряд 3 – растения сои сорта «Октябрь-70» контроль; ряд 4 – растения сорта «Октябрь-70», зерна которых повреждались в области зародыша

Рисунок 6.15 – Развитие растений сои по дням

Влияние механического травмирования зерен сельскохозяйственных культур на их посевные качества показано во многих работах [2, 13, 15, 20, 36, 37, 111, 118, 134, 157]. Однако исследований, связанных с влиянием характера повреждения зерен сои на их всхожесть и продуктивность в полевых условиях Амурской области, недостаточно. В проведенных нами опытах использованы зерна сои сорта «Гармония», вымолоченные вручную из бобов. Вес 1 000 зерен составил 152 г. На опытной делянке поля зерна высевались в девять рядков по 100 штук в каждом с расстоянием между рядками 45 см, а между зернами в рядке – 6–8 см. Глубина заделки зерен в почве – 3–4 см. В рядки с первого по четвертый высевались зерна, имеющие соответственно от одного до четырех микроповреждений (укол швейной иглой на глубину до 1 мм).

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

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

В девятый рядок высевались целые зерна (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. 6.21).

Из представленной таблицы 6.21 следует, что зерна, подверженные различным видам механического воздействия имеют всхожесть в полевых условиях от 53 % (макроповрежденные) до 82 % (микроповрежденные и минимально сжатые).

Отстают также эти растения в своем росте и развитии, особенно в начальной стадии. Кроме того, растения, выросшие из микро- и макротравмированных зерен к моменту созревания, имели продуктивность в 1,3–2,4 раза меньше. Зерна, подверженные перед посевом статическому сжатию металлическими поверхностями усилием в 50 Н, имеют всхожесть меньшую по сравнению с

контролем на 7 %, однако средняя продуктивность отдельных растений отличается лишь на 4%.

Таблица 6.21 – Появление всходов, рост и продуктивность растений сои сорта «Гармония» в зависимости от исходного состояния зерен по механическому воздействию (влажность зерен W = 14,8 %)

Номер рядка	Исходное состояние зерен	Дата контроля после посева, количество всходов, высота растений и вес зерен на одном растении при созревании						
		18 дней		26 дней		33 дня		125 дней
		число всходов, шт.	высота растения, мм	число всходов, шт.	высота растения, мм	число всходов, шт.	высота растения, мм	вес зерен на одном растении, г
1	одно микро-повреждение	2	8	82	45	80	170	18,0
2	два микро-повреждения	2	6	75	45	85	170	17,6
3	три микро-повреждения	–	–	64	40	70	160	15,1
4	четыре микро-повреждения	–	–	61	61	65	155	12,2
5	макроповреждения	–	–	53	30	60	130	9,4
6	Статическая нагрузка:							
	P = 50 Н	4	6	82	45	90	175	21,5
7	P = 75 Н	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

6.3 К оценке прочности бобов сои как объекта обмолота

Боб сои представляет собой сложное тело, состоящее из двух створок с некоторым усилием, соединенных между собой менее прочной органической тканью. Причем, створки имеют ячейки в зависимости от количества зерен. При обмолоте сои происходит разрушение створок или связей между ними. В зерноуборочном комбайне это может произойти в двух случаях. Первый ха-

рактируется 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 зерен, действуя изнутри, раскрывали створки бобов. Второй случай обмолота характеризуется деформацией сжатия, удара, защемления и как результат – разрушения растительной массы, в той 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 [16], определяли работу, необходимую на выделение зерен из бобов на основе динамического воздействия. При этом раскрытие створок за счет сил инерции зерен происходит в результате удара при падении с некоторой высоты стаканчика с закрепленным в нем за один конец бобом. Установлено, что в зависимости от количества зерен в бобе эта работа составила:

- 1) для однозерновых бобов – 2,58–11,4 мДж;
- 2) для двухзерновых бобов – 1,62–9,16 мДж;
- 3) для трехзерновых 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 0,96 м/с, наблюдается разрушение створок и выделение трехзерновых бобов (рис. 6.16).

В результате обработки опытных данных получены следующие значения обмолачиваемости бобов сои при ударе стальным бойком в различных направлениях (табл. 6.22 и рис. 6.16).

Таблица 6.22 – Показатели обмолота бобов сои сорта «Соната» в зависимости от скорости и направления удара стального бойка

Направление удара по бобу	Тип бобов	Процент обмолота бобов сои от скорости удара бойка (м/с)						
		0,96	1,8	3,1	4,5	5,6	6,2	7,5
I	однозерновые	0	5	20	62	92	100	100
	двухзерновые	0	9	28	76	100	100	100
	трехзерновые	4	11	38	91	100	100	100
II	однозерновые	0	0	4	17	29	41	70
	двухзерновые	0	0	5	26	43	62	96
	трехзерновые	0	3	12	32	58	73	100

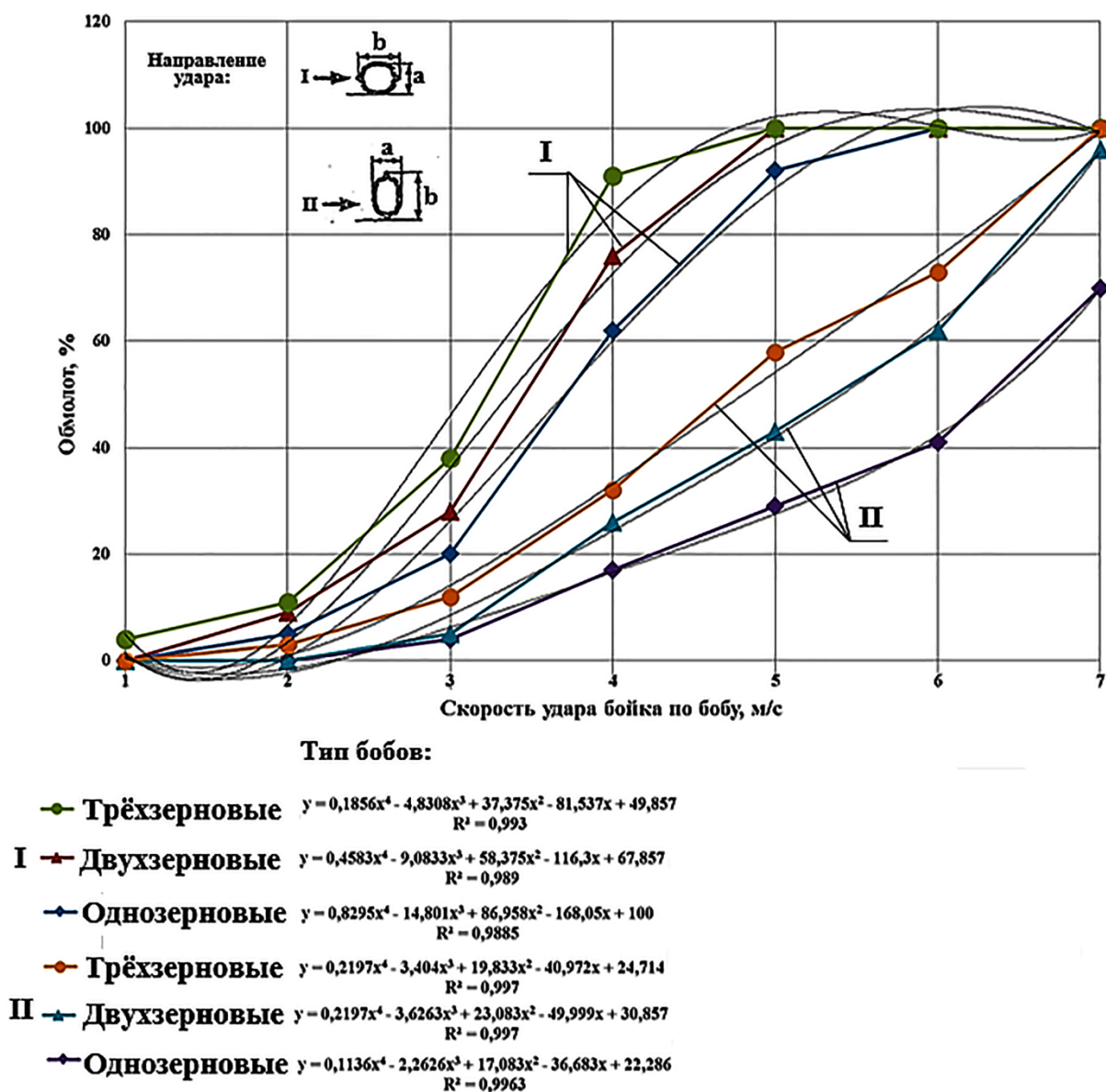
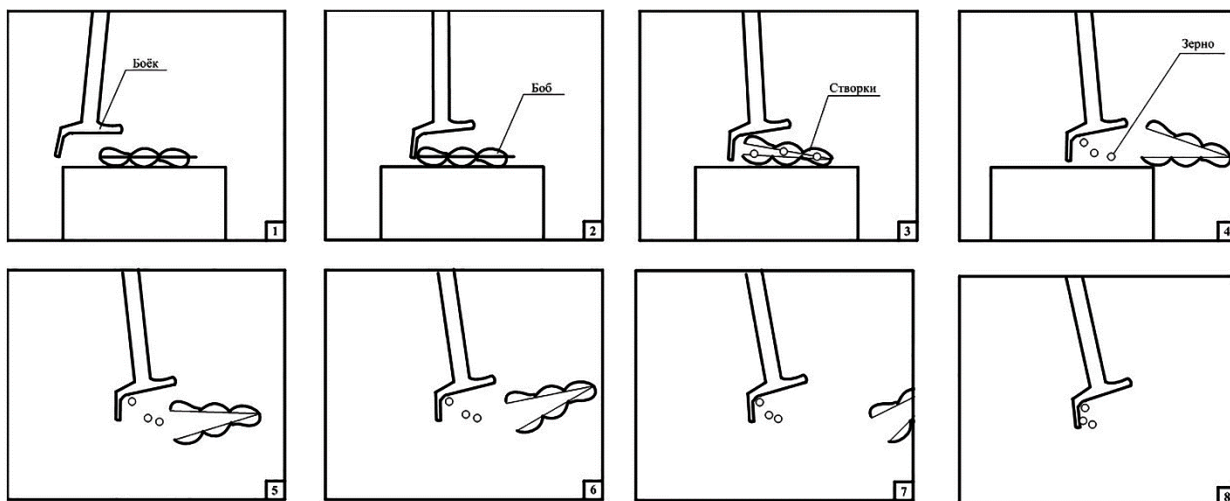


Рисунок 6.16 – Зависимость обмолота бобов сои от скорости и направления удара стального бойка

Опыты показали, что односемянные бобы менее податливы обмолоту, чем двух- и трехсемянные. Это можно объяснить тем, что отношение массы зерен 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 a боба (рис. 6.16, схема II) значительно уменьшает обмолот по сравнению с ударом по толщине b (рис. 6.16, схема I).

Одна из причин такого явления состоит в том, что стенка створки, по которой происходил удар, плотно прилегает к зерну, а для ее 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 явления. Анализируя полученные снимки, можно выделить три фазы взаимодействия бойка с бобом и зернами (рис. 6.17).



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

**Рисунок 6.17 – Кадры киносъемки процесса разрушения
боба сои бойком и фазы их взаимодействия**

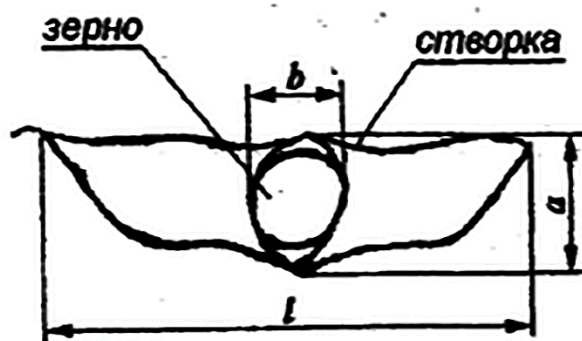
Первая фаза – встреча бойка с бобом и их совместное движение (кадр 2).
При этом напряжение в зоне контакта достигает величины, при которой

створки деформируются и разрушаются (кадр 3), а зерно 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 зерен с поверхностью бойка, то есть происходит соударение между ними (кадр 5). В период третьей фазы зерна сои, получив ударный импульс, продолжают движение (кадры 6, 7, 8).

Таким образом, при ударе какого-либо рабочего органа комбайна, например, планки транспортера мотовила по соевому бобу и его разрушению происходит также удар и по зернам, которые могут в дальнейшем перемещаться в направлении, определяемом кинематическими и конструктивными параметрами рабочего органа, а также формой и упругими свойствами зерен.

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. 6.18), а также направления приложения нагрузки [29].



a – ширина; b – толщина; l – длина

Рисунок 6.18 – Схема боба и его размеры

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. 6.19, 6.20) по горизонтальному диаметру CD . В сечениях C и D поперечные силы равны нулю. Кольцо симметрично относительно линии действия силы P . Поэтому, $N_C = N_D = \frac{P}{2}$; $M_C = M_D$.

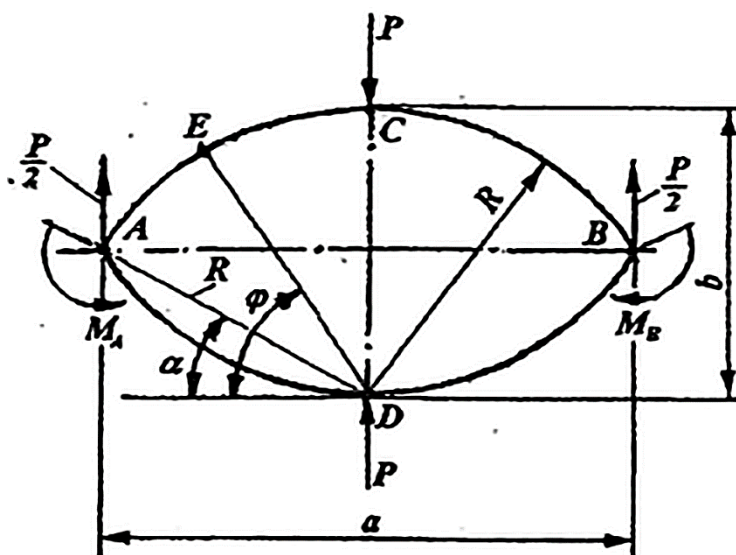


Рисунок 6.19 – Схема к определению опасной точки боба двухдугового сечения при $\frac{b}{a} = k < 1$ и приложении нагрузки вдоль толщины b

Момент в сечении A определяется формулой (6.5), а в точках C и D – формулой (6.6):

$$M_A = \frac{P - R}{\pi}, \quad (6.5)$$

$$M_C = M_D = P \cdot R \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \right) \quad (6.6)$$

Изгибающий момент в произвольном сечении E определяется из выражения (6.7):

$$M_E = P \cdot R \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{2} \cos \varphi \right) \quad (6.7)$$

Отсюда нетрудно построить эпюру изгибающих моментов, возникающих в кольцевой оболочке боба (рис. 6.19, 6.20).

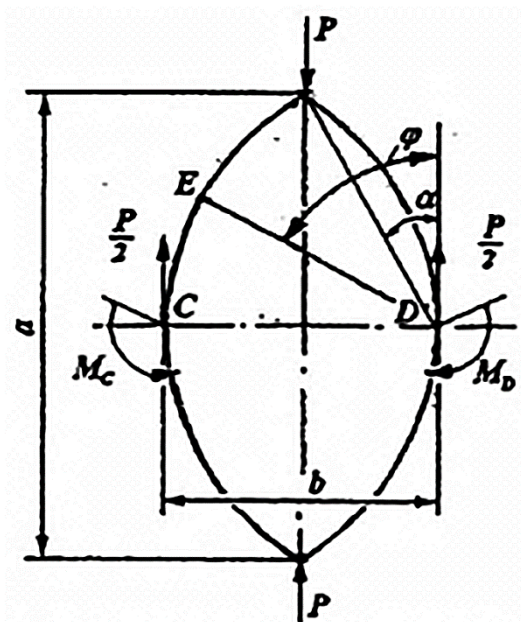


Рисунок 6.20 – Схема к определению опасной точки боба двухдугового сечения при $\frac{b}{a} = k < 1$ и приложении нагрузки вдоль ширины a

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 6.21 видно, что: $R = R \cdot \sin \alpha + \frac{b}{2}$; $R \cdot \cos \alpha = \frac{a}{2}$;

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

Следовательно, параметры a , b , R связаны соотношением (6.8):

$$\left(1 - \frac{b}{2R} \right)^2 + \left(\frac{a}{2R} \right)^2 = 1 \quad (6.8)$$

Отсюда после несложных преобразований получим:

$$R = \frac{\alpha(l + k^2)}{4k}, \quad (6.9)$$

$$\sin \alpha = \frac{l - k^2}{1 + k^2}, \quad (6.10)$$

$$\cos \alpha = \frac{2k}{1 + k^2}, \quad (6.11)$$

$$M_p = \frac{P}{2} R (\cos \alpha - \cos \varphi); \quad \alpha < \varphi < \frac{\pi}{2} \quad (6.12)$$

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

α – угол, характеризующий положение линий стыка створок боба.

Применив интеграл Мора, определим угол поворота сечения A от действия силы P в направлении единичного момента $M_l = -l$:

$$\delta_{1p} = \int_{\alpha}^{\pi/2} \frac{P \cdot R^2}{2E \cdot J} (\cos \alpha - \cos \varphi) = \frac{P \cdot R^2}{2E \cdot J} \left[1 - \sin \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \cdot \cos \alpha \right] \quad (6.13)$$

где E – модуль упругости створки боба;

J – момент инерции сечения при изгибе створки.

Угол поворота сечения A от действия единичного момента $M_l = -l$ найдем из выражения (6.14):

$$\delta_{11} = \int_{\alpha}^{\pi/2} \frac{R \cdot d\varphi}{E} = \frac{R}{2E} \cdot (\pi - 2\alpha) \quad (6.14)$$

Модуль момента в точках A и B составит:

$$X_1 = -\frac{\delta_{1p}}{\delta_{11}} = P \cdot R \left(\frac{\cos \alpha}{2} - \frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} \right) \quad (6.15)$$

Следовательно:

$$M_A = M_B = -X_1 = P \cdot R \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} - \frac{\cos \alpha}{2} \right) \quad (6.16)$$

В итоге изгибающий момент в произвольном сечении равен алгебраической сумме момента M_p от заданной силы P и момента M_l , увеличенного в X_l раз:

$$M_{\text{изг}} = M_p + M_A = P \cdot R \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} - 0,5 \cos \alpha \right) \quad (6.17)$$

Момент в сечении C приложения силы P определим из выражения (6.18):

$$M_C = \frac{P}{2} R \cdot \cos \alpha - X_1 = P \cdot R \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} \right) \quad (6.18)$$

Подставляя в (6.16) и (6.18) выражения (6.10), (6.11), (6.12) запишем:

$$M_A = M_B = \frac{P \cdot a}{4} \cdot \left[\frac{2k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1 - k^2}{1 + k^2} \right)} - 1 \right], \quad (6.19)$$

$$\begin{aligned} M_C &= P \cdot R \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\pi - 2\alpha} \right) = P \cdot a \cdot \left(\frac{1 + k^2}{4k} \right) \cdot \\ &\quad \cdot \left[\frac{1 - \frac{1 - k^2}{1 + k^2}}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1 - k^2}{1 + k^2} \right)} \right] = \\ &= \frac{P \cdot a \left(\frac{1 + k^2}{4k} \right) - P \cdot a \cdot \left(\frac{1 + k^2}{4k} \right) \cdot \frac{1 - k^2}{1 + k^2}}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1 - k^2}{1 + k^2} \right)} \end{aligned} \quad (6.20)$$

После преобразования получим выражение (6.21):

$$M_C = \frac{P \cdot a}{2} \left[\frac{k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1 - k^2}{1 + k^2} \right)} \right] \quad (6.21)$$

Изменив направление приложения нагрузки, как показано на рисунке 6.22, и рассуждая аналогично предыдущим примерам, запишем выражения для определения изгибающих моментов $M_A = M_B$ и $M_C = M_D$:

$$M'_A = M'_B = P \cdot R \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{\pi - 2\alpha} - 0,5 \sin \alpha \right) = \quad (6.22)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P \cdot a}{4} \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{l - k^2}{l + k^2} \right)} - \frac{1 - k^2}{2k} \right] \\
 M'_C = M'_D &= P \cdot R \cdot \left[\frac{2k}{(1 + k^2)(\pi - 2\alpha)} - \frac{1}{2} \right] = \\
 &= -\frac{P \cdot a}{4} \cdot \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{l - k^2}{l + k^2} \right)} - \frac{1 + k^2}{2k} \right] \quad (6.23)
 \end{aligned}$$

Из таблиц 6.23 и 6.24 и графиков (рис. 6.21) 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 разрушения боба снижается, то есть он становится более прочным. Вместе с тем, при увеличении толщины b боба при постоянной a и направлении приложения нагрузки вдоль ширины a , моменты $M_A = M_B$ возрастают, то есть способность боба сопротивляться действию разрушающих нагрузок снижается.

Таблица 6.23 – 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 зависимости от k и приложения нагрузки вдоль толщины боба			
	$k = 0,5$	$k = 0,7$	$k = 0,9$	$k = 1,0$
$M_A = M_B = \frac{P \cdot a}{4} \cdot \left[\frac{2k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1 - k^2}{1 + k^2} \right)} - 1 \right]$	$0,115 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,107 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,096 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,09 \frac{P \cdot a}{2}$
$M_C = M_D = \frac{P \cdot a}{2} \cdot \left[\frac{k}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{1 - k^2}{1 + k^2} \right)} \right]$	$0,134 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,143 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,154 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,159 \frac{P \cdot a}{2}$

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. 6.21). 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.

Таблица 6.24 – Расчет значений изгибающихся моментов в опасных сечениях боба в зависимости от соотношения $k = \frac{b}{a}$ и направления приложения загрузки

Расчетные формулы для определения моментов	Величина момента зависимости от k и приложения нагрузки вдоль толщины боба			
	$k = 0,5$	$k = 0,7$	$k = 0,9$	$k = 1,0$
$M'_A = M'_B = \frac{P \cdot a}{4} \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{l - k^2}{l + k^2} \right)} - \frac{1 - k^2}{2k} \right]$	$0,082 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,115 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,145 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,160 \frac{P \cdot a}{2}$
$M'_C = M'_D = -\frac{P \cdot a}{4} \left[\frac{2}{\pi - 2 \arcsin \left(\frac{l - k^2}{l + k^2} \right)} - \frac{1 + k^2}{2k} \right]$	$0,042 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,06 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,08 \frac{P \cdot a}{2}$	$0,09 \frac{P \cdot a}{2}$

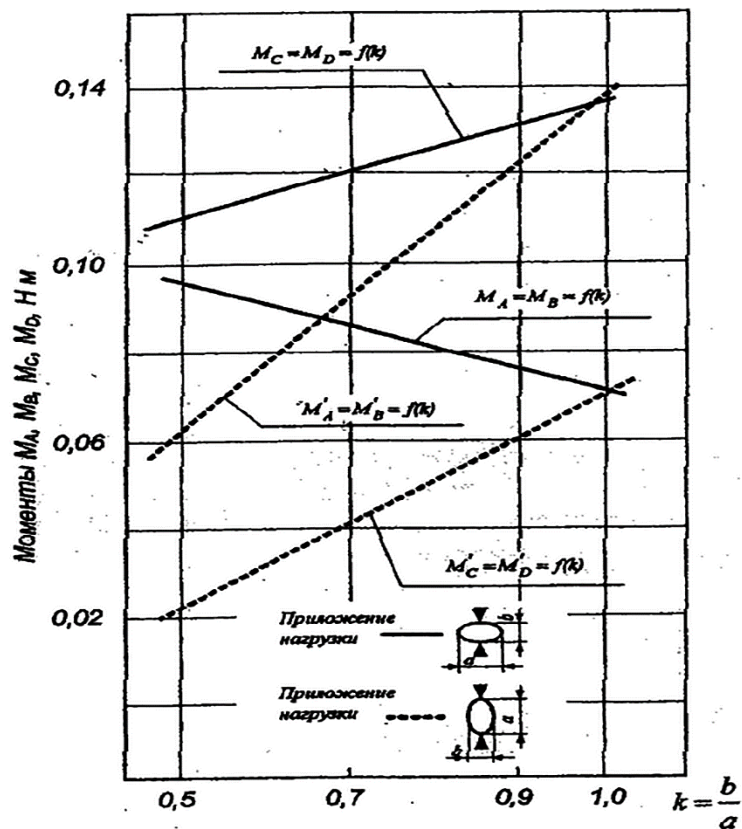


Рисунок 6.21 Зависимость моментов M_A, M_B, M_C, M_D в опасных сечениях A, B, C, D боба сои от соотношения $k = \frac{b}{a}$ и направления приложения нагрузки

Опыт показал, что при увеличении толщины бобов с 5,78 до 7,52 мм, сила разрушения уменьшается с 7,36 до 4,5 Н, то есть в 1,6 раза (рис. 6.22).

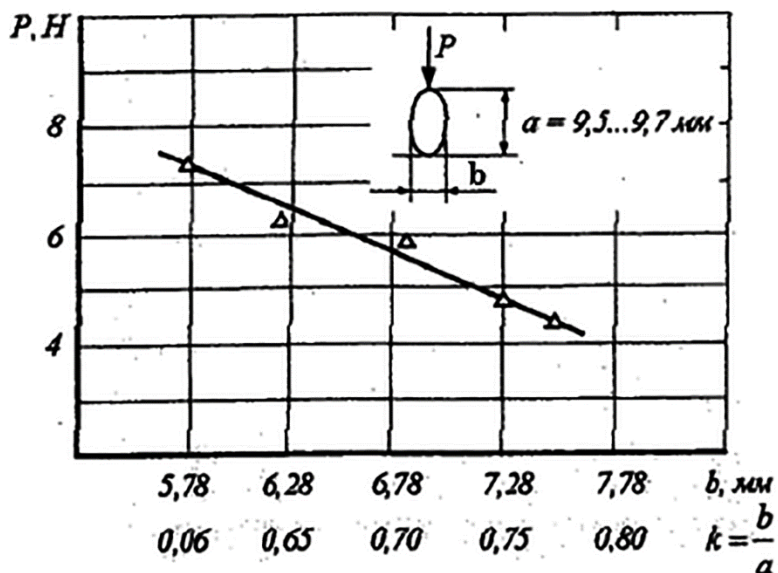


Рисунок 6.22 – Зависимость силы, потребной на разрушение боба сои сжатием от толщины бобов b или соотношения $k = \frac{b}{a}$

6.4 Прочность, упругие и пластические деформации зерна сои.

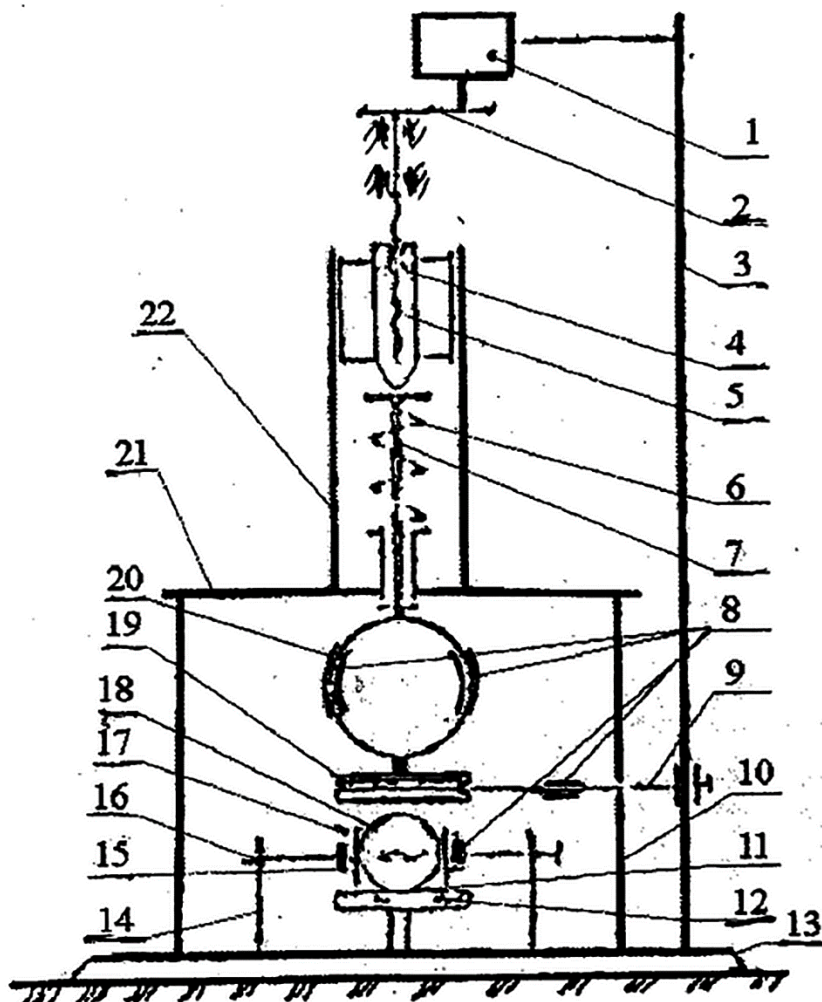
Коэффициенты Пуассона, восстановления зерна и трения растений сои

Прочность зерна сои при сжатии стальными поверхностями определялась при помощи тензометрического пресса, разработанного на кафедре транспортно-энергетических средств и механизации АПК Дальневосточного ГАУ (рис. 6.23).

Сила, необходимая на разрушение зерен сои, зависит от сорта, направления приложения нагрузки, коэффициента сферичности и влажности (табл. 6.25, рис. 6.24–6.28).

Из рисунка 6.26 видно, что увеличение влажности зерен сои ведет к уменьшению их прочности при сжатии, а также изменению упругих и пласти-

ческих деформаций (рис. 6.27). Увеличение сферичности зерен для направленного сжатия вдоль толщины и ширины также ведет к уменьшению силы разрушения (рис. 6.27).



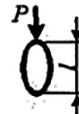


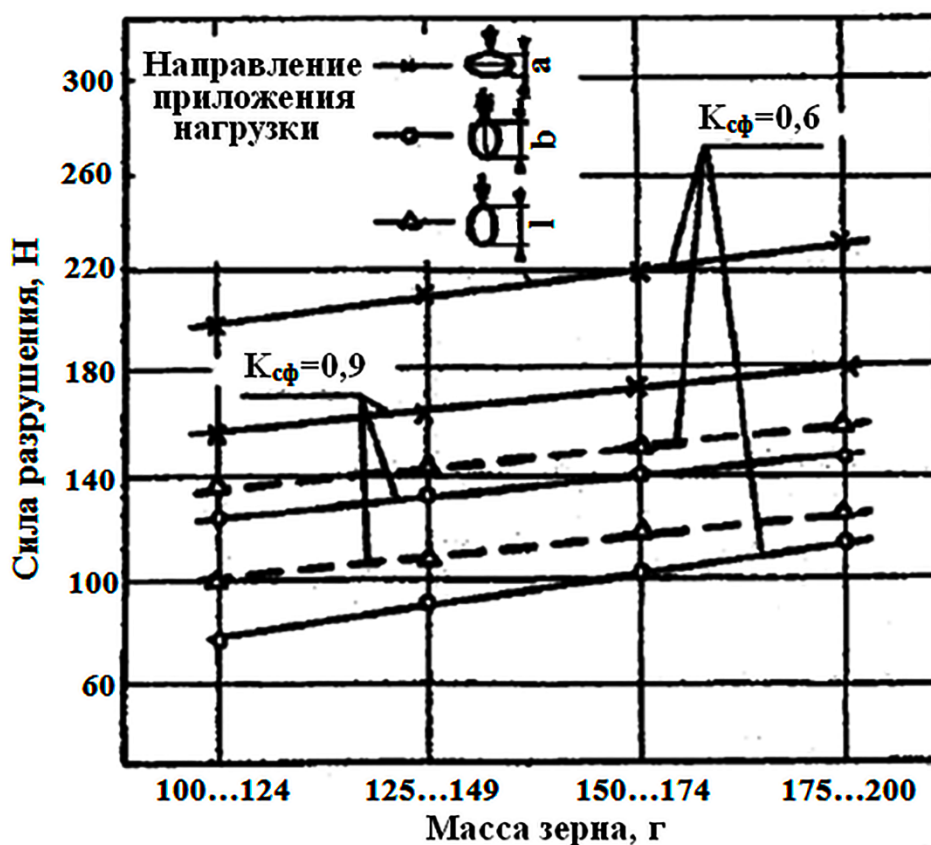
- 1 – электродвигатель; 2 – зубчатая передача; 3, 10, 14 – стойки; 4 – гайка с наконечником;
5 – винт; 6 – пружина; 7 – шток; 8 – проволочные датчики; 9, 17 – стальные пластинки;
12 – основание (наковальня); 13 – станина; 15 – бобышка; 16 – стержень направляющий;
18 – зерно сои; 19 – головка штока; 20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

Рисунок 6.23 – Схема прибора для изучения механических свойств сельскохозяйственных культур

Рассматривая диаграммы нагружения сои для разной влажности (рис. 6.25), отмечаем, что зерно как с влажностью 3–5 %, так и с большей (7–9 %) имеет характерные участки *A – B*, отвечающие закону Гука.

Таблица 6.25 – Сила разрушения зерен влажностью 7–9 % при сжатии стальными поверхностями при направлении приложения нагрузки

Сорт сои	Значение силы разрушения при направлении приложения нагрузки, Н		
			
«Соната»	173,5	108,7	124,2
«Гармония»	203,6	132,7	119,1



b – толщина; a – ширина; l – длина зерна

Рисунок 6.24 – Сила разрушения зерен сои при сжатии стальными поверхностями от их массы для коэффициентов сферичности 0,6; 0,9 и направления приложения нагрузки

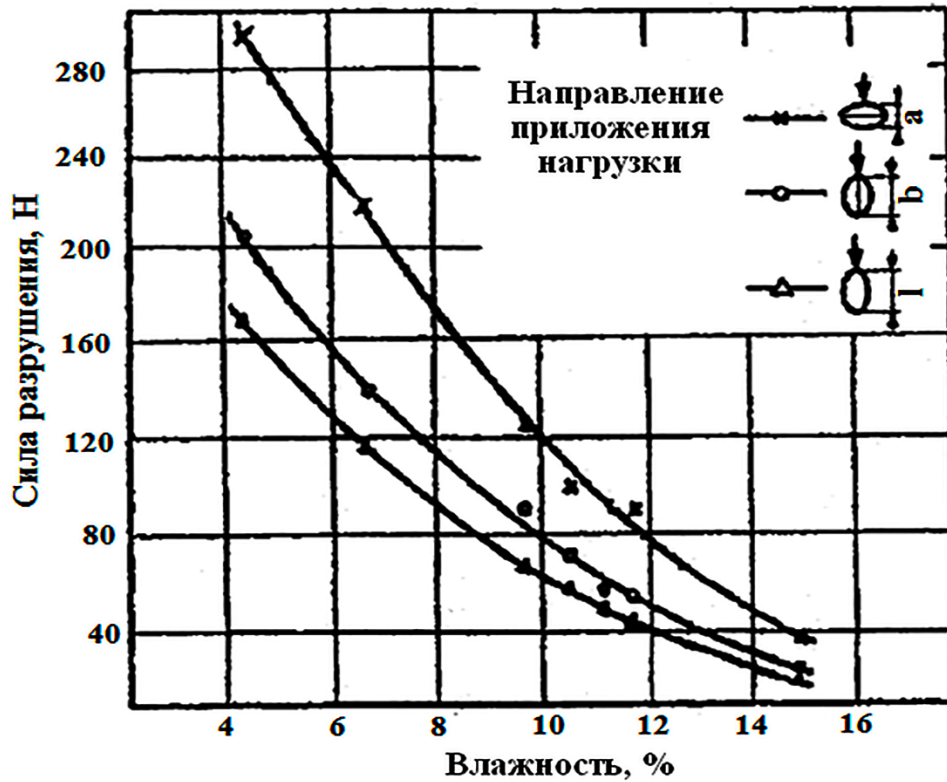
Так как в пределах этого закона тангенс угла δ определяется величиной $\frac{1}{E}$,

то можем записать:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{E} \text{ или } E = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} \quad (6.24)$$

где E – модуль упругости;

δ – угол наклона участка АБ (рис. 6.28).



b – толщина; a – ширина; l – длина зерна

Рисунок 6.25– Сила разрушения зерен сои сжатием стальными поверхностями от их влажности и направления приложения нагрузки при коэффициенте сферичности 0,7–0,8 и массе зерна

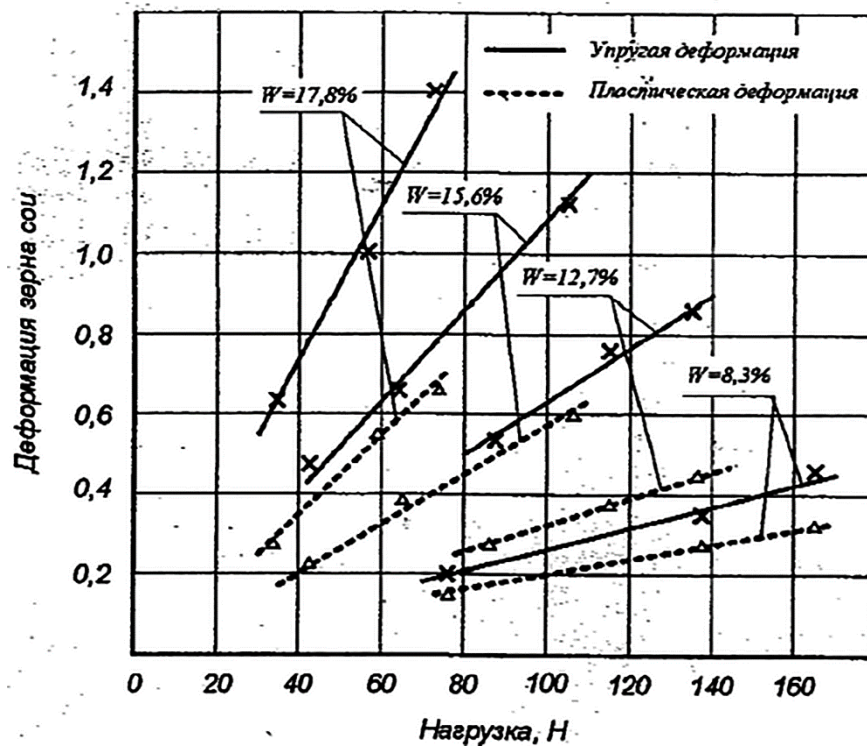


Рисунок 6.26 – Изменение упругой и пластической деформации зерен сои в зависимости от нагрузки и влажности (W)

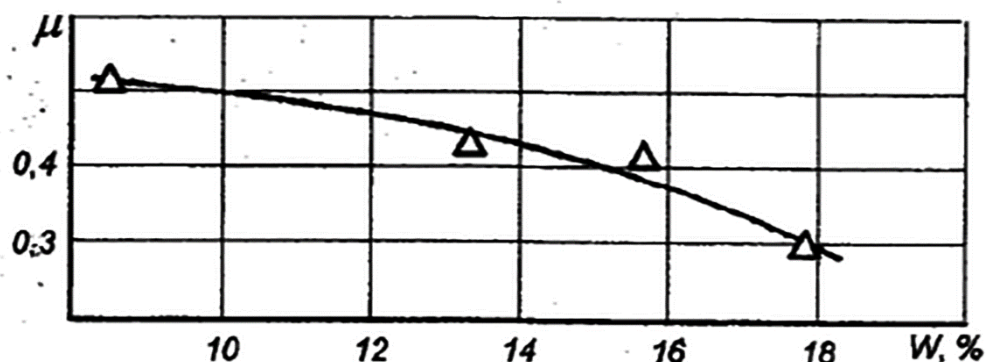
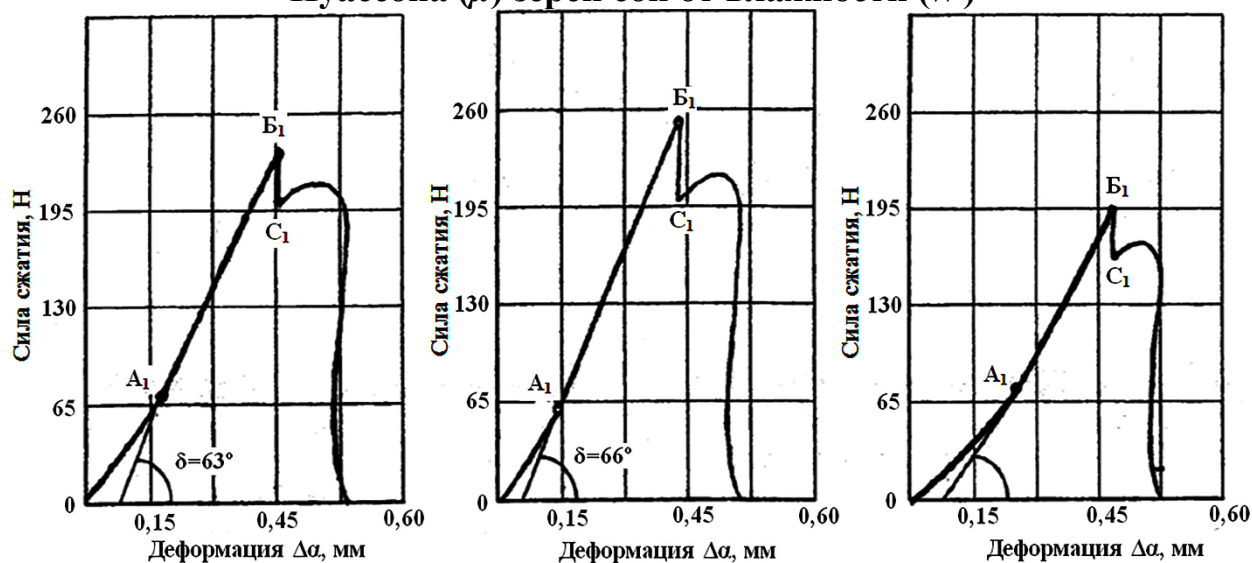


Рисунок 6.27 – Зависимость коэффициента Пуассона (μ) зерен сои от влажности (W)



1) $W = 3-5\%$; 2) $W = 5-7\%$; 3) $W = 7-9\%$

Рисунок 6.28 – Характерные диаграммы сжатия зерен сои при разных уровнях влажности

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

Из диаграмм (рис. 6.27) и графиков (рис. 6.28) видно, что с увеличением влажности зерен участок пластичности возрастает.

С изменением влажности зерен сои и их сжатии происходит изменение не только продольной, но и поперечной деформации (табл. 6.26), что позволяет определить коэффициент Пуассона (рис. 6.28) [29]:

$$\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \quad (6.25)$$

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 зерен сои соответственно, мм.

Таблица 6.26 – Зависимость продольной (λ) и поперечной (S) деформации зерен сои влажности (W) при нагрузке $P = 70$ Н

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

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

В связи с этим, важно знать коэффициент восстановления зерен сои при ударе. Его величину определяли экспериментально, применив теорему об изменении кинетической энергии [29]. Тогда скорость падающих зерен в начале и конце удара составит:

$$v = \sqrt{2gH}, \quad U = \sqrt{2gh} \quad (6.26)$$

где h – высота подскока зерна сои после удара, мм;

H – высота падения зерна без начальной скорости, мм.

Отсюда имеем выражение (6.27):

$$e = \frac{U}{v} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{h}{H}} \quad (6.27)$$

Результаты опытов представлены в таблице 6.27.

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

Таблица 6.27 – Коэффициент восстановления зерна сои сорта «Соната» влажностью (W) при высоте бросания 0,5 и 1,0 м для различных материалов и их толщины

Материал	Толщина материала, мм	Высота бросания – 0,5 м		Высота бросания – 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

Определение коэффициента трения стеблей сои сорта «Соната» по различным поверхностям показало, что его величина уменьшается с увеличением влажности (табл. 6.28). Это можно объяснить тем, что в месте контакта с поверхностью трения из стеблей выделяется влага, способствующая снижению силы трения.

Таблица 6.28 – 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, %
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.

6.5 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 «Соната», имеющую длину стебля 72–83 см, влажность стеблей и зерен – 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 6.29 и на рисунке 6.29 представлены результаты обработки опытных данных.

Таблица 6.29 – Деформация сжатия растений сои сорта «Соната» от давления

Давление (q)		Деформация сжатия растений сои при начальной толщине слоя (h_x), см				
Н/см ²	кПа	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5
0,00096	0,0941	0,080	0,320	0,54	0,71	0,91
0,00192	0,1883	0,250	0,85	0,98	1,22	1,60
0,00288	0,2524	0,325	0,81	1,22	1,64	1,81
0,00384	0,1766	0,390	0,96	1,46	1,82	2,24
0,00769	0,7541	0,495	1,23	1,87	2,36	2,82
0,0115	1,1277	0,695	1,40	2,19	2,78	3,31
0,0153	1,5004	0,655	1,52	2,37	3,00	3,51
0,0192	1,8828	0,680	1,64	2,48	3,06	3,81
0,0237	2,2560	0,705	1,69	2,63	2,28	4,05
0,0269	2,6379	0,710	1,78	2,72	3,42	4,20
0,0307	3,0106	0,720	1,84	2,82	3,59	4,34

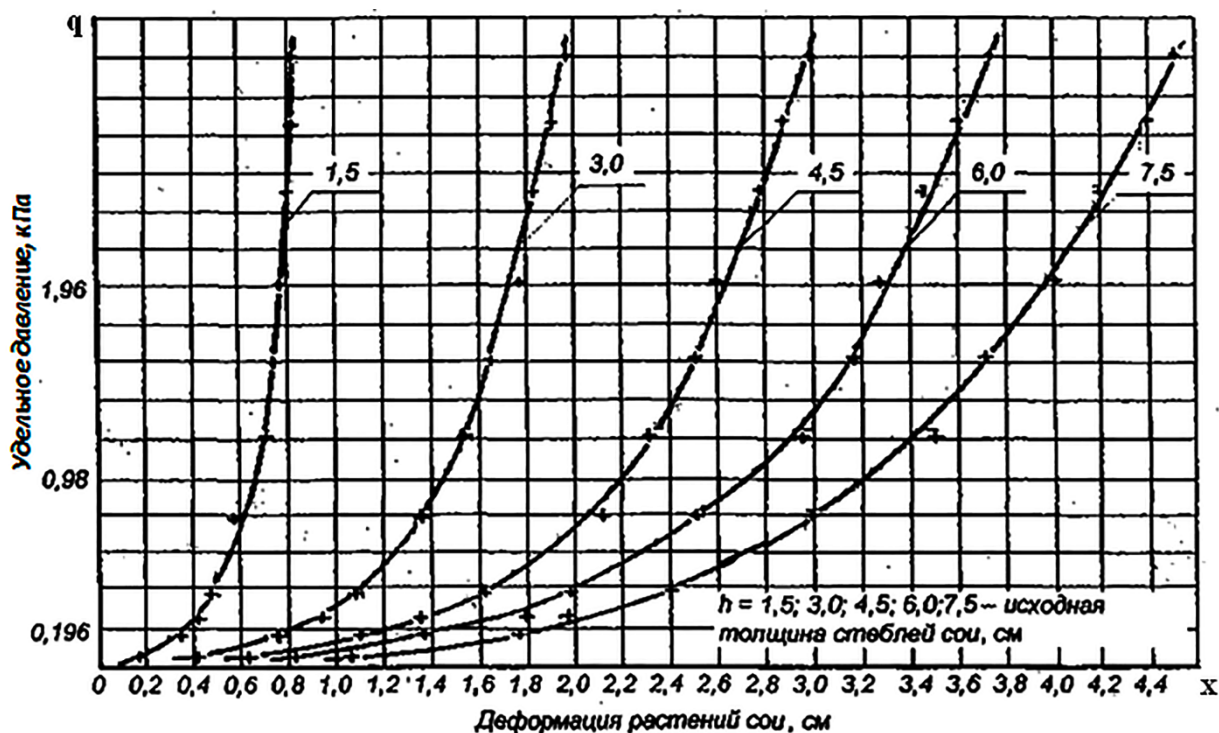


Рисунок 6.29 – Удельное давление q в слое стеблей от деформации сжатия x

Предположив, что между величиной давления и деформацией стеблей сои существует зависимость, получим выражение (6.28):

$$q = Ae^{mx} \quad (6.28)$$

где q – давление на стебли;

A и m – коэффициенты, определяемые экспериментальным путем;

x – величина деформаций стеблей;

e – основание натуральных логарифмов.

Имея результаты опыта, представленные в таблице 6.29, составим уравнения для определения A и m , руководствуясь среднеарифметическим методом:

$$m \cdot \lg e \sum_{1}^{S_1} x + S_1 \cdot \lg A - \sum_{1}^{S_1} \lg q = 0, \quad (6.29)$$

$$m \cdot \lg e \sum_{S_1+1}^{S_2} x + S_2 \cdot \lg A - \sum_{1}^{S_1} \lg q = 0 \quad (6.30)$$

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

Из уравнения (6.29) можем записать выражение (6.31) и, подставив его в выражение (6.30), получим выражение (6.32):

$$\lg A = \frac{\sum_1^{S_1} \lg q - m \cdot \lg e \sum_1^{S_1} x}{S_1}, \quad (6.31)$$

$$m = \frac{\sum_{S_1+1}^{S_2} \lg q - \frac{S_2}{S_1} \sum_1^{S_1} \lg q}{\lg e \left(\sum_{S_1+1}^{S_2} x - \frac{S_2}{S_1} \sum_1^{S_1} x \right)} \quad (6.32)$$

В результате проведенных опытов и их обработки установлены следующие значения коэффициентов A и m для принятых значений исходной толщины слоя стебля сои h_x (табл. 6.30).

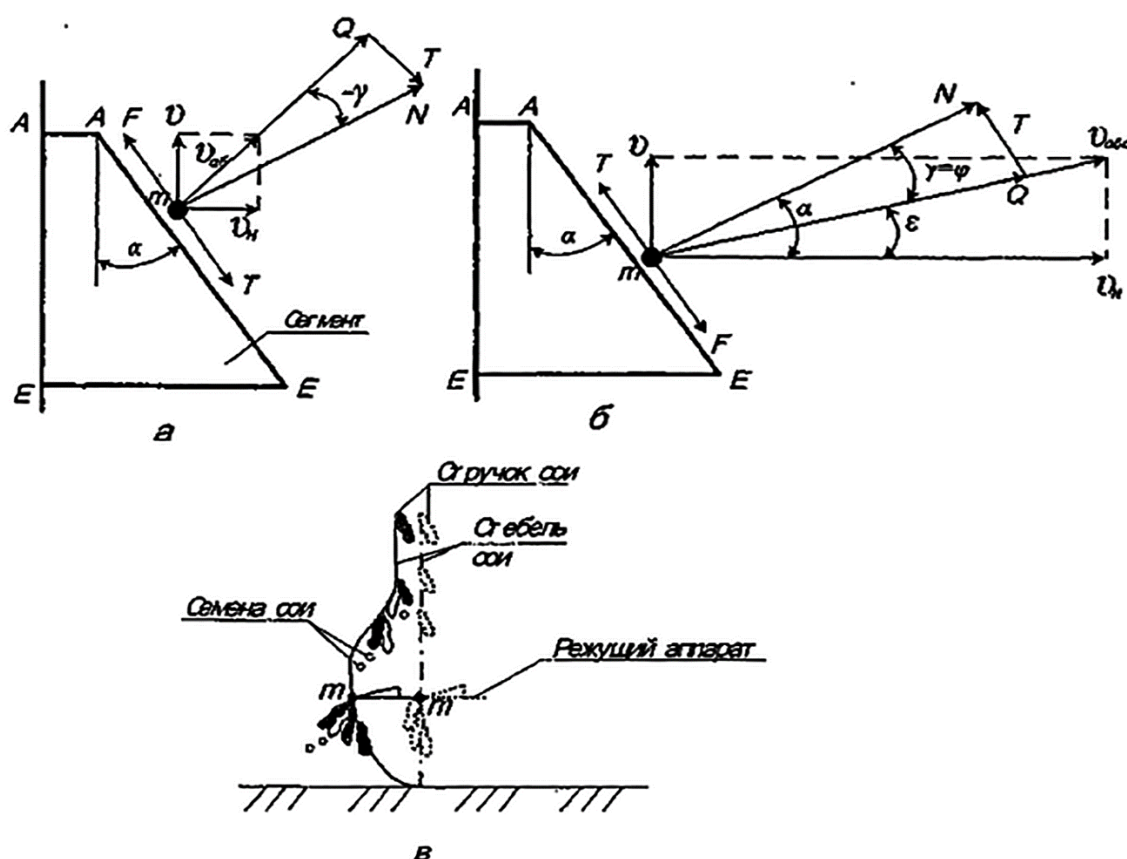
Таблица 6.30 – Значения экспериментальных коэффициентов A и m , а также расчетного β

Исходная толщина слоя стеблей сои (h_x), см	Коэффициенты			$B = m \cdot h_x$
	кПа	кг/см ²	т, 1/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

6.6 К оценке безподпорного среза растений сои аппаратом нормального резания

В известной теории резания стеблей зерновых культур сегментно-пальцевым режущим аппаратом отмечается, что этот процесс складывается из двух явлений: подвода растений сегментом ножа к противорежущей пластине и срезания стеблей, защемленных между лезвием сегмента и режущей кромкой этой пластины [31, 68, 93, 167]. По сравнению с травами и зерновыми культурами стебель сои толще в 3–4 раза, и количество стеблей на одном квадратном

метре не превышает 50–55 шт. Таким образом, на уборке сои сегменты режущего аппарата жатки могут срезать без защемления одиночные стебли, попадающие в межпальцевое пространство [31]. В этом случае действие сегмента на стебель сои может быть представлено схемой (рис. 6.30) [17].



а) с возможным отбрасыванием к малому основанию сегмента; б) с возможным отбрасыванием к большому основанию сегмента; в) действие (удар) сегмента режущего аппарата на стебель сои

Рисунок 6.30 – Действие сегмента на стебель сои (точка m)

Из рисунка видно, что значение абсолютной скорости стебля сои в точке m ($v_{абс}$) зависит от скорости машины (комбайна) (v) и скорости сегмента ножа ($v_{н}$). Разложив силу нормального давления N на направление лезвия сегмента (сила T), можем получить в зависимости от соотношения скоростей $v_{н}$ и v различные направления скорости $v_{абс}$ и силы Q .

На схеме а (рис. 6.30) будет наблюдаться отбрасывание стебля к малому основанию сегмента (линия $A-A$), а по схеме б – стебель увлекается к большому

основанию сегмента (линия $E-E$). На схеме в показан удар сегмента по стеблю сои без защемления.

Проанализируем явления, происходящие в случае б (рис. 6.30), то есть когда стебель сои увлекается в направлении обратном движению машины. Так как угол $\gamma = \varphi$ или $\gamma = \alpha - \varepsilon$, где ε – угол между линиями v_{abc} и v_H , то стебель сои не будет скользить по лезвию сегмента, и произойдет рубящее резание, при условии $\alpha - \varepsilon \leq \varphi$, или имеем соотношение (6.33):

$$tg \geq tg\alpha - tg\varphi \quad (6.33)$$

где φ – угол трения стебля о лезвие сегмента;
 α – угол наклона режущей кромки сегмента.

Из выражения (6.33), используя теорему тангенсов, можем записать условие рубящего (безподпорного, без скольжения) резания (6.34):

$$tg\varepsilon \geq \frac{tg\alpha - tg\varphi}{1 + tg\varphi \cdot tg\alpha} \quad (6.34)$$

Из рисунка 6.30 (схема б) также следует, что:

$$tg\varepsilon = \frac{v}{v_H} = \frac{v}{r\omega \sin\omega t} \quad (6.35)$$

Подставив (6.35) в выражение (6.34), получим скорость машины для рубящего (безподпорного) резания стебля (при постоянных ω и f):

$$v = \frac{r\omega \sin\omega t (tg\alpha - f)}{1 + f \cdot tg\alpha} \quad (6.36)$$

где r – радиус кривошипа, м;
 f – коэффициент трения стали по стеблю сои;
 ω – угловая скорость кривошипа привода ножа.

Исходя из того, что максимальное значение скорость сегмента имеет место при $\omega t = \frac{\pi}{2}$, получим минимальную скорость машины, при которой стебель сои не будет отбрасываться к малому основанию сегмента, то есть в направлении движения комбайна, что может приводить к потерям ($\sin \omega t = 1$):

$$v_{MIN} \geq \frac{r\omega(\operatorname{tg}\alpha - f)}{1 + f \cdot \operatorname{tg}\alpha} \quad (6.37)$$

Из выражения (6.37) и рисунка 6.30 видно, что скорость машины v_{MIN} прямо пропорциональна радиусу r и угловой скорости ω , и уменьшается с увеличением коэффициента трения стали по стеблю сои f . Для наиболее характерных условий состояния растений сои, когда $f = 0,3 - 0,4$, а частота вращения кривошипа привода ножа n не превышает 500 мин^{-1} , теоретическая скорость комбайна составляет $0,29-0,47 \text{ м/с}$ и достаточна для подвода стебля сои к большому основанию [17].

В действительности скорость комбайна (v_K) на уборке сои составляет $1,5-2,0 \text{ м/с}$, что соответствует $5,4-7,2 \text{ км/ч}$. Выбор этой скорости связан с ограничением возможности копирования жаткой поверхности поля. При большей скорости комбайна резко возрастают потери сои, которые возникают из-за увеличения высоты среза растений, а, следовательно, перерезания низко расположенных бобов [16, 24]. При такой скорости комбайна ($1,5-2,0 \text{ м/с}$) величина абсолютной (максимальной) скорости удара сегмента по стеблю сои для значения $f = 0,4$ и возможных значений n в пределах $300-500 \text{ мин}^{-1}$ приведена на рисунке 6.31 и определяется из выражения (6.38):

$$v_{ABC} = \sqrt{v_K + \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30}} \quad (6.38)$$

Примем, что в полосе, срезаемой сегментом между двумя соседними пальцами, есть три характерных участка (рис. 6.31).

Из рисунка 6.33 видно, что между линиями 1-1 и 2-2 количество попадающих стеблей сои, срезаемых без защемления, зависит от ширины этой полосы (в нашем случае $L = s - b = 39,2 \text{ мм}$) и подачи растений определяемой из выражения (6.39):

$$h = \frac{30v}{n} \quad (6.39)$$

где v – скорость машины, м/с;
 n – число оборотов кривошипа, мин⁻¹.

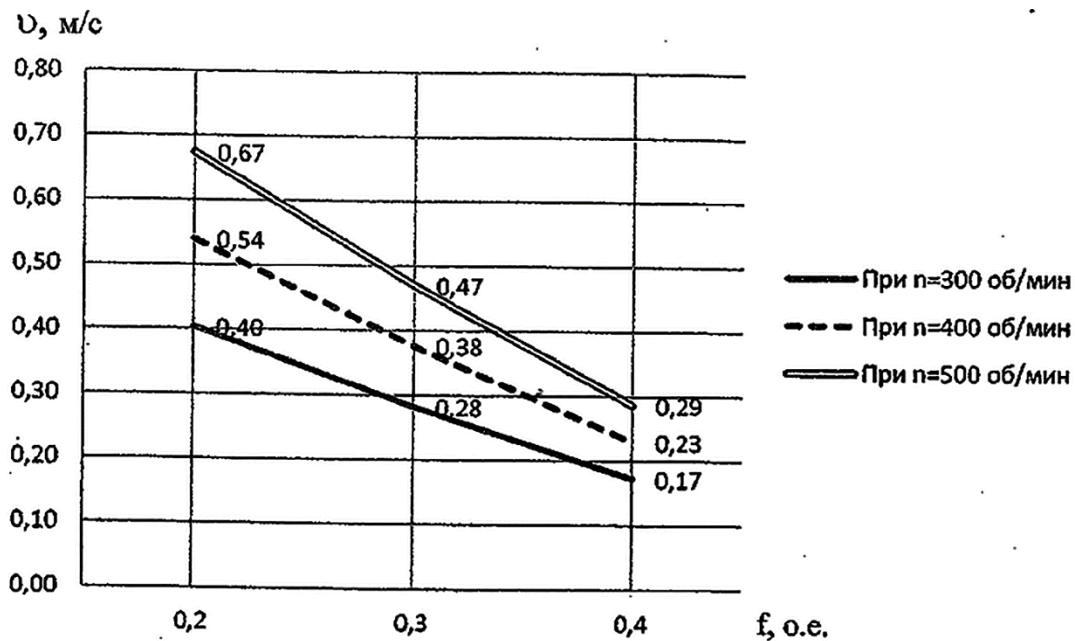


Рисунок 6.31 – Влияние частоты вращения кривошипа ножа n и коэффициента трения стебля сои по стали f на скорость машины v

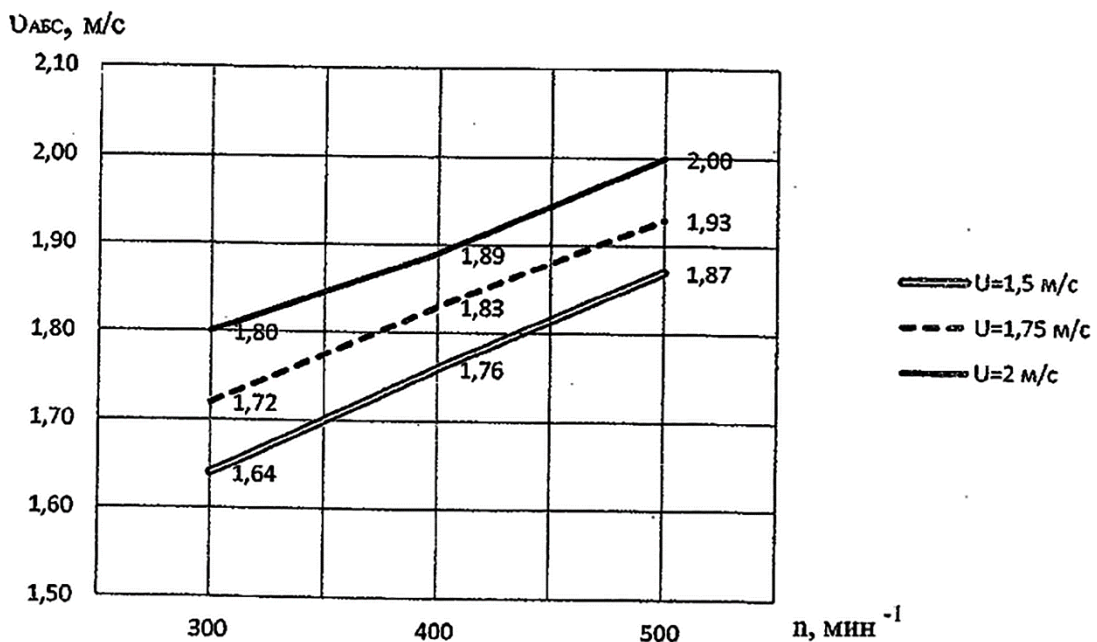


Рисунок 6.32 – Влияние частоты вращения кривошипа ножа n и скорости комбайна v на абсолютное значение максимальной скорости удара сегмента по стеблю сои при $f = 0,4$

Таким образом, за один ход сегмента у аппарата нормального резания площадь участка с рубящим (безподпорным) срезом составит:

$$S_{\text{БП}} = hL = \frac{30v}{n} \cdot 0,5t \quad (6.40)$$

где t – расстояние между осями соседних пальцев, равное у аппарата нормального резания 76,2 мм.

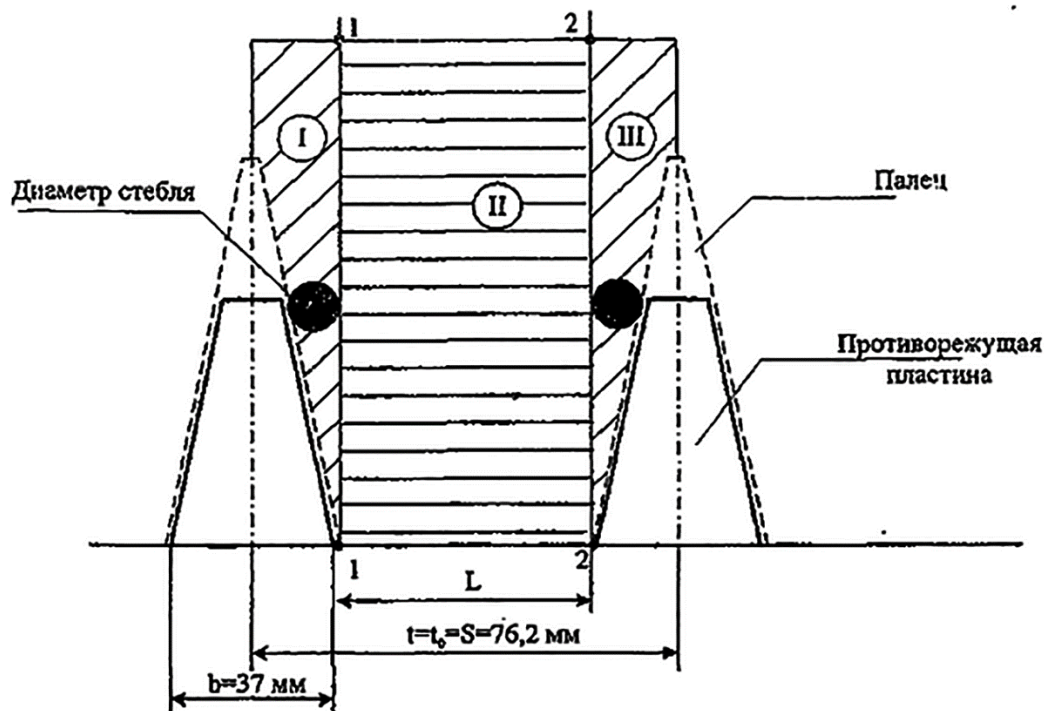


Рисунок 6.33 – Схема участков, на которых срез растений сои будет происходить с защемлением (участки I и III) и где возможен рубящий (безподпорный) срез растений (участок II)

Из выражения (6.40) видно, что указанный участок будет тем меньше, чем больше частота вращения кривошипа, то есть больше скорость ножа и меньше расстояние t . Задавшись значением $n = 300 \dots 400 \dots 500 \text{ мин}^{-1}$, получим следующие значения $S_{\text{БП}}$ при постоянной скорости комбайна. Примем эту скорость равной 1,5 и 2 м/с. Тогда получим:

1. При $v = 1,5 \text{ м/с}$: $S_{\text{БП}}^{300} = 5,71 \text{ мм}^2$; $S_{\text{БП}}^{400} = 4,28 \text{ мм}^2$; $S_{\text{БП}}^{500} = 3,42 \text{ мм}^2$.
2. При $v = 2 \text{ м/с}$: $S_{\text{БП}}^{300} = 7,62 \text{ мм}^2$; $S_{\text{БП}}^{400} = 5,71 \text{ мм}^2$; $S_{\text{БП}}^{500} = 4,57 \text{ мм}^2$.

Для реального варианта технологического процесса ($v = 2 \text{ м/с}$, $n = 500 \text{ мин}^{-1}$), приняв количество растений на одном квадратном метре 50 шт., или $5 \cdot 10^5 \text{ шт./га}$, получим количество растений сои, попавших под рубящий срез при полном обороте кривошипа (то есть два хода сегмента) – 0,0457 шт.

За одну минуту таких ходов будет 500, а за один час – 30 000, за 10-часовую смену – 300 000 ходов. Отсюда количество растений, попадающих в зону рубящего (безподпорного среза) N_0 составит 13 710. При работе жатки с шириной захвата 7 м, это количество растений составит 2 448 214 штук или 4,9 га при количестве растений 500 тыс. шт./Га: $N^{Вж} = \frac{7}{0,0392} \cdot 13710 = 2448214$ шт.

Таким образом, процесс рубящего (безподпорного) среза растений является одной из причин потерь урожая сои.

В связи с этим, необходимо стремиться уменьшить зону межпальцевого пространства режущего аппарата, где существует большая вероятность рубящего (безподпорного) среза растений сои, приводящего к вибрации стебля и разрушению бобов. Устранить данное отрицательное явление можно, если применять в качестве режущего ножа аппарат низкого резания с характеристиками $t = t_0 = S$, где t_0 – шаг противорежущей части, равный 38,1 мм. Работа такого режущего аппарата практически исключает потери зерен сои, связанные с явлением рубящего резания стебля.

7 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ, СОИ И КУКУРУЗЫ

Климат Амурской области резко континентальный с признаками муссонности в летнее время. Зима в основных земледельческих районах суровая и продолжительная. Для нее характерно малое количество осадков, небольшой снежный покров, высокая инсоляция, низкие температуры. Температура самого холодного месяца января колеблется от минус 24 до минус 46 °С, с абсолютным минимумом – минус 56 °С. Продолжительность холодного периода составляет 130–160 дней. Глубина промерзания почвы на юге до 2,5 м, в центральных районах – до 3,5 м [53, 100, 154].

Лето обычно теплое, с умеренной сухой погодой в первой половине и влажной – во второй. С апреля по октябрь, в зависимости от зоны, выпадает от 320 до 500 мм осадков, это 66–70 % годового количества, что вызывает периодическое переувлажнение почвы [100].

Анализ, проведенный Всероссийским научно-исследовательским институтом сои, по распределению осадков на юге Амурской области показал, что в годы с избыточным увлажнением наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе (до 150–160 мм); в годы с недостатком влаги дефицит ее наиболее ощущается в июне. Растения испытывают недостаток влаги в начале роста и развития, а во второй половине вегетации – порой страдают от ее избытка. Первая половина осени бывает влажная, теплая; вторая – сухая [100].

Анализ природно-климатических и производственных условий Амурской области показывает, что площади, занятые зерновыми и зернобобовыми культурами, их урожайность, размеры хозяйств, длина гона и метеорологические условия значительно отличаются по зонам. Из пяти агроклиматических зон только южная, центральная и северная наиболее пригодны для земледелия.

Формирование климата обусловлено взаимодействием солнечной радиации, циркуляции воздушных масс и географических факторов (рис. 7.1).



I – южная, II – центральная, III – северная, IV – северная таежная, V – горно-таежная

Рисунок 7.1 – Агроклиматические зоны Амурской области

В зонах, благоприятной для выращивания сельскохозяйственных культур, происходят наибольшие колебания по сумме выпавших осадков за период сельскохозяйственных работ.

Большая протяженность области с севера на юг создает значительные различия в тепловом режиме между северными и южными районами. В юго-восточных районах по сравнению с северо-западными продолжительность безморозного периода больше на 30–35 дней.

По температурному режиму колебания по годам менее значительны. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С в южной зоне области составляет 2 160–2 300 °С, центральной – 2 050–2 160 °С, северной – 1 860–2 060 °С. Средняя температура наиболее теплого месяца (июля) колеблется от 16–18 °С

на севере до 20–21 °С на юге. Продолжительность безморозного периода – от 57 дней на севере до 144 дней на юге. По длительности безморозный период и период активной вегетации близки друг к другу. Полевые работы начинаются в первых числах апреля, оканчиваются – в конце октября. Коэффициент использования времени по метеоусловиям составляет 0,50–0,98 [100, 154].

Особенности агроклиматических условий и опыт возделывания сельскохозяйственных культур указывают, что в основных сельскохозяйственных районах Амурской области можно возделывать культуры преимущественно с коротким периодом вегетации.

Высокое напряжение тепла, обилие света и достаточное количество осадков в течение наиболее теплых месяцев благоприятствуют выращиванию сельскохозяйственных культур. В то же время недостаток влаги весной и в начале лета; медленное прогревание почвы весной и длительное оттаивание мерзлоты; большое количество осадков в июле и августе, приводящее к частому переувлажнению и уплотнению почвы; относительно короткий период вегетации оказывают отрицательное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур. Это требует от товаропроизводителей строгого соблюдения рекомендуемых сроков проведения всех технологических операций при возделывании культур с высоким качеством их выполнения.

В южной зоне продолжительность безморозного периода составляет 125–130 дней. Этого времени достаточно для возделывания среднеранних сортов сои. Соя в общей посевной площади занимает 73 %, и тенденция увеличения площади этой культуры продолжается. А разнообразие сортов позволяет увеличить продолжительность ее уборки.

Площади полей в среднем составляют 200–400 га, поэтому обработку участков проводят загонным способом. Конфигурация полей преимущественно прямоугольная, трапециевидная.

В центральной зоне продолжительность безморозного периода уменьшается до 110–115 дней. Лето сравнительно теплое. Условия для механизации возделывания сельскохозяйственных культур хуже, чем в южной зоне. Урожайность основных культур ниже. Если ландшафт южной зоны – это преимущественно поля, то в центральной зоне находится большое количество лиственных лесов. Соответственно площадь пашни хозяйств меньше.

Северная зона имеет наименьший безморозный период (90–100 дней). В отличие от центральной и южной зон колебания ночной и дневной температур в летние месяцы превышает 10 °С, что в целом негативно сказывается на развитии растений. Теплом обеспечены только ранние сорта яровых зерновых культур и сои. Однако в отдельные годы наблюдается снижение урожая из-за недостатка тепла. В Сковородинском и Магдагачинском районах возделывание сои не ведется.

Вне зависимости от природно-климатической зоны уборка урожая приходится на период выпадения максимального количества осадков, что негативно сказывается на всем процессе.

Кроме суммарного количества выпадающих осадков переувлажнению почвы способствует также то, что пахотный слой почв Амурской области подстилается тяжелыми глинистыми основаниями, которые являются весьма слабопроницаемыми. Переувлажнению благоприятствует также малая мощность пахотного слоя, не позволяющая аккумулировать значительное количество влаги [100].

Больше всего осадков выпадает в июле. В этот период соотношение осадков к испарению составляет 1,5. При таком соотношении осадков и испарения почва находится в состоянии переувлажнения. В пахотном слое содержится воды 50–60 % от веса сухой почвы или 100–120 % от полной влагоемкости.

Производственно-климатические особенности Амурской области накладывают свои специфические требования к технологиям возделывания сельскохозяйственных культур. Одной из главных особенностей является то, что почвы, в основном, обладают низкой фильтрующей способностью. Они, как правило, тяжелые по механическому составу и имеют практически водонепроницаемый подпахотный горизонт, исключающий проникновение влаги в нижние слои, в результате чего все выпавшие атмосферные осадки долгое время сохраняются в слое почвы 0,2–0,3 м. Неравномерное выпадение осадков (максимум в июле – августе) приводит к избыточному переувлажнению. В связи с этим, вода застаивается на полях до полного испарения. Испарение же из-за высокой влажности воздуха происходит очень медленно. В таких условиях зерновые, а особенно соя, дают низкий урожай.

Особенностью основного уборочного периода в АПК Амурской области (август – октябрь), влияющего на его длительность (уборка зерновых, сои и кукурузы на зерно), является наибольшее количество осадков и падение температуры. Из данных, представленных на рисунках 7.2–7.7, видно, что наиболее сложный период уборки приходился на зерновые культуры (конец июля, август – сентябрь). Так, в августе величина осадков в южной, центральной и северной сельскохозяйственной зонах находится в пределах 74–145 мм, или около 18 % годового показателя [3].

Причем, наибольшее количество осадков выпадает в этот период в южной и центральной сельскохозяйственной зонах, где сосредоточены основные посевы зерновых. Период уборки сои (последняя декада сентября, октябрь) имеет в 2–3 раза меньшую величину осадков. Температурный фактор в значительной мере влияет на уборку сои и особенно кукурузы на зерно. Из представленных графиков можно сделать вывод о больших отклонениях погодных факторов на уборке трех основных сельскохозяйственных культур (зерновые, соя, кукуруза), что требует обоснованного выбора структуры зерноуборочных

комбайнов как по величине лучшей производительности и качеству технологического процесса, так и по процессу вредного уплотняющего воздействия на почву уборочно-транспортного комплекса.

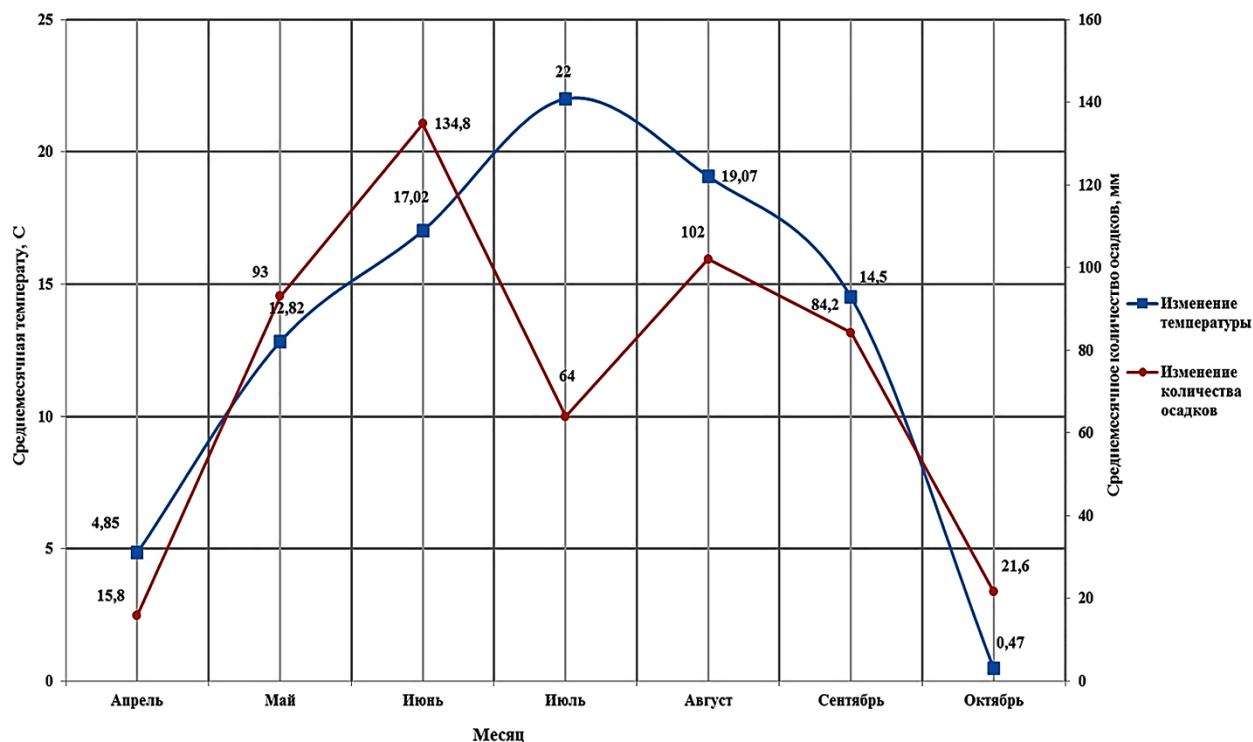


Рисунок 7.2 – Изменение среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области (2016 год)

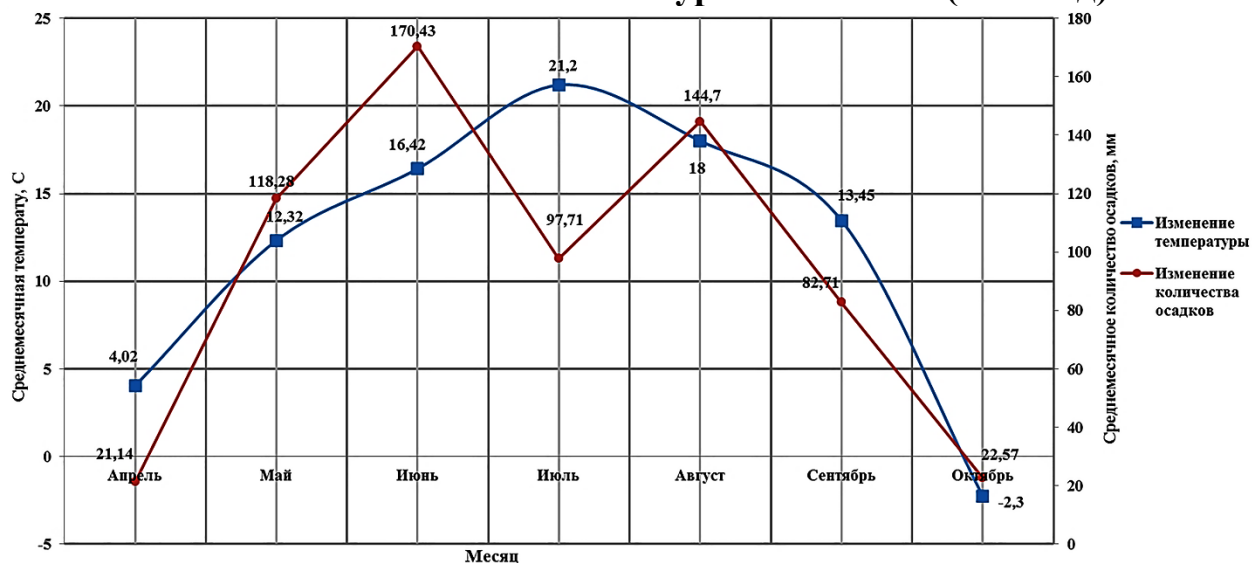


Рисунок 7.3 – Изменение среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков в центральной сельскохозяйственной зоне Амурской области (2016 год)

7 Почвенно-климатические условия
уборки зерновых, сои и кукурузы

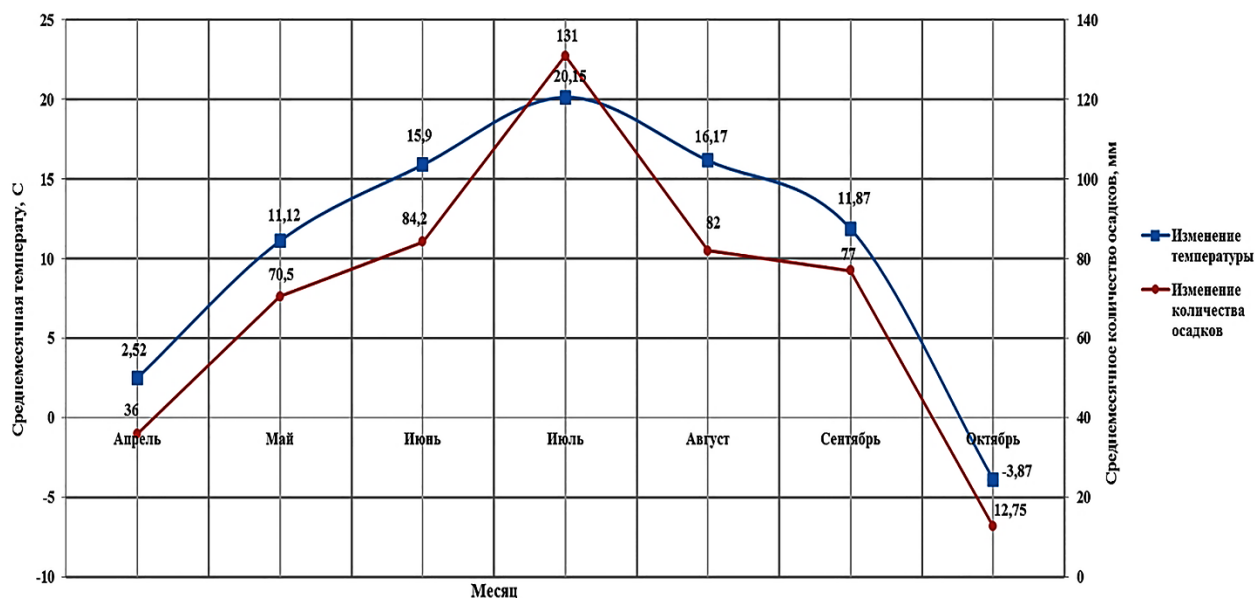


Рисунок 7.4 – Изменение среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков в северной сельскохозяйственной зоне Амурской области (2016 год)

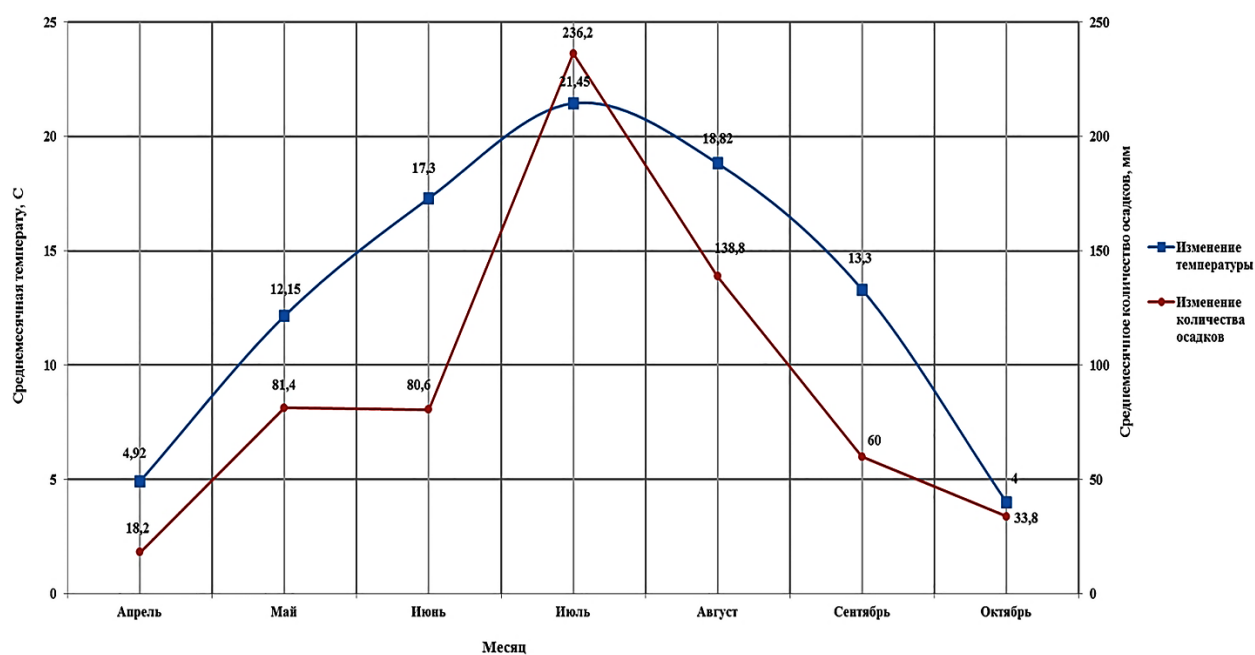


Рисунок 7.5 – Изменение среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области (2019 год)

Совершенствование уборки сои, зерновых
и кукурузы в условиях Амурской области

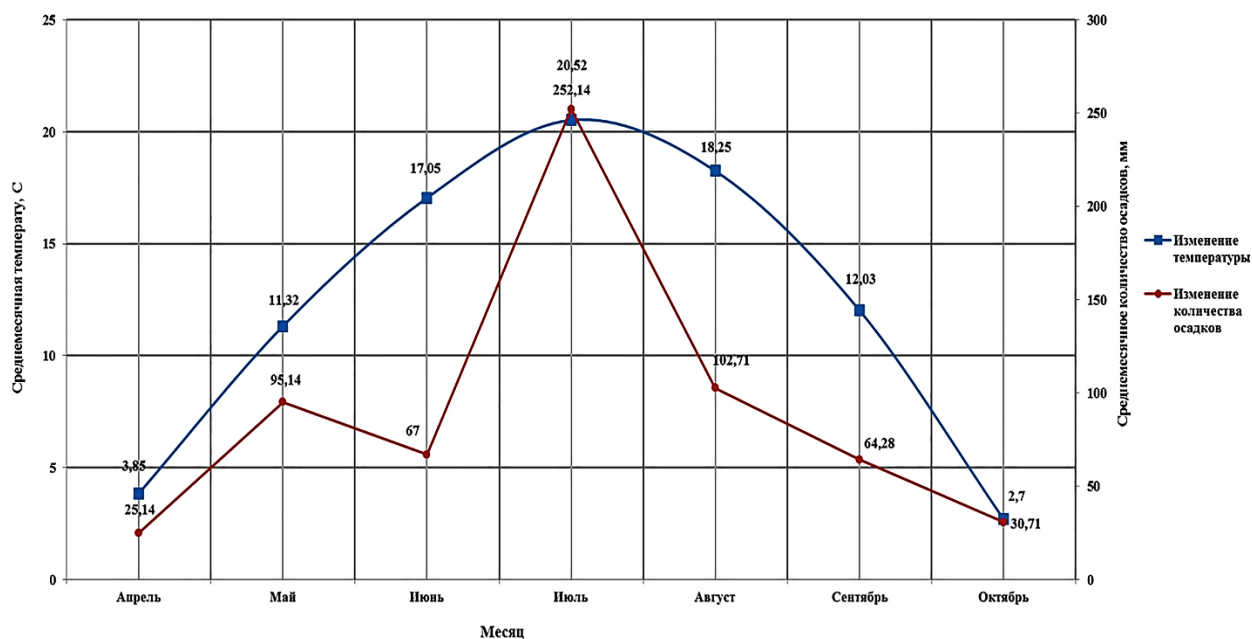


Рисунок 7.6 – Изменение среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков в центральной сельскохозяйственной зоне Амурской области (2019 год)

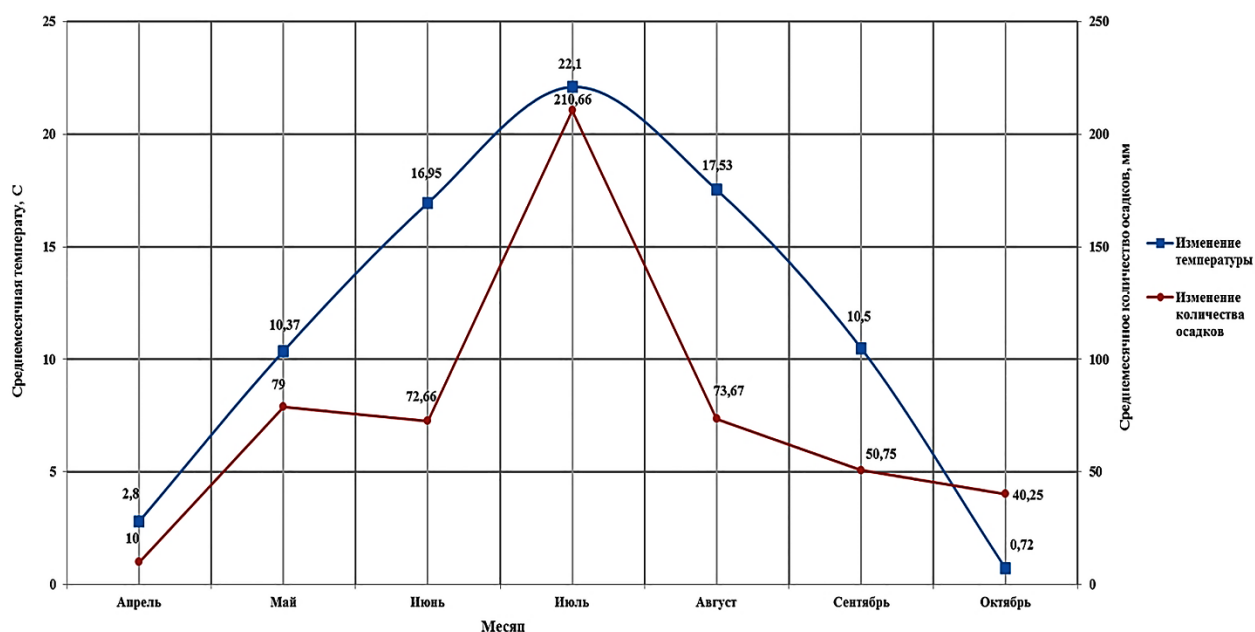


Рисунок 7.7 – Изменение среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков в северной сельскохозяйственной зоне Амурской области (2019 год)

8 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ И РАБОТЫ КОМБАЙНОВОГО ПАРКА АПК АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Зерноуборочные комбайны классифицируются по назначению; способу агрегатирования; направлению движения растительной массы в процессе воздействия на нее рабочих органов; типу ходовой части и типу молотильно-сепарирующего устройства [21, 68, 152].

По назначению комбайны делятся следующим образом [39]:

- 1) общего назначения (универсальные) – для уборки зерновых колосовых культур, зернобобовых и крупяных культур, семенников трав и т. д.;
- 2) специальные для уборки высокоурожайных зерновых культур и риса;
- 3) специальные для уборки зерновых колосовых, зернобобовых и крупяных культур на склонах;
- 4) специальные для уборки семенных участков (семеноводческого назначения).

По способу агрегатирования различают [167]:

- 1) самоходные комбайны (имеют двигатель, который приводит в движение рабочие органы и ходовую часть);
- 2) прицепные комбайны (рабочие органы приводятся от вала отбора мощности трактора или от двигателя, установленного на комбайне);
- 3) навесные комбайны (навешиваются на самоходные шасси или трактор);
- 4) катамараны (агрегируются с универсальными тракторами и реализуют сочетание прицепного и навесного комбайнов).

По направлению потока срезанных стеблей, подаваемых в молотильный аппарат, комбайны делятся на прямоточные и непрямоточные (с сужением потока растительной массы) [68].

При продольно-прямоточной схеме (рис. 8.1, а), срезанные стебли движутся в направлении, обратном направлению движения комбайна (коэффициент сужения потока 1,2–1,3), при поперечно-прямоточной (рис. 8.1, б) – перпендикулярно движению комбайна.

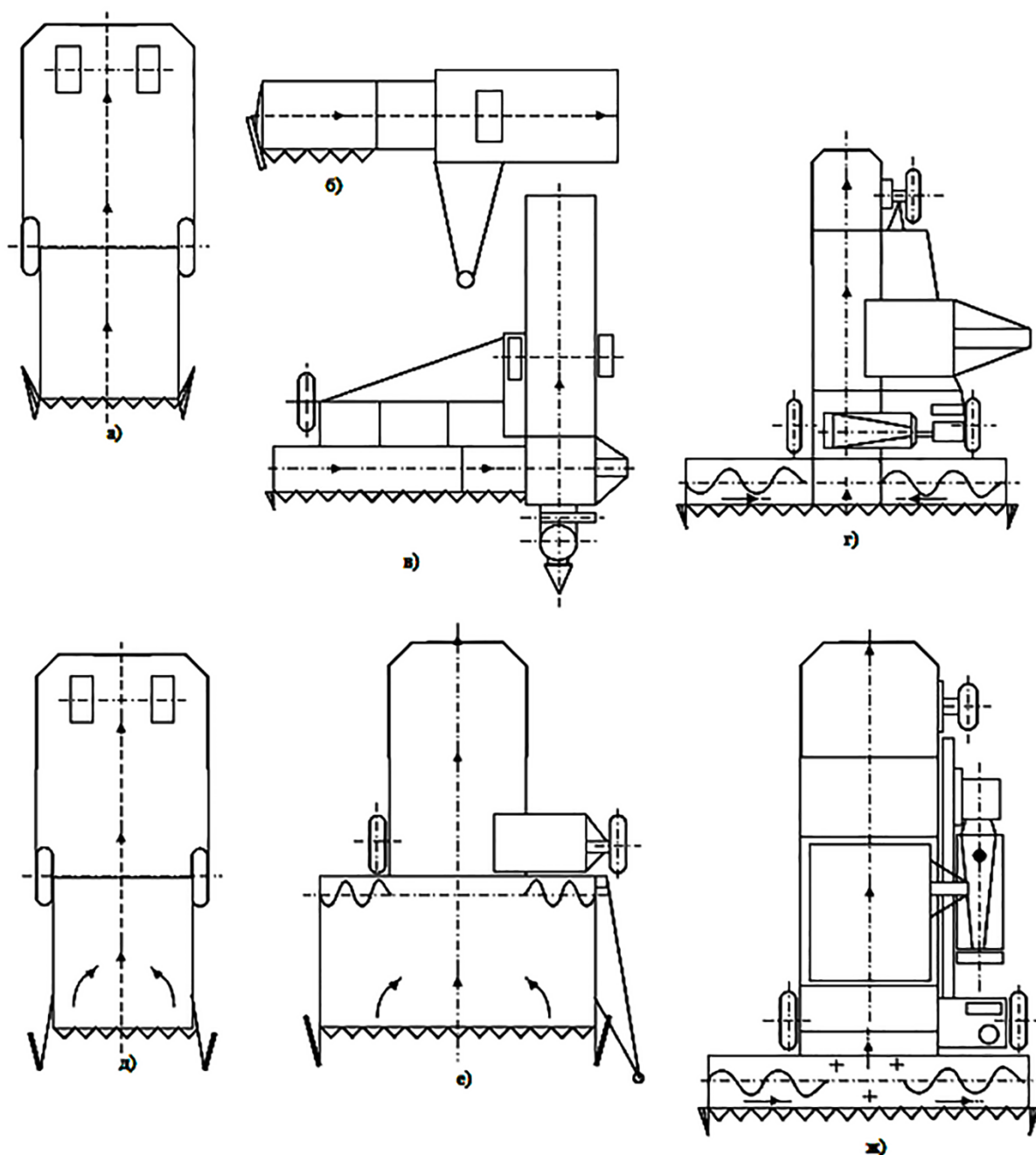


Рисунок 8.1 – Классификация комбайнов

Непрямоточные комбайны делятся на Г-образные (рис. 8.1, в) и Т-образные (рис. 8.1, г). Г-образная схема используется в прицепных комбайнах

(например, в комбайне ПН-100 «Простор» производства Тульского комбайнового завода). При Т-образной схеме срезанные стебли с левой и правой частей жатки перемещаются к ее середине и затем подаются в молотильный аппарат. Сужение потока растительной массы может быть пассивным (рис. 8.1, д) и активным (рис. 8.1, е, ж).

По конструкции ходовой части комбайны делятся на колесные (колесный движитель) и гусеничные (гусеничный движитель). Могут быть комбайны и с полугусеничным движителем, который устанавливается для повышения проходимости вместо ведущих передних колес. Для этой же цели на комбайнах устанавливаются спаренные передние колеса. Некоторые зарубежные фирмы выпускают комбайны с двумя ведущими мостами.

По типу молотильно-сепарирующего устройства комбайны делятся на: однобарабанные; двухбарабанные с классической схемой сепаратора грубого вороха; роторные (в зависимости от конструктивного исполнения они могут быть аксиально-роторные и поперечно-роторные).

На рисунке 8.2 показаны компоновочные схемы комбайнов. Повышение пропускной способности комбайнов является основной тенденцией их развития. Пропускная способность зависит от технологической схемы комбайна; основных параметров молотильно-сепарирующего устройства; соломотряса; очистки и энергонасыщенности, а также от вида, сорта и состояния обмолачиваемой культуры; равномерности подачи растительной массы в молотилку.

Повышение пропускной способности комбайнов происходило в основном за счет увеличения габаритных размеров их рабочих органов. Однако это приводит к увеличению размеров и массы, материалоемкости и энергоемкости комбайнов.

Поэтому, в мировом и отечественном комбайностроении наступил период проектирования и изготовления комбайнов, рабочие органы которых принципиально отличаются от имеющихся. Так, в нашей стране создан комбайн

«Тоpиm» (завод «Ростсельмаш») с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством, пропускная способность которого превышает 10 кг/с. Комбайны с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами производятся и в других странах. Фирма «Allis Chalmers» производит комбайны с поперечным расположением ротора [9].

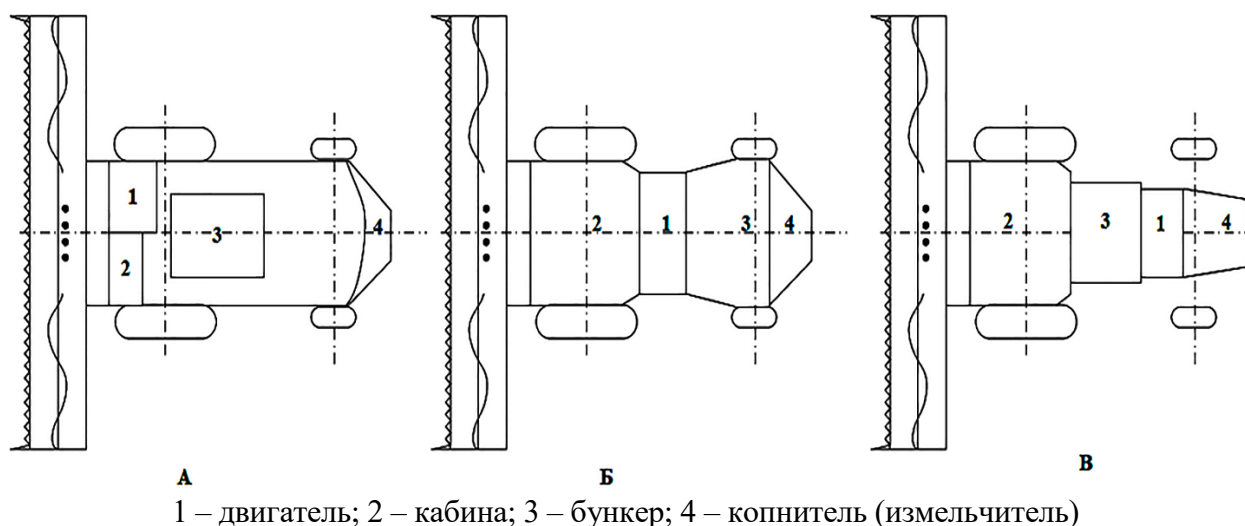


Рисунок 8.2 – Компоновочные схемы комбайнов

Большое внимание уделяется повышению надежности комбайнов и сокращению затрат рабочего времени на различные вспомогательные операции. Более жесткие требования предъявляются к улучшению условий труда механизаторов. Для выполнения требований эргономики широко используются гидравлические и электрогидравлические приводы, контрольные и сигнализирующие приборы.

Комбайны с роторными молотильно-сепарирующими устройствами имеют увеличенную производительность на 50–90 % в сравнении с комбайнами, имеющими молотилку классической схемы. Они имеют почти одинаковую производительность при прямом и раздельном комбайнировании, стационарную область рабочих режимов (продолжительность пребывания растительной массы в молотильном аппарате на порядок выше). Однако энергоемкость процесса обмолота и сепарации у них в 2–3 раза выше, чем у комбайнов

с классической схемой молотильно-сепарирующего устройства. Это происходит за счет увеличенного перебивания соломы, что обуславливает увеличение содержания незерновой части в зерновом ворохе и усложняет работу очистки. Производительность и качественные показатели таких комбайнов значительно снижаются при уборке высоких, влажных и засоренных полей.

Анализ конструкций высокопроизводительных моделей комбайнов показывает, что их совершенствование идет в следующих направлениях:

- 1) повышение пропускной способности молотильно-сепарирующих устройств, выполняемых по классической или роторным схемам;
- 2) увеличение ширины захватов жаток и платформ-подборщиков;
- 3) увеличение энергонасыщенности рабочих органов;
- 4) увеличение вместимости бункеров и производительности выгрузных устройств;
- 5) применение объемной гидропередачи;
- 6) повышение проходимости, маневренности и снижение давления на почву;
- 7) автоматизация процессов управления и контроля рабочих органов и комбайна в целом;
- 8) улучшение условий труда;
- 9) универсализация, то есть использование на уборке различных культур.

В таблице 8.1 представлены показатели распределения зерноуборочных комбайнов и величина их загрузки по районам Амурской области в период 2016–2020 гг. [106].

Совершенствование уборки сои, зерновых
и кукурузы в условиях Амурской области

Таблица 8.1 – Количество зерноуборочных комбайнов в АПК Амурской области, площадь посева зерновых и сои, нагрузка на комбайн (2016–2020 г.)

Район	Посевная 2020 г.		Посевная 2016 г.		Всего комбайнов		Гусеничные (на 01.01.2016 г.)			Гусеничные (на 01.01.2020 г.)			В процентах	
	площадь, га		площадь, га		на 01.01.2016 г.	на 01.01.2020 г.	«Енисей-1200»	«КЭС-812»	«Вектор-450 Трактор»	«Енисей-1200»	«КЭС-812»	«Вектор-450 Трактор»	2016 г.	2020 г.
	зерновые	соя	зерновые	соя										
Архаринский	4 635	29 125	6 391	25 306	98	117	27	7	0	24	3	1	35	24
Бегогорский	21 392	87 064	15 753	91 088	250	232	19	18	0	56	8	3	15	29
Благовещенский	6 198	31 858	6 102	41 797	133	123	26	1	0	7	1	2	20	8
Бурейский	3 527	23 053	3 319	23 970	63	72	21	2	0	25	2	3	37	42
Завитинский	9 780	27 662	8 552	27 197	86	54	15	6	2	17	5	0	27	41
Зейский	589	1 649	822	1 297	11	11	2	0	0	1	0	0	18	9
Лениновский	21 879	84 537	24 269	88 930	203	241	24	23	1	23	20	20	29	26
Константиновский	20 646	77 086	22 185	78 499	226	206	30	16	14	10	17	21	26	23
Мазановский	5 355	21 317	3 184	19 214	97	133	43	8	0	64	6	1	52	53
Михайловский	24 045	110 586	29 181	109 926	253	298	46	26	22	48	9	17	37	25
Октябрьский	17 516	80 693	26 290	83 003	164	119	12	25	3	2	7	5	34	12
Ромненский	4 912	51 702	8 410	51 340	102	162	37	4	3	46	2	14	43	38
Свободненский	7 055	23 050	6 701	22 559	68	81	4	3	0	4	2	6	10	15
Сершевский	11 890	72 388	8 836	77 049	234	285	58	20	8	52	27	20	37	35
Табовский	39 434	114 356	44 123	108 653	313	284	33	89	8	0	78	4	41	29
Шкмановский	1 614	4 100	1 404	3 491	17	20	0	4	0	0	0	0	24	0
Итого	200 467	840 196	215 522	853 319	2 318	2 438	407	252	61	379	187	117	31	29

9 СТРУКТУРА ПАРКА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В 2021 году в структуре парка различных марок зерноуборочных комбайнов насчитывалось более 2 300 шт. [106]. Сравнивая динамику изменения структуры парка комбайнов в 2014 и 2021 годы (рис. 9.1, 9.2), можно отметить увеличение количества комбайнов «Амур-Палессе» на 8,6 %, «Вектор» и «Акрос» – на 18,8 %. В то же время произошло резкое снижение (почти на 30 %) комбайнов «Енисей», что связано с прекращением работы Красноярского комбайнового завода.

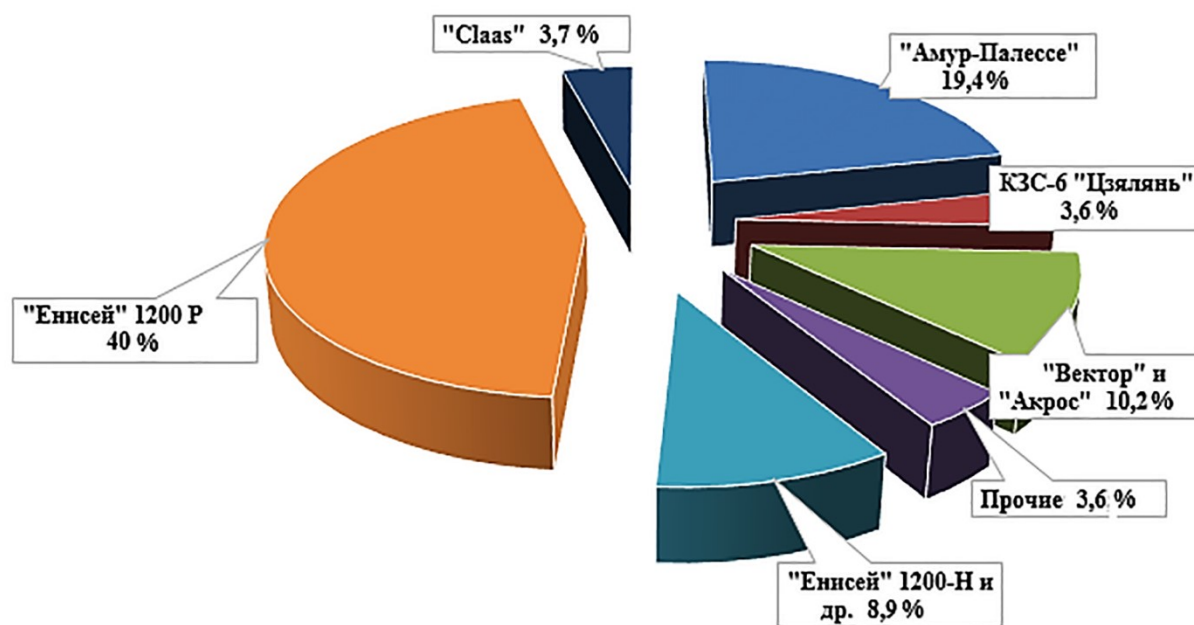
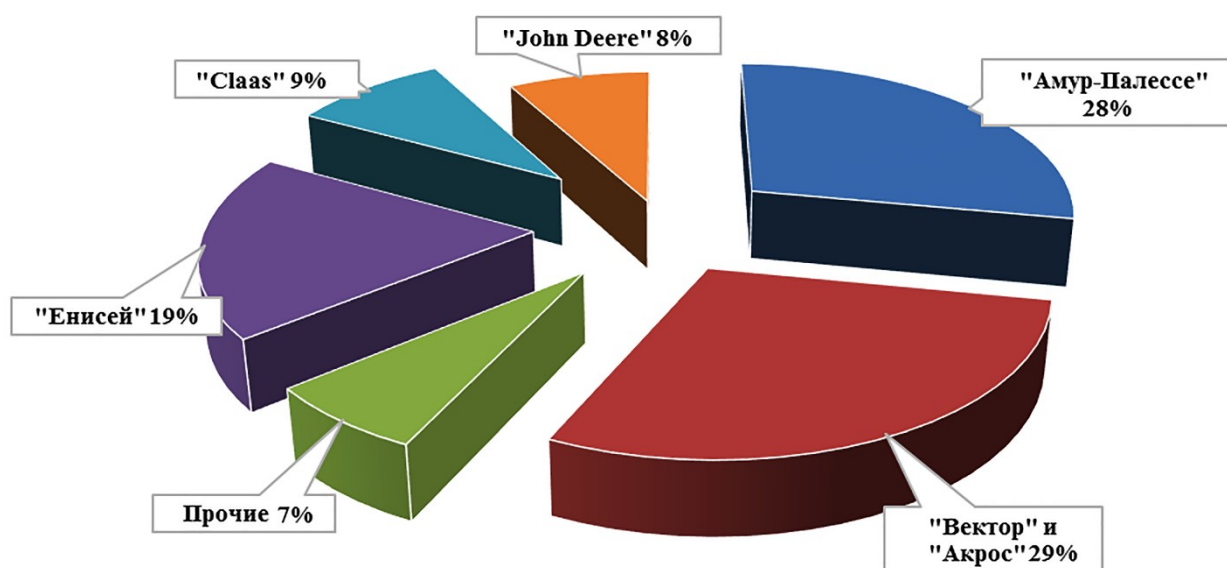


Рисунок 9.1 – Состав парка зерноуборочных комбайнов
АПК Амурской области (2014 г.)

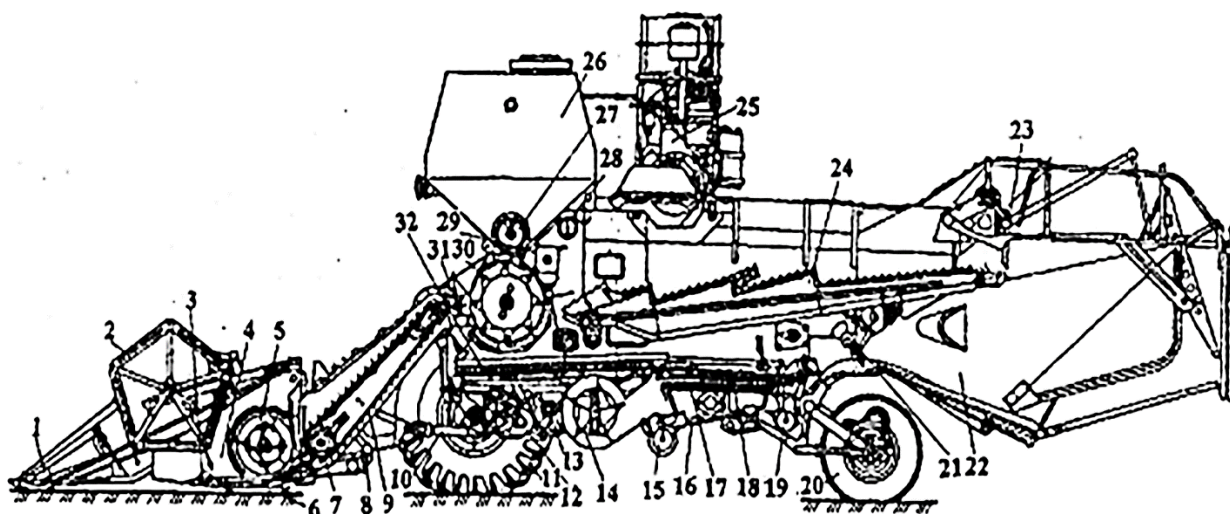
Вместе с тем произошло увеличение на 5,3 % комбайнов «Claas» и снижение на 1,4 % комбайнов «John Deere». Прибавилось количество в группе прочих комбайнов, куда входят в основном зарубежные машины. Таким образом, в структуре парка комбайнов зарубежные составляют в 2021 году более 24 %, что затрудняет их эксплуатацию в условиях санкций к РФ со стороны США и Европейских стран в 2022 году.



**Рисунок 9.2 – Состав парка зерноуборочных комбайнов
АПК Амурской области (2021 г.)**

10 ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, НАСТРОЙКА К РАБОТЕ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ РОССИЙСКОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УБОРКИ

На рисунке 10.1 показана классическая схема зерноуборочного комбайна «Нива» (завод «Ростсельмаш») [68].



1 – делитель; 2 – мотовило; 3 – режущий аппарат; 4 – корпус жатки; 5 – шнек;
6 – копирующий башмак; 7 – цепочно-планчатый транспортер; 8 – центральный шарнир
подвески корпуса жатки; 9 – наклонный корпус жатки; 10 – гидроцилиндр подъема жатки;
11 – ведущее колесо; 12 – коробка передач моста ведущих колес; 13 – вал привода
стрясной доски; 14 – вентилятор; 15 – зерновой шнек; 16 – решетный стан; 17 – нижнее
жалюзийное решето; 18 – верхнее жалюзийное решето; 19 – колосовой шнек;
20 – управляемое колесо; 21 – половонабиватель копнителя; 22 – копнитель;
23 – соломонабиватель; 24 – клавишный соломотряс; 25 – двигатель; 26 – бункер для
зерна; 27 – выгрузной шнек; 28 – верхний колосовой шнек; 29 – отбойный битер;
30 – молотильный аппарат; 31 – приемный битер; 32 – стрясная доска

Рисунок 10.1 – Комбайн «Нива»

Если вместо копнителя установлен измельчитель, то происходит измельчение соломы и распределение ее по поверхности поля.

Технологический уровень комбайна оценивается по качеству работы, пропускной способности молотилки и производительности. Качество работы комбайнов оценивают по уровню потерь зерна за жаткой и молотилкой, чистоте и дроблению зерна, собранного в бункер. Качество работы зависит от

многих факторов: технического уровня реализованных в комбайне конструктивных решений; состояния и правильной регулировки рабочих органов жатки и молотилки; подачи растительной массы, ее состава и состояния; засоренности и полеглости посевов; выровненности поверхности и рельефа поля; выбранного направления и скорости движения; мастерства и технологической дисциплинированности комбайнера.

Технический уровень комбайна оценивают по следующим показателям. Пропускная способность молотилки – это предельное количество растительной массы, которую может обработать комбайн за одну секунду с соблюдением агротехнических требований.

Номинальную пропускную способность определяют при испытании комбайнов на уборке прямостоячей безостой пшеницы, имеющей длину стеблей 0,7–0,9 м, урожайность не менее 4 т/га, влажность зерна и соломы 15–18 %, отношение массы зерна к массе соломы 1:1,5, засоренность в зоне среза не более 5 % и массу 1 000 зерен более 40 г. Производительность комбайнов определяют по намолоту зерна (тонн в час) или площади пашни, убранной за один час.

На рисунках 10.2–10.7 приведены наиболее популярные и широко используемые марки зерноуборочных комбайнов, а в таблицах 10.1–10.6 – их технические характеристики.

Технические характеристики комбайнов «Vector-450 Track». Отличительной особенностью этого комбайна является наличие гусеничного хода на основе резиновых (резиноармированных) гусеничных лент, при ширине гусениц 700 мм, что существенно снижает удельное давление на почву (не более 0,05 Мпа или 0,5 кг/см²) [81].

Срок службы этого комбайна 10 лет или 30 00 мото-часов. Удельный расход топлива 240 г/кВт·ч.



Рисунок 10.2 – Комбайн «Niva»

Таблица 10.1 – Технические характеристики комбайна «Niva» [81]

Характеристики	Значения
Ширина захвата жатки, м	4,1/5,0
Ширина захвата подборщика, м	2,75
Привод режущего аппарата	серийно О опция
Скорость движения ножей, ход/мин.	904
Ширина молотилки, мм	1 200
Диаметр молотильного барабана, мм	600
Частота вращения молотильного барабана, об/мин.	743–1 260
Угол охвата подбарабанья, град.	146
Площадь подбарабанья, м ²	0,93
Регулировка подбарабанья	ручная, с управлением из кабины
Число клавиш соломотряса	4
Площадь соломотряса, м ²	4,34
Площадь решетки очистки, м ²	2,42
Частота вращения вентилятора очистки, об/мин.	432–723
Объем бункера, л	3 000
Скорость выгрузки (не менее), л/с	30
Высота выгрузки, мм	2 600
Трансмиссия	гидростатическая
Производитель двигателя	Минский моторный завод
Тип двигателя	Д-260.1–36 дизельный, с турбонаддувом, рядный
Номинальная мощность, кВт (л. с.)	114 (155)
Емкость топливного бака, л	300
Длина/ширина/высота (без жатки в транспортном	7 607/3 930/4 100
Масса (с измельчителем, без жатки), кг	7 022±211



Рисунок 10.3 – Комбайн «Nova-340»

Таблица 10.2 – Технические характеристики комбайнов «Nova» [81]

Характеристики	Значения
Жатка Power Stream	серийно О опция
Ширина захвата жатки	4,0/5,0/6,0
Режущий аппарат	серийно О опция
Скорость движения ножей, ход/мин	1 140
Тип наклонной камеры	цепочно-планчатый транспортер
Система копирования рельефа	серийно О опция
Тип молотильного аппарата	барабан с приемным ускоряющим битером
Угол охвата подбарабанья/деки ротора, град.	154
Общая площадь подбарабанья (молотильной и сепарирующей части ротора), м ²	0,93
Частота вращения барабана/ротора (с понижающим редуктором), об/мин.	400 – 1 190 (290 – опция)
Частота вращения с понижающим редуктором, об./мин	290
Длина сепарации соломотряса, мм	3600
Тип системы очистки	2-решетная
Площадь решет общая, м ²	3,59
Принцип домолота	возврат на барабан
Вместимость бункера, л.	4 500
Скорость выгрузки, л/сек.	50
Высота выгрузки, м	4
Длина выгрузного шнека, м	4,7
Частота вращения измельчающего барабана, об/мин.	3 000
Трансмиссия	гидростатическая
Производитель двигателя/марка двигателя	YaMZ / 534 (Stage III a)
Мощность, кВт/л. с.	132 / 180
Емкость топливного бака	300
Длина/ширина/высота, мм	8 060/2 985/3 960
Масса (с измельчителем, без жатки, без топлива), кг	9400



Рисунок 10.4 – Комбайн «Vector-410»

Таблица 10.3 – Технические характеристики комбайнов «Vector» [81]

Характеристики	Значения	
	«Vector-410»	«Vector-420»
Жатка Power Stream	универсальная зерновая жатка с удлиненным столом, гидравлическим приводом мотовила, жатвенных частей с управлением из кабины	
Ширина захвата жатки, м	5/6/7/9	5/6/7/9
Ширина захвата подборщика, м	3,4	3,4
Привод режущего аппарата – планетарный редуктор Schumacher	серийно О опция	серийно О опция
Скорость движения ножей, ход/мин.	1 140	1 140
Система Level Glide	гидромеханическая система копирования рельефа поля	
Ширина молотилки, мм	1 200	1 200
Диаметр молотильного барабана, мм	800	800
Частота вращения молотильного барабана, об/мин.	420–945	420–945
Регулировка подбарабанья	электропривод с управлением из кабины	электропривод с управлением из кабины
Устройство Jam Control	система, устраняющая забивание молотилки хлебной массой посредством глубокого сброса деки	
Автономное домолачивающее устройство роторного типа	серийно О опция	серийно О опция
Объем бункера, л	6 000	6 000
Скорость выгрузки (не менее), л/с	42	42
Трансмиссия	гидростатическая	гидростатическая
Производитель двигателя/марка двигателя	Автодизель/ЯМЗ 236-НД	CUMMINS/QSB 6.7
Номинальная мощность, кВт (л. с.)	154 (210)	161 (220)
Система контроля расхода топлива	серийно О опция	–
Длина/ширина/высота, мм	7 938/3 559/4 010	7 938/3 559/4 010
Масса, кг	11 075+332	10 570+300



Рисунок 4.5 – Комбайн «Vector-450 Track»

Таблица 10.4 – Технические характеристики комбайнов «Vector-450 Track» [81]

Характеристики	Значения
Жатка Power Stream	универсальная зерновая жатка с удлиненным столом, гидравлическим приводом мотовила, жатвенных частей с управлением из кабины
Ширина захвата жатки, м	5/6/7/9
Ширина захвата подборщика, м	3,4
Привод режущего аппарата – планетарный редуктор Schumacher	серийно O опция
Скорость движения ножей, ход/мин.	1 140
Система Level Glide	гидромеханическая система копирования рельефа
Ширина молотилки, мм	1 200
Диаметр молотильного барабана, мм	800
Частота вращения молотильного барабана, об/мин.	420–945
Регулировка подбарабанья	электропривод с управлением из кабины
Устройство Jam Control	система, устраняющая забивание молотилки хлебной массой посредством глубокого сброса деки
Автономное домолачивающее устройство роторного типа	серийно O опция
Объем бункера, л	5 000
Скорость выгрузки (не менее), л/с	42
Трансмиссия	гидростатическая
Производитель/марка двигателя	CUMMINS/QSB 6.7
Номинальная мощность, кВт (л. с.)	161 (220)
Система контроля расхода топлива	–
Длина/ширина/высота, мм	10 176/3 700/3 932
Масса (в стандартном исполнении), кг	16 810±300



Рисунок 4.6 – Комбайн «Acros-560»

Таблица 10.5 – Технические характеристики комбайнов «Acros» [81]

Характеристики	Размер		
	Acros-530	Acros-560	Acros-580
Жатка Power Stream	универсальная зерновая жатка с удлиненным столом, гидравлическим приводом мотовила, жатвенных частей с управлением из кабины		
Ширина захвата жатки, м	5/6/7/9	5/6/7/9	5/6/7/9
Ширина захвата подборщика, м	3,4	3,4	3,4
Привод режущего аппарата – планетарный редуктор Schumacher	серийно О опция	серийно О опция	серийно О опция
Скорость движения ножей, ход/мин.	1 140	1 140	1 140
Система Level Glide	гидромеханическая система копирования рельефа		
Ширина молотилки, мм	1 500	1 500	1 500
Диаметр молотильного барабана, мм	800	800	800
Частота вращения молотильного барабана, мин ⁻¹ (без понижающего редуктора)	400–1 045	400–1 045	400–1 045
Регулировка подбарабана	электропривод с управлением из кабины		
Устройство Jam Control	система, устраняющая забивание молотилки хлебной массой посредством глубокого сброса деки		
Автономное домолачивающее устройство роторного типа	серийно О опция	серийно О опция	серийно О опция
Объем бункера, л	9 000	9 000	9 000
Скорость выгрузки (не менее), л/сек	90	90	90
Трансмиссия	гидростатическая	гидростатическая	гидростатическая
Производитель двигателя/марка двигателя	Автодизель/ ЯМЗ 236-БК	CUMMINS/ QSC8.3	CUMMINS/ 6LTAA8.9
Номинальная мощность, кВт (л. с.)	188 (255)	206 (280)	221 (300)
Система контроля расхода топлива	серийно О опция	–	–
Длина/ширина/высота, мм	8 600/3 880/3 940	8 600/3 880/3 940	8 600/3 880/3 940
Масса (в стандартном исполнении), кг	13 400±400	13 400±400	13 400+400

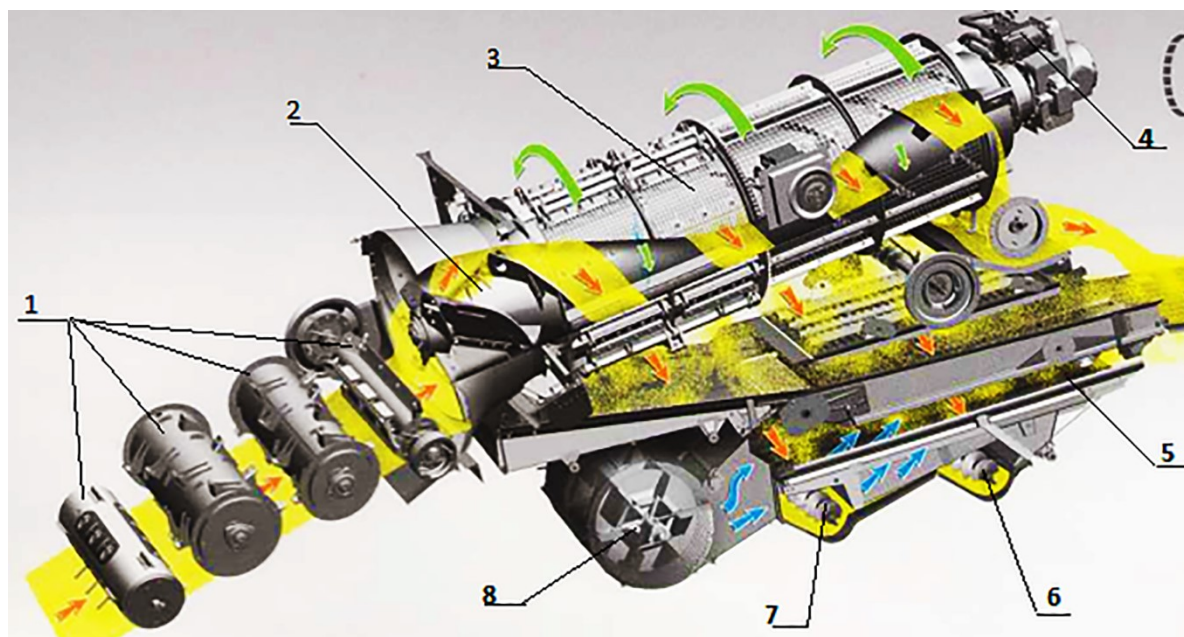


Рисунок 10.7 – Комбайн «Торум-740»

Таблица 10.6 – Технические характеристики комбайнов «Торум» [81]

Характеристики	Значения	
	«Торум-740»	«Торум-780»
Жатка Power Stream	универсальная зерновая жатка с удлиненным столом, гидравлическим приводом мотовила, жатвенных частей с управлением из кабины	
Ширина захвата жатки, м	6/7/9	6/7/9
Ширина захвата подборщика, м	3,4	3,4
Привод режущего аппарата – планетарный редуктор Schumacher	серийно О опция	серийно О опция
Скорость движения ножей, ход/мин.	1 140	1 140
Система Level Glide	гидромеханическая система копирования рельефа поля	
Система Auto Contour	электрогидравлическая система копирования рельефа поля	
Ширина молотилки, мм	1 500	1 500
Система Auto Contour	электрогидравлическая система копирования рельефа поля	
Система Advanced Rotor System	битерная наклонная камера, аксиальный ротор с вращающейся декой, бесступенчатый привод ротора	
Автономное домолачивающее устройство роторного типа	серийно О опция	серийно О опция
Объем бункера, л	10 500–12 000	12 000
Скорость выгрузки, л/с	105	105
Трансмиссия	гидростатическая	гидростатическая
Производитель двигателя/марка двигателя	Автодизель/ЯМЗ-7511	Mercedes/0M460LA
Номинальная мощность, кВт (л. с.)	294 (400)	375 (510)
Длина/ширина/высота, мм	8 931/3 677/3 950	8 931/3 377/3 950
Масса, кг	16 350+490	13 350+490

В комбайне «Тогум» установлена инновационная система обмолота ARS (Advanced Rotor System), которая значительно снижает механическое повреждение зерна, хорошо обмолачивает растительную массу с повышенной влажностью и засоренностью, обеспечивая пропускную способность до 12 кг/с (рис. 10.8).



1 – битеры наклонной камеры; 2 – ротор; 3 – дека (подбарабанье); 4 – редуктор; 5 – жалюзийные решетки очистки; 6 – колосовой шнек; 7 – зерновой шнек; 8 – вентилятор

Рисунок 10.8 – Роторное молотильно-сепарирующее устройство комбайнов «Тогум»

Система молотильно-сепарирующего устройства состоит из трех элементов – наклонная камера с четырьмя битерами, аксиальный ротор и вращающаяся дека, что позволяет вести обмолот по всей длине деки (на 360 градусов). Бесступенчатый привод ротора в пределах 350–1 050 об./мин и вращающаяся дека с частотой 8 об./мин создают большую площадь обмолота и сепарации (5,4 м²), что в три раза превышает площадь подбарабанья комбайна «Асрос».

Наличие системы синхронизации скорости вращения мотовила и движения комбайна снижает потери семян, особенно на уборке сои.

Электронная система контроля работы комбайна обеспечивает голосовое сопровождение оптимальных регулировок.

На рисунке 10.9 представлена схема работы роторного молотильно-сепарирующего устройства комбайна «Тогум» [81].

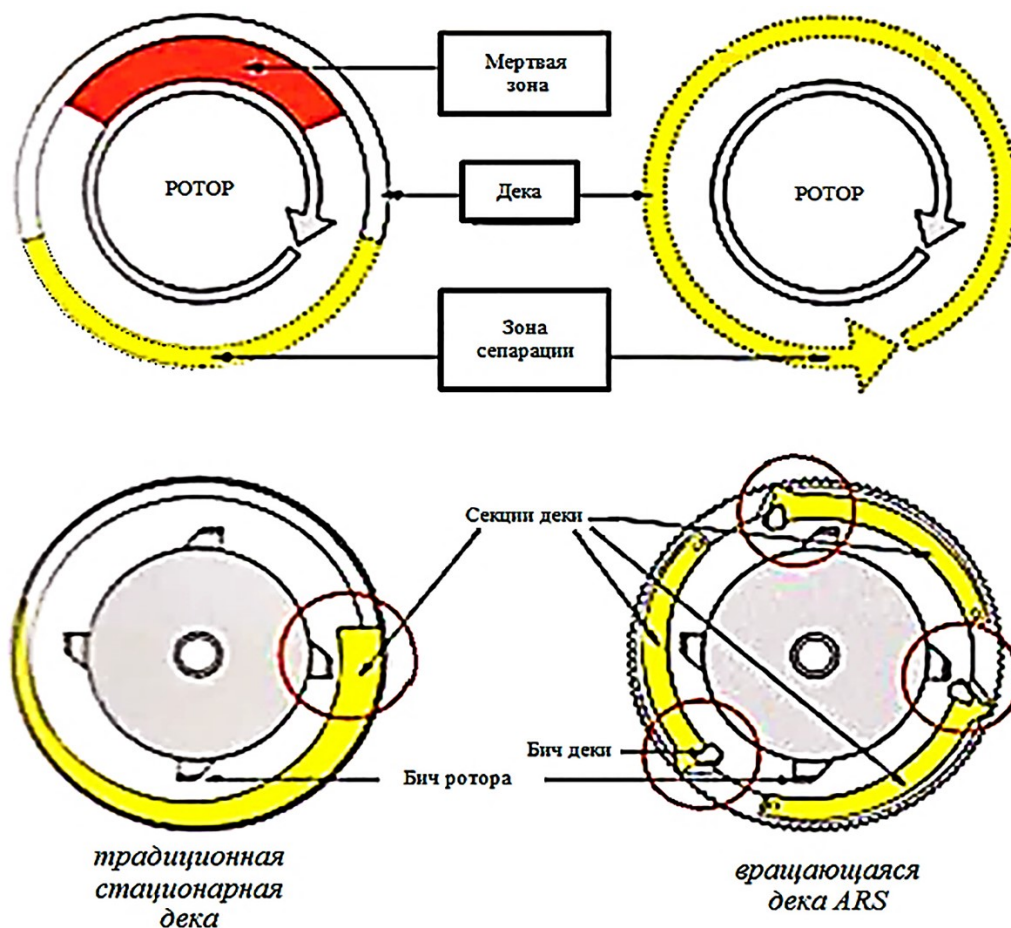


Рисунок 10.9 – Схема работы роторного молотильно-сепарирующего устройства комбайна «Тогум»

В таблице 10.7 представлены рекомендуемые режимы работы молотильно-сепарирующих устройств комбайнов «Vector» и «Acros» [81].

Таблица 10.7 – Рекомендуемые режимы работы молотилки комбайнов «Vector» и «Acros»

Культура	Частота вращения молотильного барабана, об./мин	Зазоры между барабаном и подбарабаньем, мм	Частота вращения вентилятора, об./мин	Зазор между гребенками верхнего решета, мм	Зазор между гребенками нижнего решета, мм	Зазор между жалюзи первой секции удлиителя, мм	Зазор между жалюзи второй секции удлиителя, мм
Пшеница	700–800	3–6	630–750	12–14	6–8	12–18	10
Ячмень	650–750	3–6	550–700	12–14	10	12–18	10

Продолжение таблицы 10.7

Культура	Частота вращения молотильного барабана, об./мин	Зазоры между барабаном и подбарабаньем, мм	Частота вращения вентилятора, об./мин	Зазор между гребенками верхнего решета, мм	Зазор между гребенками нижнего решета, мм	Зазор между жалюзи первой секции удлинителя, мм	Зазор между жалюзи второй секции удлинителя, мм
Овес	600–700	4–9	500–600	12–14	8–12	12–18	10
Кукуруза	320–350	12–15	665	12	10	12	12
Горох, соя	350–550	12–20	650–800	14–17	10–12	12–18	10
Рапс	650–660	8–16	600	12–18	10–12	10–12	10

Общее устройство и работа соевой жатки ЖСУ-703

Жатка используется в работе с самоходными зерноуборочными комбайнами «Vector», «Vector Track», «Acros», «Torum» производства завода «Ростсельмаш».

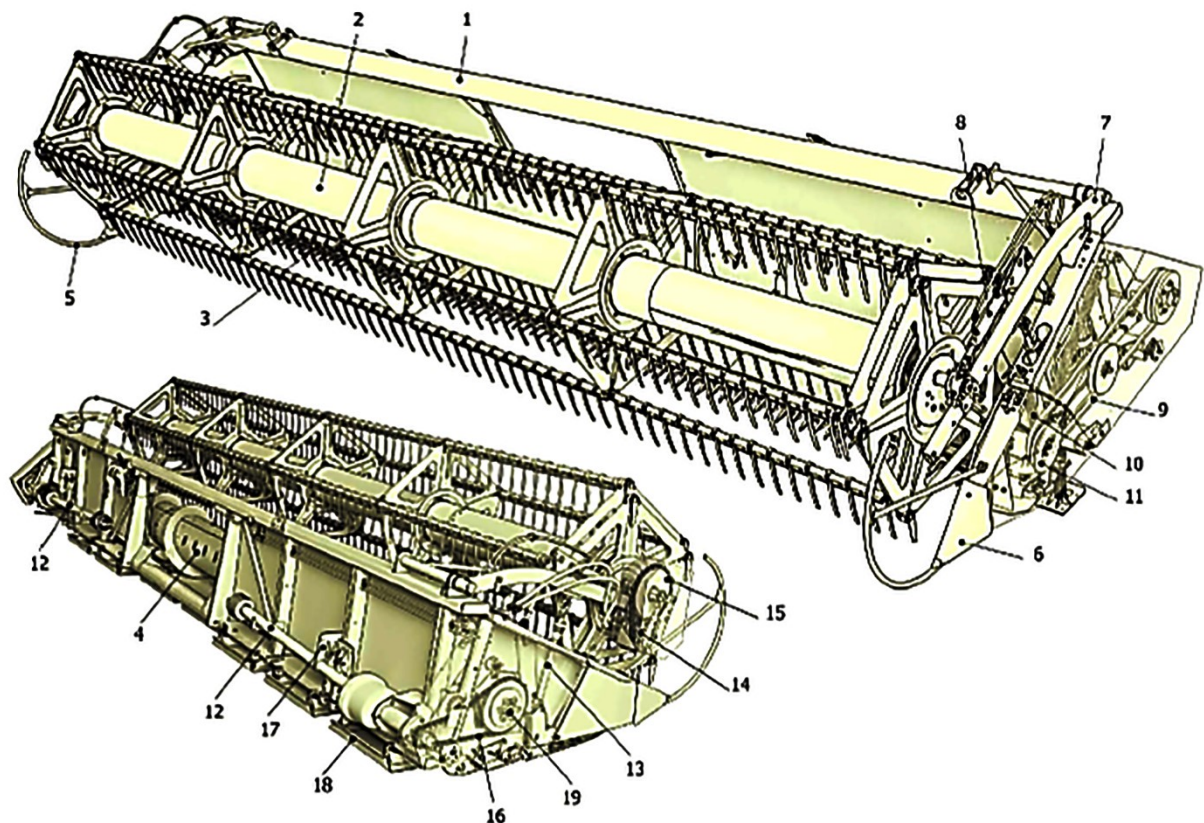
На рисунке 10.10 представлен общий вид жатки ЖСУ-703. Важной особенностью устройства жатки является наличие гибкого днища, имеющего пружинные щитки, а также гибкий ножевой брус [81].

Это обеспечивает работу жатки в двух режимах:

- 1) с жестким ножом;
- 2) с копирующим ножом.

В режиме жесткого ножа режущий брус неподвижно закреплен на каркасе жатки. В этом случае копирование поверхности почвы (продольное и поперечное) происходит только корпусом жатки или при помощи пружин наклонной камеры, или электрогидравлической системой копирования рельефа почвы.

В связи с тем, что режущий аппарат имеет небольшой угол наклона к поверхности почвы (около 8 градусов) происходит достаточно низкий срез растений. При установке режущего аппарата в режим копирующего ножа происходит более низкий срез сои, то есть на уровне поверхности почвы [61].



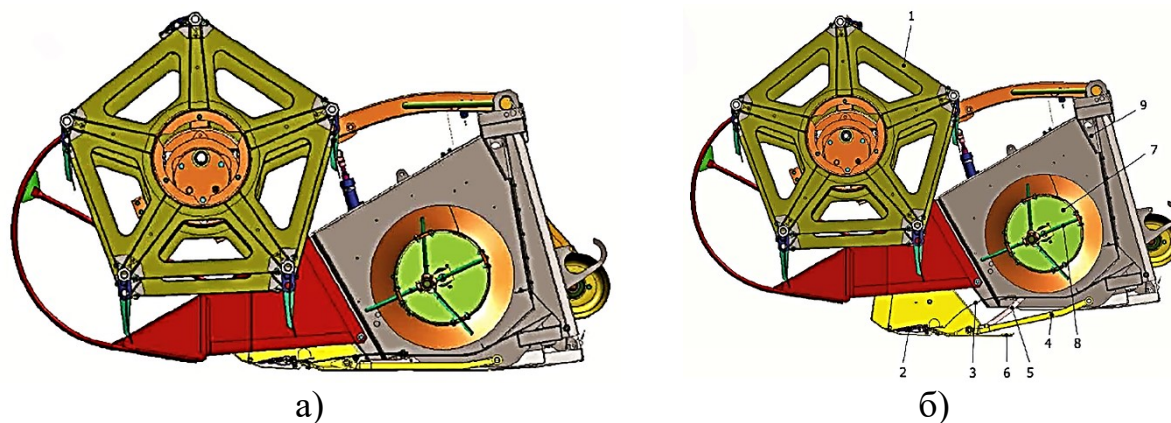
- 1 – каркас; 2 – мотовило; 3 – аппарат режущий; 4 – шнек; 5 – делитель правый;
6 – делитель левый; 7 – поддержка мотовила; 8 – гидроцилиндр передвижения мотовила;
9 – ременная передача привода режущего аппарата; 10 – пружина вывешивания;
11 – редуктор привода режущего аппарата; 12 – вал карданный; 13 – гидроцилиндр
подъема мотовила; 14 – гидромотор привода мотовила; 15 – цепная передача
привода мотовила; 16 – цепная передача привода шнека; 17 – опора;
18 – башмак; 19 – муфта предохранительная

Рисунок 10.10 – Общий вид жатки

Технологический процесс жатки протекает следующим образом: мотовило подводит порцию стеблей к режущему аппарату; срезанные стебли транспортируются шнеком к центру жатки; захватываются выдвигающимися пальцами и перемещаются в наклонную камеру комбайна. На брус режущего аппарата установлены камнеотбойники, которые предназначены для предотвращения попадания камней в молотилку комбайна. В основной комплектации жатки при отгрузке с завода установлены камнеотбойники средней высоты.

Для уборки низкостебельных культур на полях с отсутствием камней может быть установлен специальный сменный комплект, приобретаемый по отдельному заказу.

На рисунке 10.11 показаны варианты жатки с жестким креплением ножа (а) и копирующим (б) [81].



а)

б)

а) с жестким ножом; б) с копирующим ножом

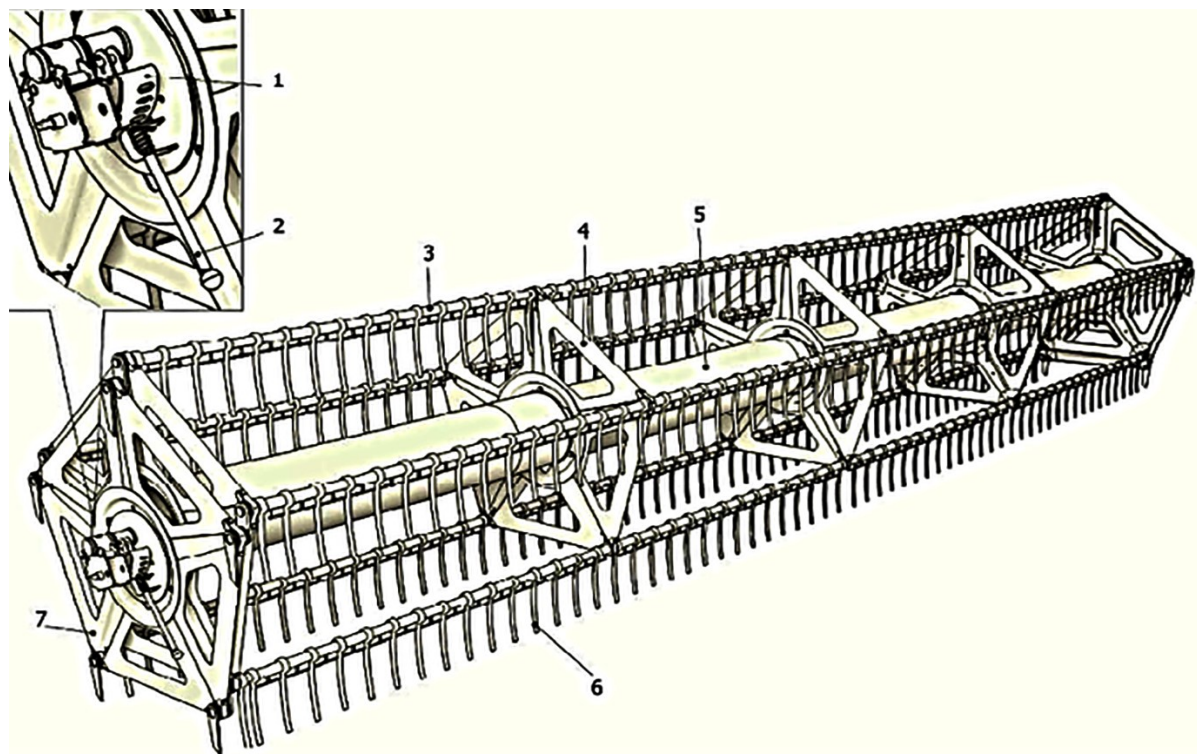
1 – мотовило; 2 – режущий аппарат; 3 – пружинный щиток днища; 4, 5 – рычаги;
6 – башмаки режущего аппарата; 7 – шнек; 8 – пальцы шнека; 9 – корпус жатки

Рисунок 10.11 – Схема работы жатки с различным креплением ножа

Устройство и работа составных частей жатки. Мотовило. Мотовило обеспечивает подвод растений к режущему аппарату, удержание их в момент среза и подачу к шнеку. Мотовило установлено на подпорках в подшипниках скольжения. Привод мотовила осуществляется через цепную передачу гидромотором. В процессе работы мотовила граблины могут занимать различное положение от плюс 15° (наклон вперед) до минус 30° (наклон назад). Наклон граблин обеспечивается автоматически, благодаря особой конфигурации сектора 1 (рис. 10.12), с которым взаимодействуют два (левый и правый) эксцентрика 7. Эксцентрики обеспечивают заданный наклон граблин 3 при вращении мотовила. Наклон граблин 3 меняется автоматически при перемещении мотовила в горизонтальном направлении (при выносе мотовила) и обеспечивает подвод растений к режущему аппарату, удержание их в момент среза и подачу к шнеку [81].

Шнек. Шнек состоит из трубы 1 (рис. 10.13), на которую наварены правая и левая винтовые ленты 2 для подачи массы к центральному окну жатки. В

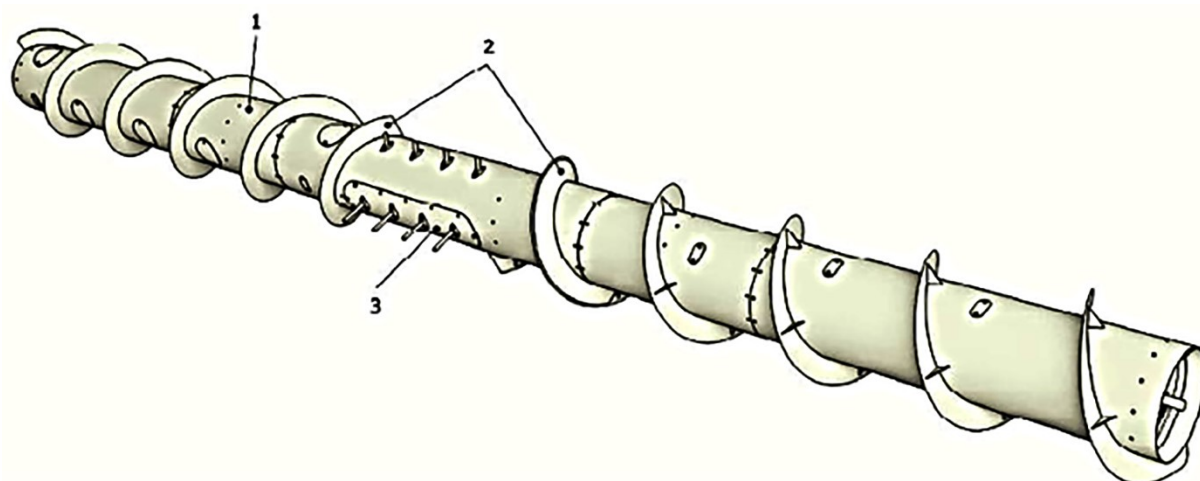
средней части шнека расположен пальчиковый аппарат 3 для отбора растительной массы в центральной части жатки и передачи ее в наклонную камеру комбайна [81].



1 – сектор; 2 – рукоятка; 3 – граблина; 4 – крестовина;
5 – труба мотовила; 6 – палец; 7 – эксцентрик

Рисунок 10.12 – Мотовило

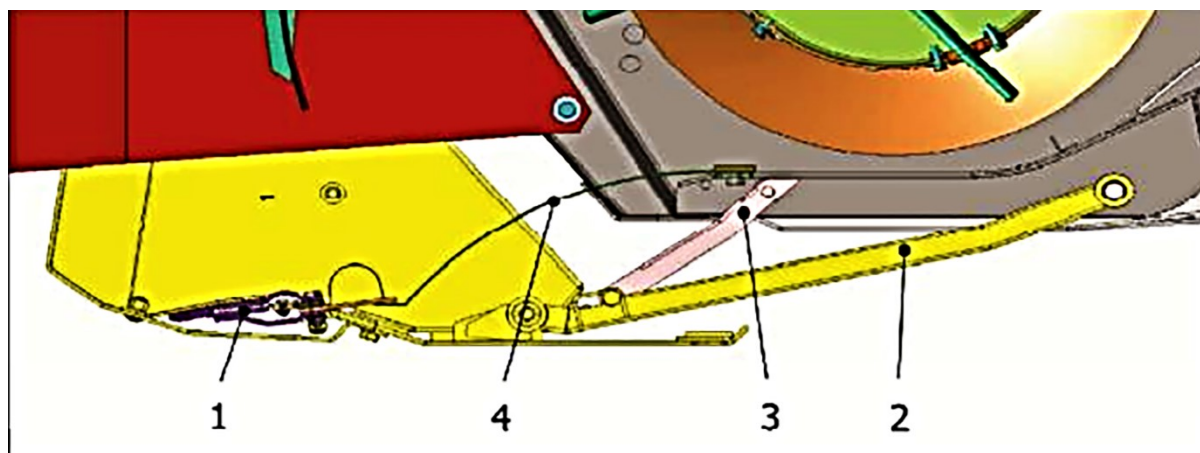
Привод шнека осуществляется цепной передачей от приводного карданного вала через предохранительную муфту. Муфта при нормальных условиях должна быть отрегулирована на момент срабатывания 600 ± 60 Н·м. Частоту вращения шнека можно изменить в зависимости от агротехнических условий уборки путем установки сменной ведущей звездочки. С завода жатка отгружается со звездочкой, имеющей 18 зубьев, что соответствует частоте вращения шнека 180 об./мин. Частота вращения шнека может быть, как уменьшена до 160 об./мин установкой сменной ведущей звездочки с 16 зубьями, так и увеличена до 200 об./мин установкой сменной ведущей звездочки с 20 зубьями. Исследованиями ученых Дальневосточного ГАУ установлено, что на уборке сои частота вращения шнека должна быть снижена до 120 об./мин [24, 25, 26].



1 – труба; 2 – правая и левая винтовая лента; 3 – аппарат пальчиковый

Рисунок 10.13 – Шнек

Режущий аппарат. Режущий аппарат (рис. 10.14) сегментно-пальцевого типа представляет собой гибкий брус, к которому при помощи болтов крепятся штампованные пальцы, нож, пластины трения и камнеотбойники.

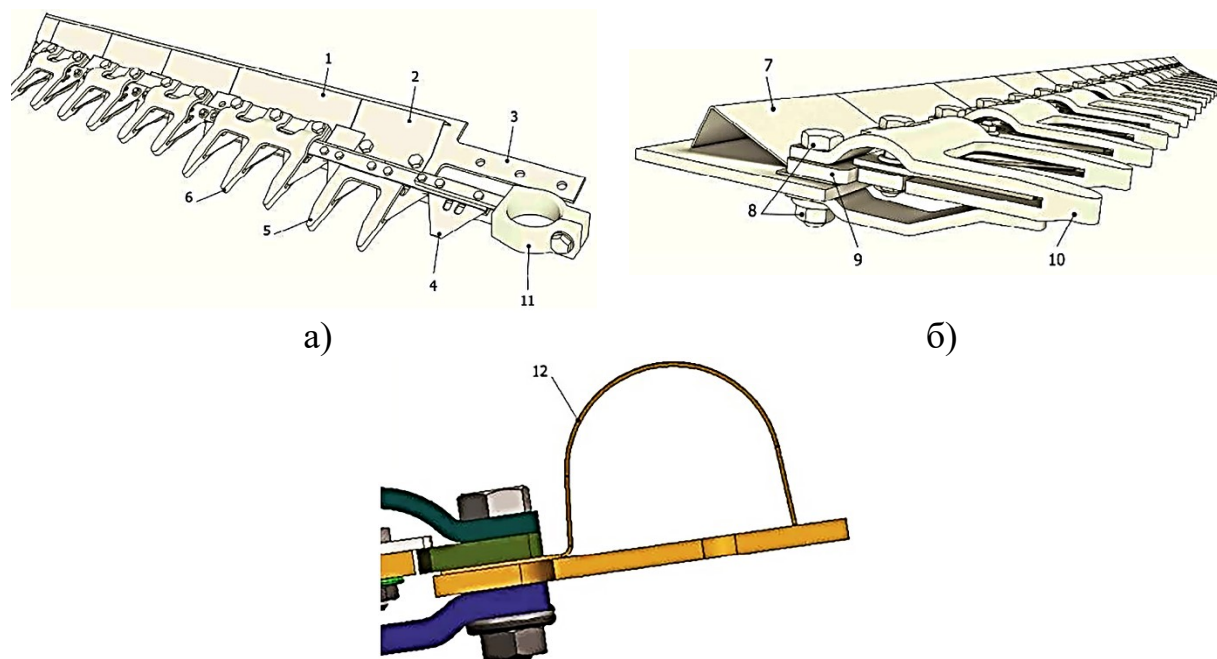


1 – режущий аппарат; 2, 3 – рычаги; 4 – пружинные щитки днища

Рисунок 10.14 – Установка режущего аппарата

Режущий аппарат установлен на корпусе жатки с помощью шарнирных подпружиненных рычагов. В качестве пружины служат гибкие щитки днища, изготовленные из пружинной стали. Кроме того, на левой боковине жатки установлены две пружины для уравновешивания редуктора привода ножа.

На рисунке 10.15 обозначены основные элементы устройства режущего аппарата [81].



а) брус в сборе; б) стандартные заводские камнеотбойники; в) высокие камнеотбойники
1, 2 – камнеотбойники; 3 – брус; 4 – сегмент режущий; 5 – палец крайний; 6 – палец
прижимной; 7 – камнеотбойник; 8 – болт; 9 – пластина трения; 10 – палец крайний;
11 – головка ножа; 12 – камнеотбойник высокий

Рисунок 10.15 – Режущий аппарат

Брус режущего аппарата может занимать два положения:

- 1) в режиме работы с **жестким ножом** – брус жестко зафиксирован на каркасе жатки;
- 2) в режиме с **копирующим ножом** – брус свободно перемещается относительно каркаса жатки.

В режиме с жестким ножом режущий брус жестко зафиксирован на каркасе жатки. Копирование (продольное и поперечное) осуществляется только корпусом жатки при помощи пружин наклонной камеры комбайна.

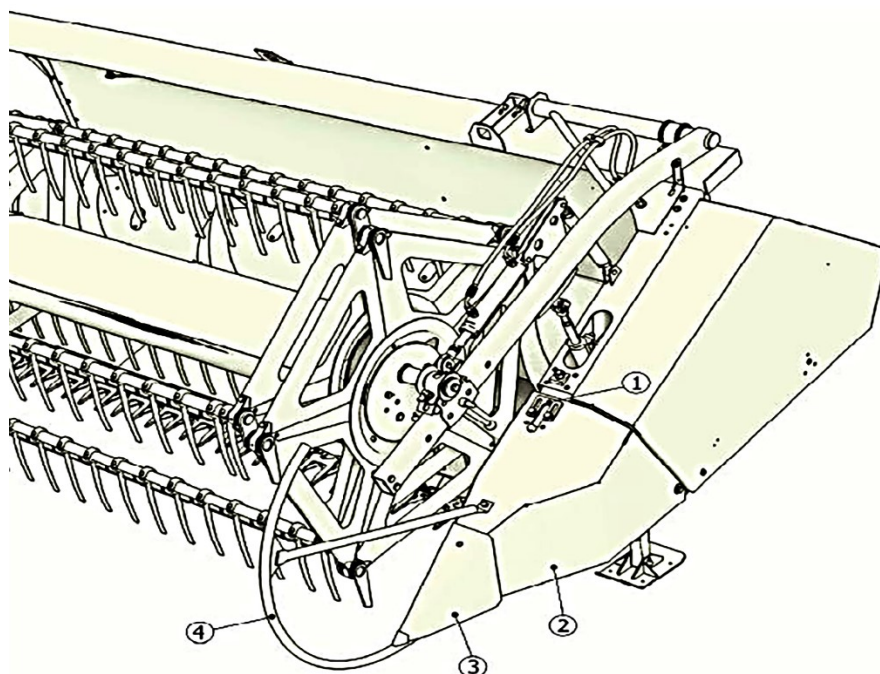
Благодаря очень небольшому углу направления режущего аппарата относительно почвы (около 8 градусов), а также сплошному закрытому днищу, жатка в режиме с жестким ножом осуществляет достаточно низкий срез и не сгруживает почву в зоне режущего аппарата.

В режиме с копирующим ножом гибкий брус режущего аппарата может вертикально перемещаться относительно каркаса жатки в диапазоне от 0 до

100 мм, копируя небольшие неровности поля. Копирование обеспечивается башмаками, закрепленными непосредственно под брусом режущего аппарата. Независимая подвеска рычагов, гибкость днища и режущего бруса позволяют также огибать неровности в поперечном направлении и стабильно обеспечивать минимальную высоту среза.

Привод режущего аппарата осуществляется через клиноременную передачу редуктором «Pro-Drive» [81].

Делители. На жатке установлено два неподвижных делителя (левый и правый). Каждый делитель состоит из корпуса делителя 2, носка делителя 3 и трубы делителя 4 (рис. 10.16). Корпус делителя установлен шарнирно и имеет возможность качания «вверх – вниз» относительно корпуса жатки. Величина качания регулируется перемещением пластины 1 с пазами. Съемная труба делителя 4 используется для уборки полеглых культур. Короткий заостренный носок делителя применяется для уборки прямостоящих культур.



1 – пластина регулировочная; 2 – корпус делителя; 3 – носок делителя; 4 – труба делителя

Рисунок 10.16 – Делитель

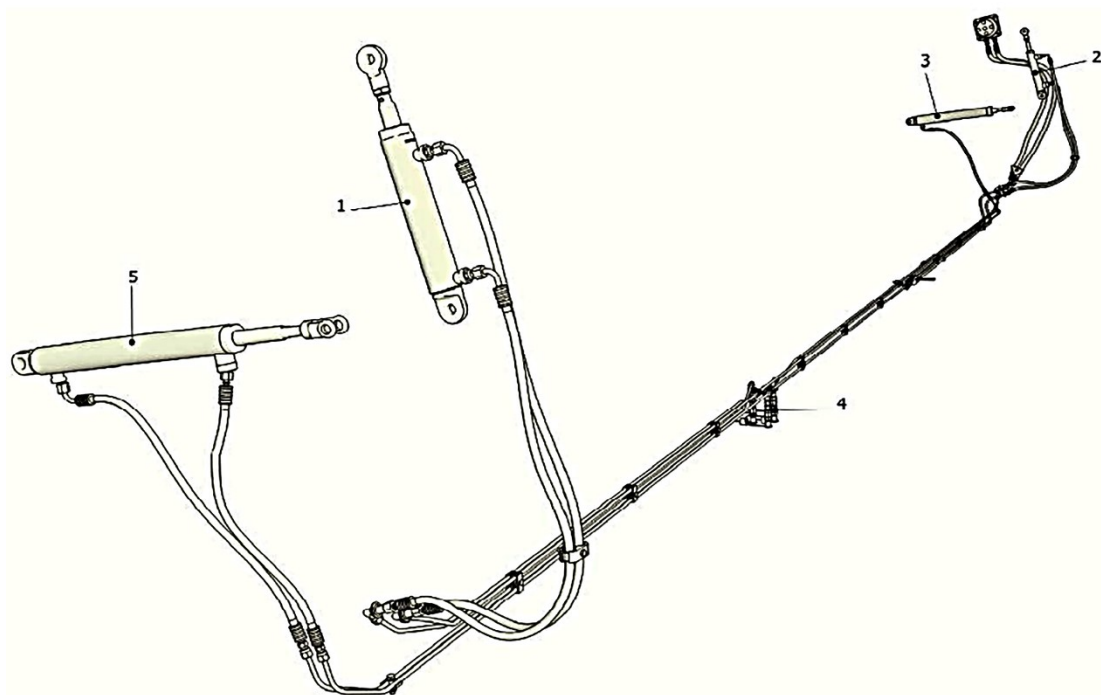
Гидросистема жатки. Гидросистема жатки состоит из следующих элементов [81]:

- 1) гидросистемы управления мотовилом;
- 2) гидросистемы привода мотовила.

Подключение гидросистемы жатки к гидросистеме комбайна осуществляется через быстроразъемные соединения. Для удобства и правильности подключения каждая полумуфта имеет соответствующую цветовую маркировку на защитных колпачках. Подача жидкости в гидросистему осуществляется насосом гидросистемы комбайна.

Гидросистема управления мотовилом. В состав гидросистемы управлением мотовилом входят:

- 1) гидроцилиндры подъема и опускания мотовила 3 и 5 (рис. 10.17);
- 2) гидроцилиндры выноса мотовила 1 и 2;
- 3) система гибких и жестких трубопроводов;
- 4) быстроразъемные соединения.



1, 2 – гидроцилиндр выноса мотовила; 3, 5 – гидроцилиндр «подъема – опускания» мотовила; 4 – место присоединения к гидросистеме комбайна

Рисунок 10.17 – Гидросистема управления мотовилом

Технические данные гидросистемы управления мотовилом указаны в таблице 10.9 [81].

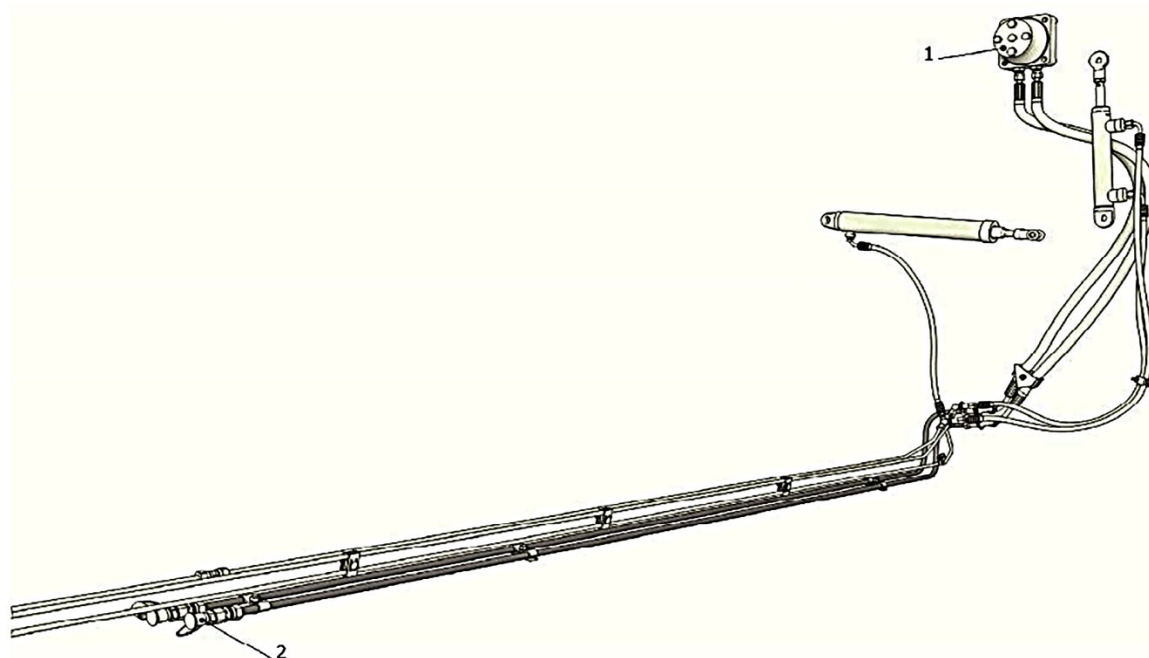
Таблица 10.9 – Технические данные гидросистемы управления мотовилом

Наименование показателя	Значение
Максимальное давление в гидросистеме управления мотовилом, МПа	16
Класс чистоты рабочей жидкости по ГОСТ 17216–2001	не грубее 12

Гидросистема привода мотовила. В состав гидросистемы привода мотовила входят:

- 1) гидромотор привода мотовила (рис. 10.18);
- 2) система гибких и жестких трубопроводов;
- 3) быстросъемные соединения.

Технические данные гидросистемы привода мотовила представлены в таблице 10.10 [81].



1 – гидромотор привода мотовила; 2 – места присоединения к гидросистеме комбайна

Рисунок 10.18 – Гидросистема привода мотовила

Гидросистема жатки с единым гидроразъемом. Гидросистема жатки с единым гидроразъемом состоит из:

- 1) гидросистемы управлением мотовилом;

2) гидросистемы привода мотвила.

Таблица 10.10 – Технические данные гидросистемы привода мотвила

Наименование показателя	Значение
Максимальное давление в гидросистеме привода мотвила, МПа	16
Рабочий объем гидромотора, см ³	80
Класс чистоты рабочей жидкости по ГОСТ 17216–2001	не более 12

Подключение гидросистемы жатки с единым гидроразъемом к гидросистеме комбайна осуществляется посредством единого гидравлического разьема, благодаря чему обеспечивается надежное соединение и функционирование гидросистемы.

Гидросистема управления мотвила. В состав гидросистемы управления мотвилком входят:

- 1) гидроцилиндры подъема и опускания мотвила;
- 2) гидроцилиндры горизонтального выноса мотвила;
- 3) система гибких и жестких трубопроводов;
- 4) единый гидроразъем.

Управление мотвилком подразумевает его горизонтальное и вертикальное перемещение. Горизонтальное перемещение мотвила осуществляется за счет подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры горизонтального выноса мотвила. Вертикальное перемещение мотвила осуществляется за счет подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры подъема и опускания мотвила.

Техническая характеристика жатки ЖСУ-703. Основные технические данные жатки представлены в таблице 10.11 [81].

Таблица 10.11 – Технические характеристики жатки

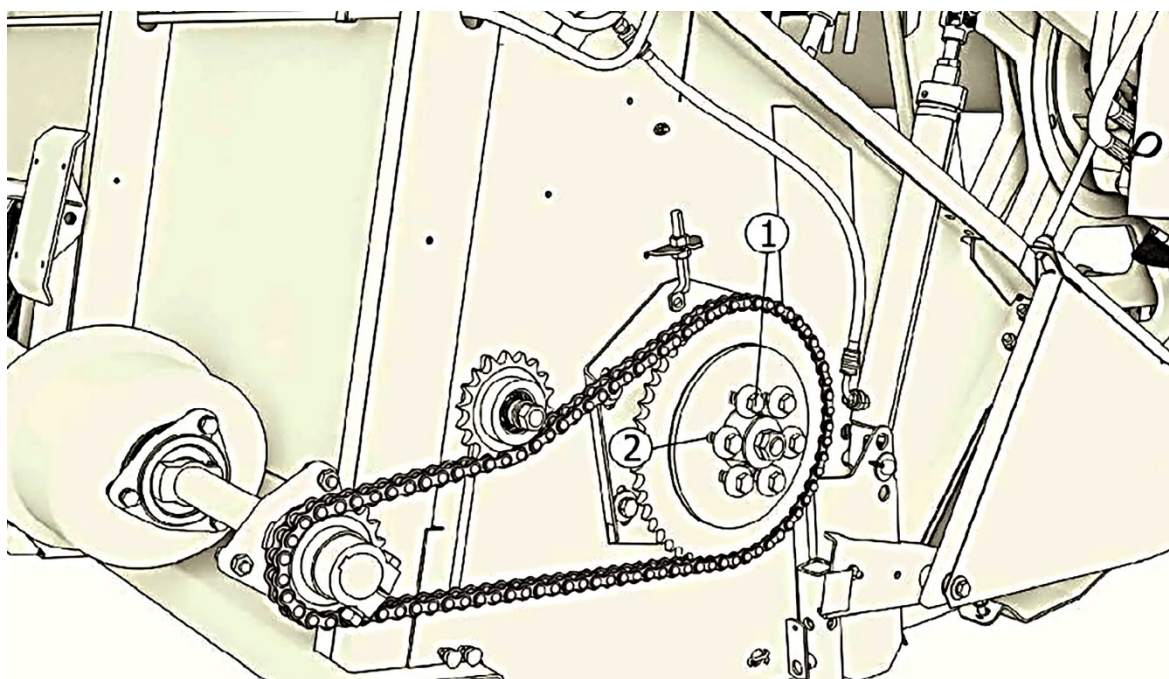
Наименование показателя	Значение
Тип	фронтально-шнековая, симметричная, копирующая рельеф поля в продольном и поперечном направлениях
Габаритные размеры жатки в рабочем положении, не более мм:	
длина	3 200
ширина	7 500
высота	2 400

10 Технические и технологические характеристики зерноуборочных комбайнов российского и зарубежного производства. Контроль качества уборки

Продолжение таблицы 10.11

Наименование показателя	Значение
Ширина захвата (по носкам делителей), мм	7 000 ^{0,2}
Минимальная установочная высота среза в режиме с копирующим ножом, мм	30
Установочная высота среза в режиме с жестким ножом, мм	40–100–140
Мотовило	лопастное, эксцентриковое с пружинными пальцами; частота вращения – от 14 до 55 об./мин
Режущий аппарат	гибкий, шарнирно подвешенный на рычагах относительно рамы, со стальными штампованными сдвоенными пальцами; скорость резания – 1 260 ход/мин
Шнек	с эксцентриковым пальчиковым механизмом частота вращения – 180; 160 об./мин
Управление рабочими органами: подъем и опускание жатки; вертикальное и горизонтальное перемещение мотовила; изменение частоты вращения мотовила	электрогидравлическое (с рабочего места комбайнёра)
Делители	торпедные, шарнирные
Автоматическое копирование рельефа в поперечном и продольном направлениях	рычажно-пружинным механизмом; уравнивания
Потребляемая мощность, не более кВт	30
Масса (конструкционная), не более кг	2350
Скорость движения, не более км/ч: рабочая в режиме с жестким ножом; в режиме с копирующим ножом транспортная на тележке транспортная на комбайне	 9 7 20 12
Срок службы, не менее лет	7

Предохранительные устройства. В конструкции жатки предусмотрено предохранительное устройство (муфта), установленное на валу шнека жатки с правой стороны (рис. 10.19). Муфта шнека жатки должна быть отрегулирована на момент срабатывания (пробуксовывания) 600 ± 60 Н·м (60 ± 6 кгс·м). Регулировка проводится путем «поджатия – ослабления» пружин муфты, при этом сжатие пружин до соприкосновения всех витков не допускается. В правильно отрегулированной муфте длина всех пружин должна быть одинаковой [81].



1 – муфта; 2 – пружина

Рисунок 10.19 – Предохранительная муфта шнека

Предохранительная муфта имеет оригинальную конструкцию. При включении реверса (например, для устранения забивания) муфта блокируется, и устранение забивания осуществляется крутящим моментом значительно большим, чем настройка муфты. При этом крутящий момент на валу шнека ограничивается моментом на валу гидромотора реверса наклонной камеры комбайна.

Установка и регулировка мотовила. Регулировка при уборке в режиме с жестким ножом. Положение мотовила по высоте и выносу необходимо отрегулировать с помощью гидроцилиндров в зависимости от условий уборки и вида убираемой культуры. Наклон граблин мотовила следует установить с помощью подпружиненных рукояток, размещенных на эксцентриках мотовила. На жатке эксцентрики расположены с двух сторон [81].

Положение мотовила и его частота вращения должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы граблины мотовила активно захватывали (поднимали) стебли, подводили их к режущему аппарату и шнеку.

Рекомендации по установке мотовила на уборке в режиме с жестким ножом указаны в таблице 10.12. Скорость вращения мотовила устанавливается в зависимости от скорости движения комбайна. Скорость планок мотовила должна превышать скорость комбайна в 1,2–1,5 раза в зависимости от условий уборки. Так, при скорости движения комбайна 7 км/ч скорость планок мотовила должна быть в диапазоне от 8,4 до 10,5 км/ч.

Таблица 10.12 – Рекомендации по установке мотовила

Состояние растений	Высота А траектории граблин	Высота Б штоков гидроцилиндров, мм	Положение граблин	Высота среза стеблей Н, мм
Нормальные прямостоящие или частично полеглые	½ длины срезанных стеблей	от 0 до 50	Г	100
Высокие (свыше 80 см)	½ длины срезанных стеблей	штоки полностью находятся в гидроцилиндре	В, Г	100
Низкорослые (от 30 до 40 см), в том числе соя	от 1/3 длины срезанных стеблей до уровня среза	штоки полностью находятся в гидроцилиндре	Д	40
Полеглые	концы граблин должны касаться поверхности почвы	штоки выдвинуты на максимальную величину	Е, Ж	40

Скорость планок мотовила, при скорости вращения мотовила 20 об./мин, составляет примерно 4,25 км/ч, при скорости 50 об./мин – около 10,6 км/час, а при максимальной скорости вращения 55 об./мин – около 11,66 км/час.

Регулировка при уборке сои в режиме с копирующим ножом. При уборке сои в режиме с гибким ножом, ось мотовила (рис. 10.20) должна быть впереди режущего аппарата примерно на 150–300 мм и как можно ниже, то есть мотовило должно касаться сои только при срезе. Положение граблин должно быть близко к вертикальному. Скорость планок мотовила должна превышать скорость комбайна в 1,25–1,5 раза. Рекомендации по установке мотовила на уборке сои указаны в таблице 10.12.

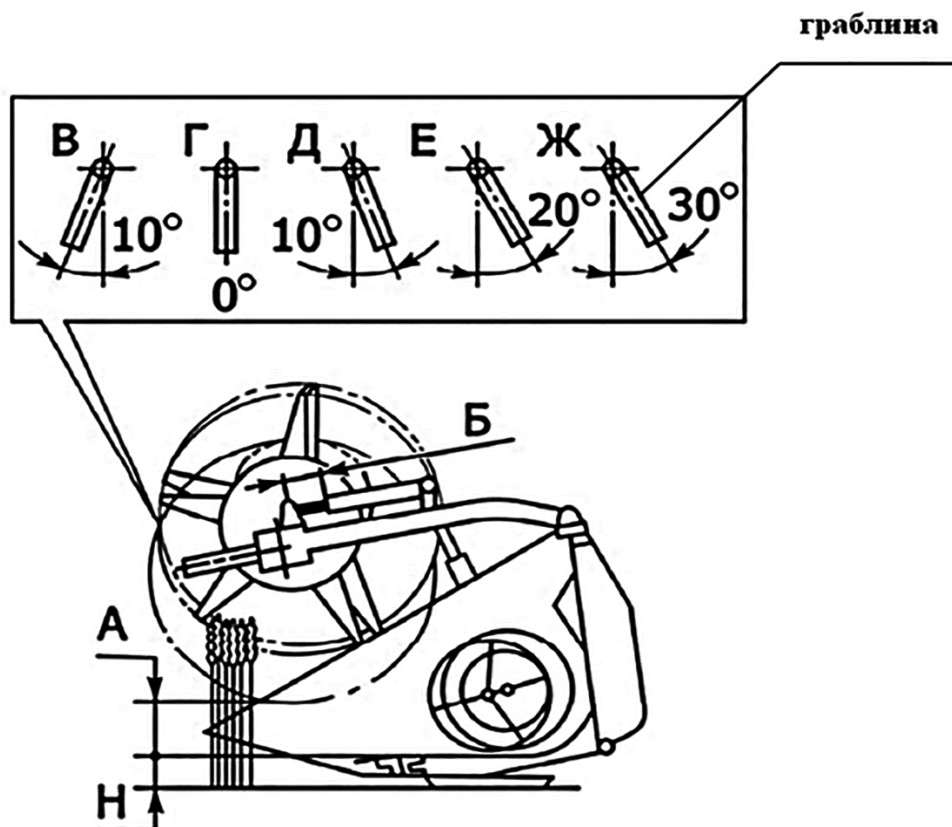
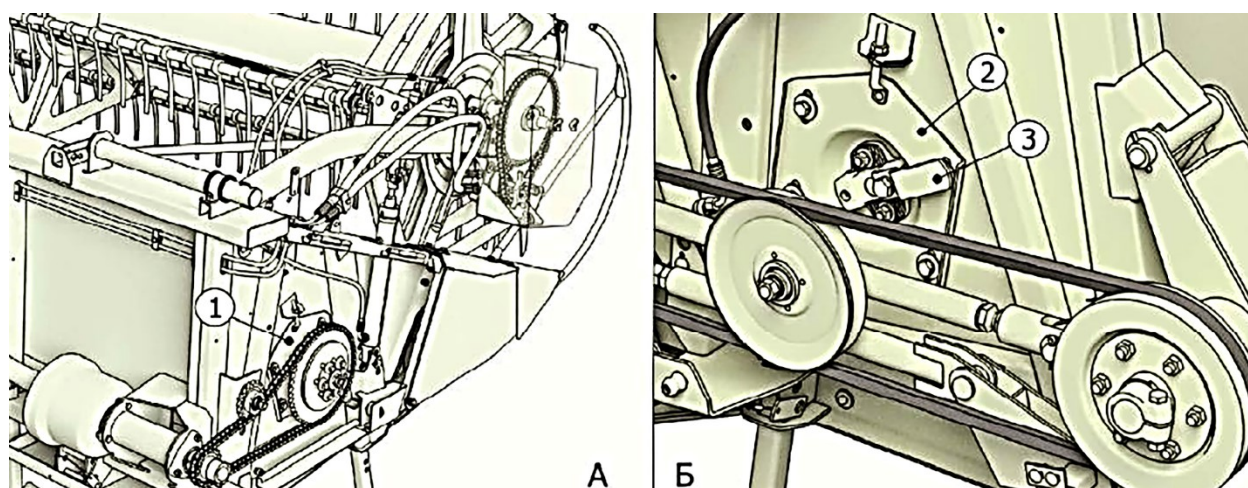


Рисунок 10.20 – Положения граблин мотвила

Установка и регулировка шнека. Положение шнека устанавливается путем перемещения регулируемых опор 1, 2 (рис. 10.21) с левой Б и правой А стороны жатки. Положение пальцев регулируется при помощи рукоятки 3 с левой Б стороны жатки. После регулировки расстояние А (рис. 10.22) между витками шнека и днищем жатки должно составлять 10–15 мм. При уборке высокорослых культур зазор Б может быть увеличен до 20–30 мм [81].

Продольное копирование почвы в режиме с жестким ножом. Продольное копирование для уборки в режиме с жестким ножом отрегулировано правильно, если в крайнем нижнем положении (в конце диапазона копирования корпуса) давление копирующих башмаков на почву минимальное, и если взявшись за носки левого и правого делителя жатку можно приподнять с усилием 100–150 Н на каждом делителе.



1, 2 – опора подвижная; 3 – рукоятка регулировки пальцев

Рисунок 10.21 – Установка шнека

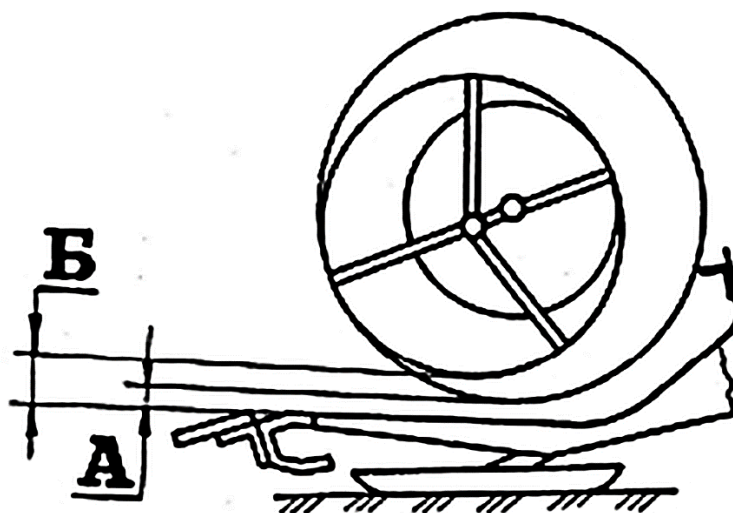


Рисунок 10.22 – Установка зазоров между шнеком и днищем жатки

Продольное копирование для уборки в режиме с копирующим ножом. Для работы комбайна с жаткой в режиме с копирующим ножом необходимо правильно отрегулировать рабочее положение жатки при помощи пружины продольного копирования и давления жатки на почву.

В рабочем положении на уборке с копирующим ножом жатка должна быть полностью вывешена на пружинах. Корпус жатки и его задние башмаки (установленные в крайнее верхнее положение) при этом не касаются земли; расстояние от поверхности земли до задних башмаков должно составлять примерно от 60 до 80 мм. При этом корпус жатки должен занимать примерно среднее положение в диапазоне копирования (расстояние между верхней трубой

корпуса жатки и трубой корпуса наклонной камеры должно быть в пределах от 120 до 140 мм). Режущий аппарат и передние башмаки жатки при этом находятся в плавающем положении и опущены на землю. В таком положении жатки высота среза будет постоянной минимальной, а режущий аппарат будет иметь возможность копировать рельеф поверхности почвы в пределах от 0 до 140 мм относительно корпуса жатки. При больших неровностях полностью вывешенная жатка будет иметь возможность копировать рельеф корпусом без захватывания почвы и нарушения технологического процесса среза растений сои.

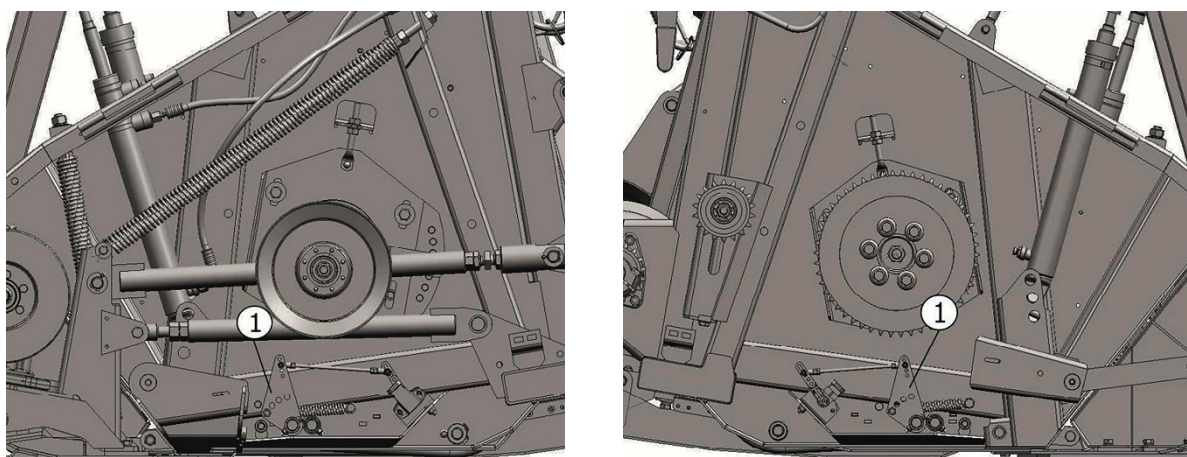
Продольное копирование отрегулировано правильно, если в рабочем положении жатка вывешена на пружинах так, что задние копирующие башмаки установлены выше уровня почвы, а передние башмаки с режущим аппаратом расположены примерно в середине диапазона копирования.

Навеска жатки на комбайн с электрогидравлической системой копирования рельефа почвы. Навеска жатки на комбайн с электрогидравлической системой копирования рельефа почвы и регулировка ее составных частей аналогична навеске жатки на комбайн с рычажно-пружинным копированием, однако имеет некоторые особенности.

Жатка для комбайнов, оснащенных системой копирования рельефа почвы имеет систему датчиков и копиров, которые обеспечивают копирование и работу жатки в двух режимах:

- 1) уборка зерновых в режиме с жестким ножом;
- 2) уборка сои в режиме с копирующим ножом.

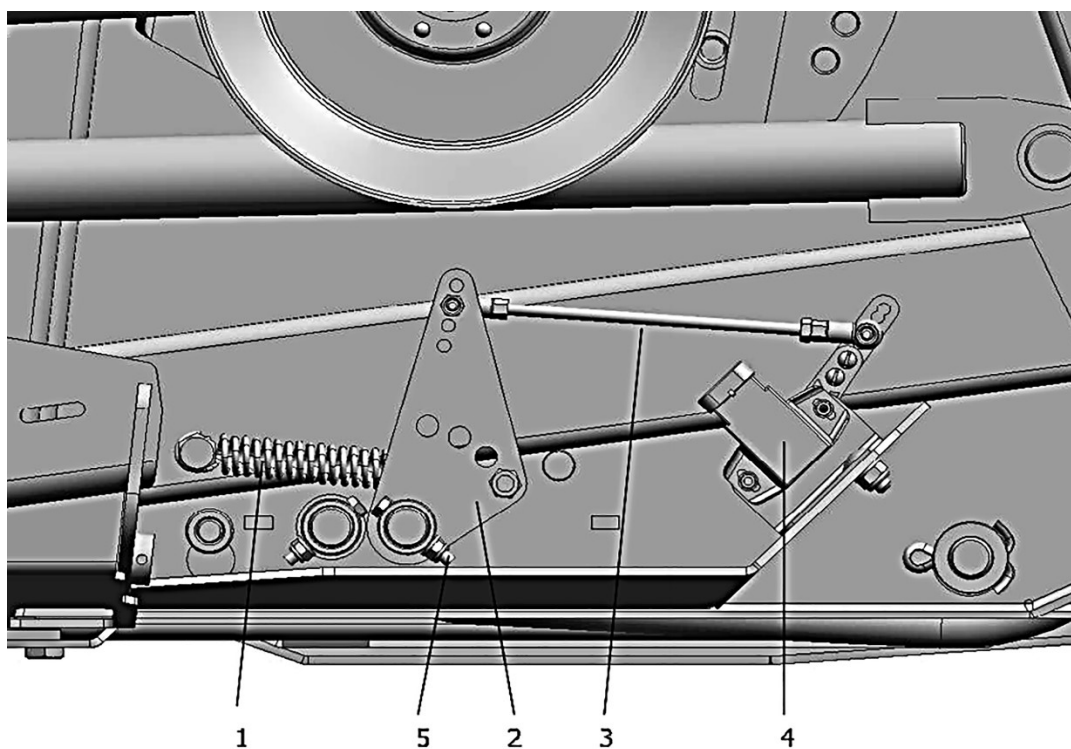
Система датчиков и копиров жатки состоит из двух электрических датчиков положения, расположенных на левой и правой боковине каркаса (рис. 10.23); электрического жгута; системы валов, рычагов и тяг; копиров для сои, а также копиров для зерновых.



а) б)
а) левая сторона жатки; б) правая сторона жатки

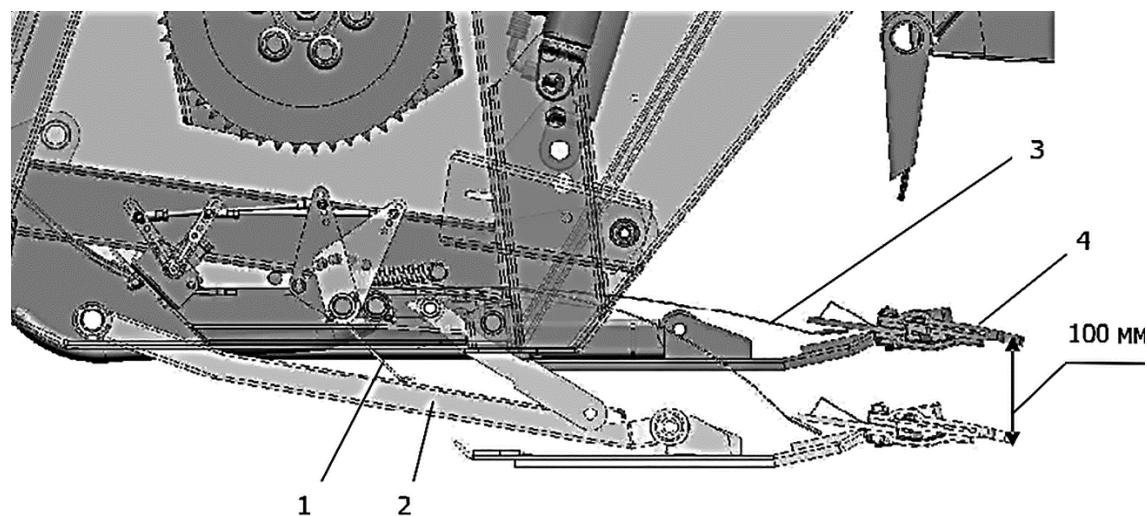
Рисунок 10.23 – Система датчиков и копиров системы копирования рельефа почвы

Положение датчиков в режиме с копирующим ножом для уборки сои.
Жатка отгружается потребителю с настройкой системы датчиков и копиров на режим с копирующим ножом для уборки сои (рис. 10.24, 10.25).



1 – пружина; 2 – рычаг; 3 – тяга; 4 – датчик; 5 – болт крепления

Рисунок 10.24 – Положение механизмов жатки в режиме с копирующим ножом для уборки сои (левая боковина)



- 1 – копир; 2 – рычаг подвески режущего аппарата;
3 – пружинное днище жатки; 4 – режущий аппарат

Рисунок 10.25 – Положение механизмов жатки в режиме с копирующим ножом для уборки сои (правая боковина)

Для работы на уборке зерновых в режиме с жестким ножом жатку с системой датчиков необходимо переоборудовать (перенастроить) с режима с копирующим ножом для уборки сои на режим для уборки зерновых с жестким ножом.

Переоборудование следует проводить с двух сторон жатки, на правой и левой боковинах каркаса. При уборке зерновых используются специальные копиры (для зерновых) (по два копира с каждой стороны жатки в задней части жатки), а при уборке сои – специальные копиры (для сои) (6 или 8 копиров) под днищем жатки в передней ее части.

Технические характеристики комбайна «Амур-Палессе» GS-812С

Общий вид и технические характеристики комбайна «Амур-Палессе» GS-812С представлены на рисунке 10.26 и в таблице 10.13.

Для уборки кукурузы этот комбайн может быть оборудован приставкой КОК-6-3-01 (табл. 10.14).



Рисунок 10.26 – Комбайн «Амур-Палессе» GS-812C

Таблица 10.13 – Техническая характеристика комбайна «Амур-Палессе» GS-812C [80]

Характеристики	Значение
Объем бункера зерна, м ³	5,5
Рабочая скорость движения, км/ч	8
Транспортная скорость движения, км/ч	12
Габаритные размеры комбайна в рабочем положении, мм:	
длина	10 600
ширина	7 500
высота	4 500
Масса конструкционная (сухая) (без учета транспортной тележки), кг	17 500
Марка двигателя	Д-260.4-435
Номинальная мощность двигателя, кВт	154,4
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с ⁻¹	35
Объем топливного бака, л	300
Тип молотильного аппарата	барабанный
Ширина молотильного аппарата, мм	1200
Частота вращения вала барабана, об./мин	511–870
Диаметр барабана, мм	800
Число бичей	10
Способ привода барабана	механический
Способ регулирования частоты	клиноременным вариатором
Тип подбарабанья	односекционное необратимое
Площадь сепарации подбарабанья, м ²	1,1
Угол обхвата барабана декой, град.	130
Диаметр отбойного битера, мм	400
Номинальная частота вращения вала отбойного битера, с ⁻¹	13,26
Площадь сепарации, м ²	4,92
Пределы регулирования частоты вращения мотовила, с ⁻¹	0,27–0,75
Величина вертикального перемещения мотовила, мм	+540

*Совершенствование уборки сои, зерновых
и кукурузы в условиях Амурской области*

Продолжение таблицы 10.13

Характеристики	Значение
Шаг сегментов ножа, мм	76,2
Ход ножа, мм	85
Средняя линейная скорость резания, м/с	1,64
Масса конструкционная жатки, кг	2 200
Номинальное напряжение системы электрооборудования, В	24
Тип соломоизмельчителя	барабанный
Частота вращения вала барабана, с ⁻¹	35,6
Масса конструкционная, кг	265
Диаметр барабана, мм	503
Частота вращения выгрузного шнека, с ⁻¹	10,9
Производительность выгрузного устройства для зерна влажностью до 18 %, т/мин	2
Площадь решет, м ²	
верхнего	1,18
нижнего	1,79
дополнительного	0,47
удлинителя	0,42
Максимальное открытие жалюзи, мм	20
Частота вращения вала вентилятора, с	5,3–16,5
Тип ходовой части	гусеничная, резино- армированная
Подвеска	пружинно- рычажная
Диаметр поддерживающих катков, мм	160
Количество поддерживающих катков, шт.	8
Диаметр направляющего колеса, мм	680
Механизм натяжения	винтовой с пружинным амортизатором
Дорожный просвет, мм	300
Колея, мм	3 170
Ширина захвата соевой жатки ЖЗС-7, м	7
Минимальная установочная высота среза, мм	30
в том числе при копировании рельефа поля	50–250

Таблица 10.14 – Техническая характеристика жатки для уборки кукурузы на зерно КОК-6-3-01 [107]

Параметры	Значения
Ширина захвата жатки, м.	5,6
Число убираемых рядков, шт.	6
Рабочая скорость движения, км/ч	10
Производительность комбайна с комплектом за час основного времени, т	до 25

Продолжение таблицы 10.14

Параметры	Значения
Габаритные размеры жатки в рабочем положении, мм:	
длина	3 200
ширина	6 200
высота	1 400
Масса комплекта оборудования, кг	3 200
Пропускная способность (кукуруза), кг/с	7,0

Технологические настройки комбайна «Амур-Палессе» GS-812С.

Окружная скорость планки мотовила при уборке зерновых и сои не должна превышать в 1,2–1,3 раза скорость комбайна. Увеличение этого показателя на уборке сои может привести к обмолоту стручков (бобов) и потерям семян, особенно при влажности растений до 12–13 % и уборке легко обмолачивающихся сортов [90].

Угол наклона планок мотовила устанавливается, исходя из состояния растений. Полеглые культуры (чаще зерновые, гречиха) следует убрать, установив положительный угол наклона граблин, то есть в направлении обратном направлению движения комбайна. В некоторых комбайнах эта регулировка связана с выносом мотовила.

При наличии (в качестве опции) сменной звездочки в приводе шнека жатки следует устанавливать звездочку с большим числом зубьев на уборке сои и обеспечить расстояние (зазор) между спиралью шнека и днищем жатки 15–20 мм.

При уборке зерновых раздельным способом и влажности 18 % и более, следует избегать формирования сдвоенных валков, особенно при соломиности растительной массы равной больше двух. При уборке сои окружная скорость пальцев шнека жатки может достигать 10 м/с, что приводит к обмолоту стручков (бобов), поэтому необходимо уменьшить выход пальцев на переднем участке траектории, то есть в зоне расположения режущего аппарата.

Высоту установки режущего аппарата жатки над поверхностью почвы необходимо сделать не более 5–6 см. В тоже время следует избегать «зачерпывания» почвы жаткой и загрязнения семян сои почвой. Ценность таких семян снижается, особенно при их сдаче на маслоэкстракционный завод.

Особое внимание следует уделить работе молотильно-сепарирующего устройства. Имея диаметр молотильного барабана 0,8 м и возможность изменять его частоту вращения у комбайна «Vector» от 420 до 945 об./мин, а при наличии понижающего редуктора в пределах 200–450 об./мин, окружная скорость может составить 8,4–39,6 м/с. Тем самым она является критичной, связанной с разрушением зерен при ударе стальным бичом.

В комбайнах «Амур-Полесье» GS-812С и других, имеющих диаметр барабана 0,8 м, следует устанавливать следующие режимы настройки молотильно-сепарирующего устройства (табл. 10.15) [90].

Таблица 10.15 – Настройка молотильного аппарата

Культура	Обороты барабана, об./мин	Зазоры между декой и барабаном, мм		Примечание
		на входе	на выходе Б	
Пшеница	650–800	18–20	3–7	–
Ячмень	600–700	18–20	3–7	–
Овес	550–650	20–25	4–8	–
Рожь	700–850	18–20	2–6	–
Люцерна	800–870	7–9	3–5	с приспособлением для уборки семенников трав
Клевер	800–870	7–9	3–5	
Гречиха	422–435	20–30	12–18	с приспособлением для уборки крупяных культур
Рапс	600–850	14–20	4–8	
Горох	350–550	20–25	15–20	с понижающим приводом молотильного барабана
Соя	350–550	20–25	15–20	

Примечание: В таблице приведены предварительные настройки. Окончательная настройка выбирается в зависимости от влажности, высоты стеблестоя, урожайности в процессе выполнения технологического процесса.

Установка механизма регулирования зазоров молотильного аппарата. Для правильной работы механизма на предприятии-изготовителе уста-

навливаются зазоры: на входе на второй планке подбарабанья – 18 мм; на выходе – 2 мм. Зазоры устанавливаются по максимально выступающему бичу. Числовые величины размеров зазоров указаны на дисплее бортового компьютера.

Если же по какой-либо причине указанная регулировка оказалась нарушенной, ее следует восстановить. Для этого необходимо [90]:

- 1) определить максимально выступающий бич на молотильном барабане;
- 2) установить длину передних тяг на размер 584 мм, задних – на размер 644 мм;
- 3) проверить зазоры между барабаном и подбарабаньем на входе и выходе, которые должны быть соответственно 18 и 2 мм; в случае несоответствия указанным значениям произвести регулировку.

Регулировка очистки. Регулировка открытия жалюзи решет осуществляется в зависимости от количества зернового вороха. При небольших нагрузках, когда воздушного потока достаточно, чтобы вынести большую часть легких примесей, жалюзи следует открыть больше, чтобы не допустить потерь зерна.

Если при рекомендуемых оборотах вентилятора, при отсутствии потерь, зерно в бункере сорное и сходы в колосовой элеватор небольшие, следует уменьшить открытие жалюзи решет до получения требуемой чистоты.

В случае появления потерь недомолотом следует ликвидировать потери, раскрыв жалюзи удлинителя.

Жалюзи решет в закрытом положении должны свободно, без напряжения прилегать друг к другу. Не допускается прилагать усилия на маховике для закрытия жалюзи. Размеры зазоров показаны в таблице 10.16.

Регулировка размера открытия жалюзи решет производится при отсутствии вороха на решетках. С целью исключения закрывания жалюзи решет после регулировки, уменьшение размера в решетках осуществляется вращением

регулирующего ключа против часовой стрелки, с предварительным установлением зазора на 4 мм меньше настраиваемого, а затем путем вращения по часовой стрелке доведением его до требуемого значения.

На рисунке 10.27 представлена схема настройки очистки [90].

Таблица 10.16 – Настройка рабочих органов очистки

Культура	Положение жалюзи решет А, мм				Обороты вентилятора, об./мин
	дополнительное	верхнее	удлиннитель	нижнее	
Пшеница	14	12	9	8	650–800
Ячмень	14	12	9	8	550–700
Овес	14	12	9	8	550–650
Рожь	14	12	9	8	600–750
Люцерна	9	7	0	пробивное Ø3	360–600
Гречиха	12	10	12	пробивное Ø6,5	360–550
Клевер	9	7	0	пробивное Ø3	360–600
Рапс	12	9	6	пробивное Ø5	400–600
Горох	14–17	14–17	14–17	10–12	650–800
Соя	14–17	14–17	14–17	10–12	650–800

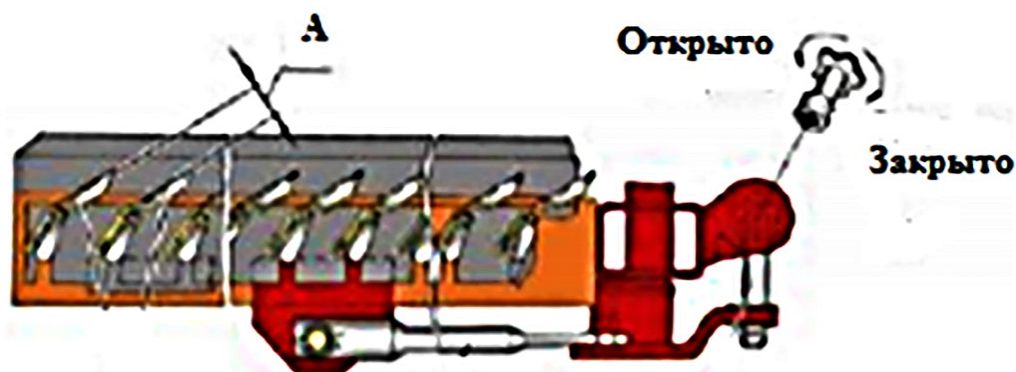


Рисунок 10.27 – Механизм регулировки жалюзи решет

Регулировка частоты вращения вентилятора. Величина воздушного потока, поступающего на очистку, регулируется, только при включенном главном контрприводе.

Во избежание выхода из строя редуктора вариатора вентилятора очистки запрещается производить регулировку частоты вращения вентилятора без включенного главного контрпривода.

При правильной регулировке молотильно-сепарирующего устройства очистки зернового комбайна чистота зерна в бункере должна быть не ниже 95 %,

а величина дробления не должна превышать 3 %. Потери зерна за жаткой и молотилкой не должны превышать 1–1,5 % [33].

Регулировка соломоизмельчителя. Длину измельчения можно регулировать, поворачивая ножевую опору.

При измельчении соломы рапса рекомендуется устанавливать противорезающие ножи прямо вниз. Для этого необходимо ослабить болты крепления ножевой опоры с обеих сторон корпуса соломоизмельчителя и с помощью ключа повернуть ножевую опору. При подъеме ножей ножевой опоры вверх длина измельчения уменьшается, при опускании – увеличивается. После регулировки следует затянуть болты крепления ножевой опоры.

Для настройки противорезающего бруса необходимо ослабить болты его крепления к уголку и установить зазор между крайней точкой полностью отведенного ножа ротора и кромкой противорезающего бруса равный 5–6 мм. Закончив регулировку, необходимо затянуть болты крепления бруса.

Ширину разброса измельченной соломы можно регулировать двумя способами: изменением угла наклона дефлектора соломоизмельчителя относительно земли (угол наклона больше – ширина разброса меньше, и наоборот) и путем поворота разбрасывающих лопаток, что дает возможность предотвратить попадание измельченной массы в еще нескошенную культуру.

Для укладки соломы в валок необходимо провести следующие операции:

- 1) отключить ременный привод от главного контрпривода молотилки путем отвода натяжного ролика и его фиксации в отведенном положении;
- 2) дефлектор соломоизмельчителя повернуть раструбом вниз в крайнее положение, зафиксировать его гайками;
- 3) граблины, установленные на дефлекторе, повернуть вокруг их осей и зафиксировать таким образом, чтобы они обеспечивали укладку соломы, схо-

дящей с соломотряса в валок; заслонку и отражатель, находящиеся внутри заднего капота комбайна, расфиксировать и перевести заслонку в крайнее переднее положение, отражатель – в крайнее заднее положение и зафиксировать их.

Для блокировки включения главного контрпривода, при неправильно установленной заслонке, на боковине очистки и на стенке соломоизмельчителя установлены концевые выключатели, которые должны быть включены при отключении ременной передачи и переводе заслонки в переднее положение.

При неудачном положении клавиш соломотряса возможен такой случай, когда полному повороту заслонки будет препятствовать клавиша соломотряса. В этом случае клавиши соломотряса необходимо повернуть вручную.

После проведения этих операций следует включить двигатель и проверить работу комбайна на холостом ходу.

На роторе соломоизмельчителя установлены ножи одинаковой весовой группы, поэтому затупленные ножи перетачивать нельзя.

Изношенные с одной стороны ножи необходимо перевернуть, не изменяя порядка их установки.

При замене изношенного или поврежденного ножа необходимо также заменить нож, диаметрально расположенный заменяемому. При этом ножи должны быть одной весовой группы. В противном случае будет нарушена балансировка ротора.

Для замены ножа ротора необходимо отвернуть гайку болта крепления ножа, снять шайбу и нож. Заменяя нож, установить шайбу, болт и гайку, затянув ее моментом 70 Н·м. При замене болтов и гаек необходимо применять только специальные болты и гайки из комплекта комбайна. Применение других крепежных изделий может привести к аварии.

Технологические регулировки на уборке кукурузы на зерно. Уборка кукурузы на зерно начинается тогда, когда прекращается поступление питательных веществ к початку. Эта стадия характеризуется появлением «черной точки» у основания зерна.

В таблице 10.17 представлены преимущества и недостатки ранней и поздней уборки урожая кукурузы, а также налив зерна (рис. 10.28).

Таблица 10.17 – Преимущества и недостатки ранней и поздней уборки урожая

Способ уборки	Преимущества	Недостатки
Слишком ранний сбор урожая	небольшие потери; сохранение структуры почвы; лучшее разрастание последующей культуры	более высокие потери зерна на початках; зерна более хрупкие; больше внимания к регулировке техники; засорение; дополнительные расходы на сушку; урожайность ниже максимальной
Слишком поздний сбор урожая	более легкий обмолот нет затрат на сушку	риск ухудшения погодных условий; повышенный риск потерь на грунте (початки или зерна); более длительные работы; риск разрушения структуры почвы; повышенный риск санитарных и агротехнических проблем (полегание)



Рисунок 10.28 – Налив зерна кукурузы и его влажность

На качество зерна в бункере большое влияние оказывает частота вращения молотильного барабана и молотильные зазоры [88, 170]. В комбайне «Амур-Палессе» GS-812С следует устанавливать частоту вращения молотильного барабана 400–500 об./мин, применив понижающий редуктор, а величина молотильных зазоров должна быть на входе 32–35 мм на выходе – 25–28 мм. При этом очень важно, чтобы зерна имели черные точки (признак их полной

зрелости), а влажность не должна превышать 25 %. Правильно отрегулированный молотильный аппарат может обеспечить дробление зерна не более 2 %, при этом с учетом регулировки (настройки очистки), чистота зерна в бункере должна быть не ниже 96 %.

Жатка для уборки кукурузы CORIO

Общий вид и технические характеристики жаток для уборки кукурузы CORIO представлены на рисунке 10.29, в таблицах 10.18 и 10.19.



Рисунок 10.29 – Жатка для уборки кукурузы CORIO в работе

Контроль качества обмолота кукурузы. При определении количества початков следует считать потери в одном ряду на 50 метрах. Для определения потерь зерна следует брать участок между двумя рядами длиной 1,25 м при ширине междурядья 0,80 м, а при ширине междурядья 0,70 м – необходимо учитывать длину 1,42 м [32].

Опыты показали, что при уменьшении молотильного зазора на входе с 30 до 23 мм, количество целых зерен кукурузы в бункере уменьшается с 90 до 85 %, при частоте вращения барабана 480–500 об./мин.

10 Технические и технологические характеристики зерноуборочных комбайнов российского и зарубежного производства. Контроль качества уборки

Таблица 10.18 – Технические характеристики жаток для уборки кукурузы CORIO (680 FC; 675 C; 675 FC; 670 C) [74]

Технические характеристики	CORIO 680 FC	CORIO 675 C	CORIO 675 FC	CORIO 670 C
Количество рядов	6	6	6	6
Междурядье, см	80	75	75	70
Транспортное положение – нескладывающийся	–	серийный	–	серийный
Горизонтальный измельчитель	серийный	серийный	серийный	серийный
Ширина захвата, м	4,93	4,68	4,68	4,43
Транспортная ширина, м	3,35	4,68	3,00	4,43
Стерновой башмак	серийный	серийный	серийный	серийный
Комплект оборудования для уборки подсолнечника	серийный	серийный	серийный	серийный
Шнеки для полеглой кукурузы	серийные	серийные	серийные	серийные
Комплект противорежущих пластин	серийный	серийный	серийный	серийный
Электрогидравлическая система для настройки початкоотделительных пластин	серийная	серийная	серийная	серийная
Дефлектор шнека жатки	серийный	серийный	серийный	серийный
Масса, кг	2 445	2 120	2 385	2 120

Таблица 10.19 – Технические характеристики жаток для уборки кукурузы CORIO (880 FC; 875 C; 875 FC; 870 C, 870 FC) [74]

Технические характеристики	CORIO 880 FC	CORIO 875 C	CORIO 875 FC	CORIO 870 C	CORIO 870 FC
Количество рядов	8	8	8	8	8
Междурядье, см	80	75	75	70	70
Транспортное положение – нескладывающийся	–	серийный	–	серийный	–
Горизонтальный измельчитель	серийный	серийный	серийный	серийный	серийный
Ширина захвата, м	6,53	6,18	6,18	5,83	5,83
Транспортная ширина, м	3,35	6,18	3,00	5,83	3,00
Стерновой башмак	серийный	серийный	серийный	серийный	серийный
Комплект оборудования для уборки подсолнечника	серийный	серийный	серийный	серийный	серийный
Шнеки для полеглой кукурузы	серийные	серийные	серийные	серийные	серийные
Комплект противорежущих пластин	серийный	серийный	серийный	серийный	серийный
Электрогидравлическая система для настройки початкоотделительных пластин	серийная	серийная	серийная	серийная	серийная
Дефлектор шнека жатки	серийный	серийный	серийный	серийный	серийный
Масса, кг	3 110	2 710	3 030	2 630	2 950

Приблизительный подсчет потерь урожая на почве представлен в таблице 10.20.

Таблица 10.20 – Подсчет потерь урожая кукурузы

Характер потерь	Количество	Потери, ц/га
Целые початки на расстоянии 50 м в одном ряду (междурядье 80 см), шт.	5;	2;
	10;	4;
	15	6
Зерна на 1 м ² , шт.	100;	3,2;
	150	4,8

Зерноуборочные комбайны «CASE IH Axial-Flow» (США)

Эти комбайны отличаются роторными молотильно-сепарирующими устройствами, что обеспечивает простоту регулировки при обмолоте различных сельскохозяйственных культур и высокое качество технологического процесса (рис. 10.30, табл. 10.21).

Комбайны этого класса могут комплектоваться различными жатками, в том числе кукурузными приставками для обмолота этой культуры прямым комбайнированием. Важно отметить, что комбайн комплектуется зерновыми жатками с полотненным транспортером вместо шнека, с шириной захвата от 7,6 до 13,7 м. Эти машины можно комплектовать сдвоенными шинами и полугусеничным ходом. Применение каталитических нейтрализаторов позволяет делать хорошую очистку отработанных газов в выхлопной системе двигателя.

Комбайны моделей 7240, 8240 и 9240 могут комплектоваться измельчителями соломы с точной регулировкой длины резки и широкой возможностью регулировки из кабины распределением измельченной соломы по поверхности почвы [73].

Все комбайны «CASE IH Axial-Flow» поставляются с завода с встроенными делителями, отслеживающими урожайность и влажность зерна. Жатки комбайна имеют автоматическое устройство регулировки рабочей ширины захвата. Особенно это важно на полях неправильной формы.

Удобство в обслуживании обеспечивается минимальным количеством передач в молотильно-сепарирующем устройстве и жатке (три цепных и шесть ременных). Смена масла в двигателе производится через каждые 600 часов.



Рисунок 10.30 – Зерноуборочный комбайн «CASE IH» на полугусеничном ходу

Таблица 10.21 – Техническая характеристика комбайнов «CASE IH» (США) [73]

Характеристики	Значения	
	«Axial-Flow 5140»	«Axial-Flow 6140»
Класс комбайна по размеру	V	VI
Двигатель		
Тип – Tier 4 В/Final	Case IH-FPT	
Рабочий объем, л	6,7	8,7
Мощность (номинальная/максимальная), л. с. (кВт)	265 (198)/308 (230)	348 (260)/411 (306)
Объем топливного бака, л	945	
Ширина молотилки, мм	1 156	
Длина наклонного транспортера, мм	1 143	
Тип привода молотильно-сепарирующего устройства	ременной	
Система реверсивного хода	гидравлическая	
Подъемные цилиндры жатки, мм	75	80
Диапазон бокового наклона, опция, град.	±5	
Камнеуловитель (опция)	молотильное устройство с уловителем	

*Совершенствование уборки сои, зерновых
и кукурузы в условиях Амурской области*

Продолжение таблицы 10.21

Характеристики	Значения	
	«Axial-Flow 5140»	«Axial-Flow 6140»
Обмолот/сепарация		
Тип обмолота	роторный	
Привод ротора (тип/диаметр), мм	ременной привод/762	
Скорость ротора, об./мин	250–1 150	
Количество подбарабаний/модулей	3	
Угол обхвата обмолота/сепарации, град.	156,5/133	
Решетки/модули сепарации	3	
Молотильное устройство станд./опция	молотильное устройство/ интегральный измельчитель	
Шнековая плита	да	
Активная скатная зерновая доска	нет	
Контроль потерь зерна	стандартное оборудование	
Система очистки		
Ширина системы очистки, мм	1 473	
Общая площадь решет, м ²	5,13	
Фиксированная или саморегулирующаяся система очистки	фиксированная	
Регулировка сетчатых решеток	стандартно	
Тип/привод вентилятора	с поперечным потоком/ вариаторный ременной	
Скорость вентилятора, об./мин	450–1 300	
Диаметр вентилятора, мм	290	
Транспортировка и хранение		
Колосовой элеватор	обратная подача половы к ротору	
Зерновой элеватор (производительность, л/час)	113,6	
Объем зернового бункера, л	8 810	10 570
Длина выгрузного шнека, м	6,55	7,86
Скорость разгрузки, л/с	88	113
Размеры		
Колесная база – мост 2WD/ опция мост PRA, мм	3815/3815-PG	
Ширина (общая с одинарными шинами, 120"), мм	3 909	3 833
Минимальная масса (2WD, односкатные приводные колеса), кг	15 293	15 481
Стандартная масса (2WD, двухскатные приводные колеса), кг	16 664	16 842

Зерноуборочные комбайны «John Deere» (КНР)

Эти комбайны подходят для большинства сельскохозяйственных предприятий Амурской области, особенно небольших крестьянских (фермерских)

10 Технические и технологические характеристики зерноуборочных комбайнов российского и зарубежного производства. Контроль качества уборки

хозяйств с площадью посева до 300 га. Они имеют классическую схему компоновки, просты в эксплуатации (рис. 10.31, табл. 10.22).



Рисунок 10.31 – Комбайн «John Deere 1075»

Таблица 10.22 – Технические характеристики моделей комбайнов «John Deere» [76]

Характеристики	Значения				
	1042	1048	1075	1076	3518
Ширина захвата жатки, м	3,3	4,6	4,8; 5,4	4,8; 5,4	4,8; 5,4
Пропускная способность, кг/с	3,5	3,5	6,5	6,5	8
Барaban: длина/диаметр, мм	1 040/610	1 040/610	1 300/610	1 300/610	1 300/610
Число клавиш	4	4	5	5	два ротора
Площадь очистки, м ²	3,56	3,56	5,38	5,38	2,76
Объем бункера, м ³	2,0	3,0	4,6	4,6	4,8
Мощность двигателя, кВт	73,5	85	110	110	149
Масса, кг	5 600 (с жаткой)	5 820 (с жаткой)	7 190 (без жатки)	7 190 (без жатки)	9 860 (без жатки)
Ходовая часть	колесная	колесная	колесная или полугусеничная	колесная или полугусеничная	колесная или полугусеничная
Диапазон скоростей движения, км/час	1–22	1–19,7	1–19,7	1,05–19,7	1,05–19,7

Универсальная жатка обеспечивает срез оптимальной высоты, что наиболее актуально при уборке сои. Система обмолота позволяет минимально травмировать сою, имеющую при уборке влажность 9–12 %, а система очистки – получать зерно на выходе с засоренностью 1–1,5 процентов.

В комплектацию моделей 1042 и 1048 входит соевая жатка, тележка для жатки и измельчитель соломы, а модели 1075, 1076 и 3518 еще дополнительно снабжены полугусеничным ходом.

Комбайны «John Deere» всех представленных моделей комплектуются жатками низкого среза с ножевым аппаратом, копирующим почву в продольном и поперечном направлениях, что обеспечивает высоту среза 3–4 см. Регулировки ножа позволяют избежать попадания почвы, сохраняя чистоту бункерного зерна.

Зерноуборочные комбайны фирмы «Claas» (Германия)

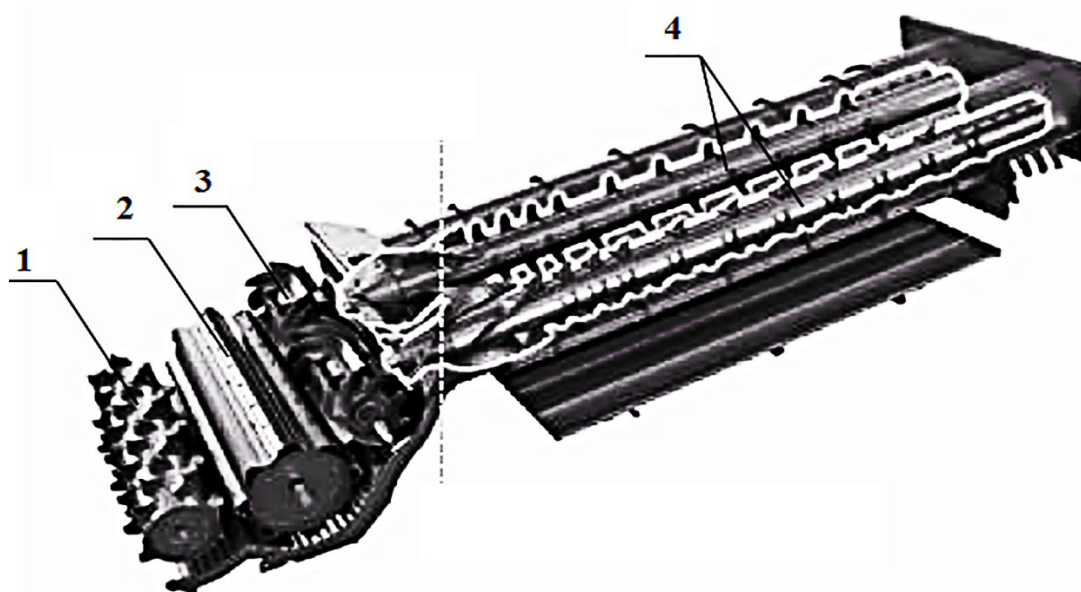
Как показал опыт агрофирмы «АНК» (Тамбовский район, Амурская область), высокие показатели надежности и производительности показали комбайны моделей «Mega», «Medion» и «Tusano» фирмы «Claas» (Германия). По техническим характеристикам они соответствуют 4–5 классу. Выпускаются также комбайны марки «Lexion» с роторным молотильно-сепарирующим устройством (рис. 10.32). Однако следует отметить высокую стоимость запасных частей, затраты на техническое обслуживание и длительные простои в работе из-за отсутствия в сервисной службе оригинальных запасных частей, которые требуются в случае поломки комбайна. Производительность комбайнов «Mega» за последние три года в хозяйстве составила 800–900 га зерновых и сои, благодаря применению жаток с шириной захвата 7–9 м.

Отличительной особенностью комбайнов фирмы «Claas» по сравнению с другими марками комбайнов является малый диаметр молотильного барабана и его высокая угловая скорость, что приводит к травмированию зерна сои, особенно в годы с сухой осенью, поэтому эти комбайны не рекомендуются к применению на семенных участках.

Особенностью работы молотильно-сепарирующего устройства комбайнов «Lexion» моделей 510, 520 и др. является то, что барабан 1, имея частоту

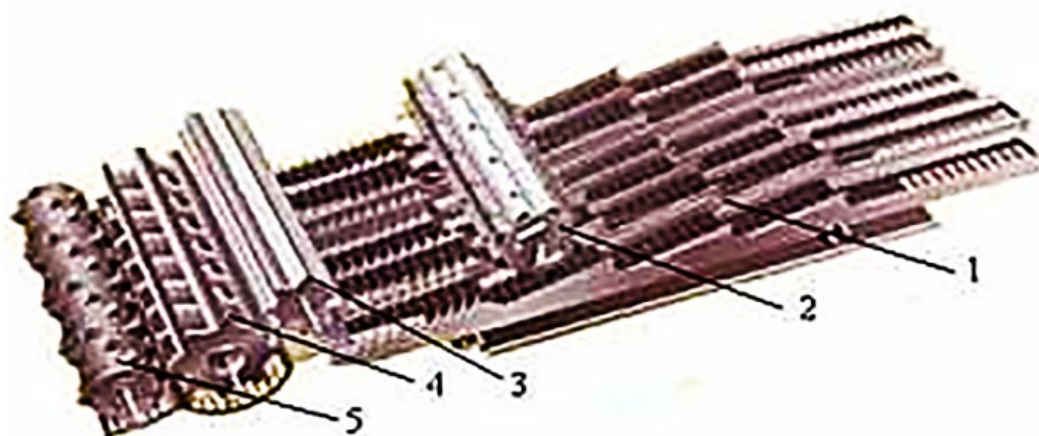
вращения до 1 000–1 200 об./мин, образует тонкий слой стеблей, то есть нормализует поток растений по толщине, что позволяет основному барабану 2 работать в устойчивом режиме (рис. 10.32), обеспечивая хороший обмолот и основную сепарацию вымолоченного зерна.

Для обеспечения лучшей сепарации зерна над клавишами соломотряса устанавливаются рыхлители соломы с рычажным управлением (рис. 10.33).



1 – барабан-ускоритель; 2 – основной бильный молотильный аппарат; 3 – барабан-сепаратор обмолоченного зерна; 4 – роторы-сепараторы «RotoPlus»

Рисунок 10.32 – Молотильно-сепарирующее устройство «Claas Hybrid System» комбайна «Lexion»



1 – клавишный соломотряс; 2 – рыхлитель соломы; 3 – отбойный битер; 4 – молотильный барабан; 5 – барабан-ускоритель

Рисунок 10.33 – Молотильно-сепарирующее устройство «APS» с мультипальцевой системой сепарации «MSS»

Технические характеристики комбайнов «Claas» представлены в таблице 10.23.

Таблица 10.23 – Технические характеристики комбайнов «Claas»

Показатели	Модели			
	«Mega-350»	«Mega-360»	«Medion-310»	«Medion-340»
Ширина захвата жатки, м	4,55–6,07	5,16–6,88	3,69–6,00	5,1–7,5
Барабан, длина/диаметр, мм	1 320/450	1 580/450	1 320/450	1 580/450
Число клавиш, шт.	5	6	5	6
Площадь очистки, м ²	4,7	5,65	4,25	5,1
Объем бункера, м ³	7,2	8,2	5,8	8,2
Мощность двигателя, кВт	162	180	185	245
Масса (без жатки), кг	9 050	10 050	8 130	11 254
Ходовая часть	колесная	колесная	колесная	колесная

Технология и организация уборки сои. 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 полове, сбрасываемые на поверхность поля.

Все потери семян сои следует разделять на прямые (невозвратные) и косвенные (рис. 10.34).

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 [13, 36, 37].

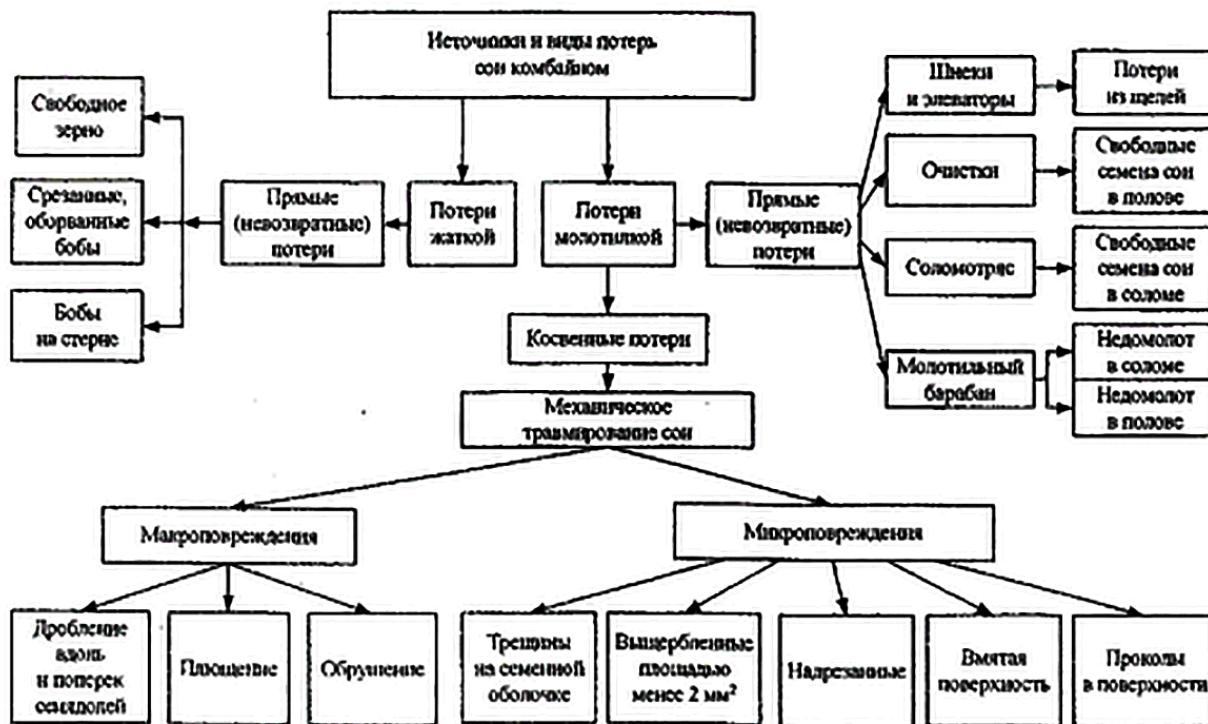


Рисунок 10.34 – Источники и виды потерь сои при уборке комбайном

Величина потерь несрезанными бобами и свободным зерном должна быть не более 1,5 % по каждому виду. Дробление зерна – не более 3 %. Потери от невымолота и невытряса – не более 1,5 %, чистота зерна в бункере – не ниже 96 %. Размер частей измельченной соломы – до 12 см, а неравномерность распределения измельченной соломы – не более 20 % [33].

Основные причины потерь зерна при работе комбайна можно выделить в пять показателей:

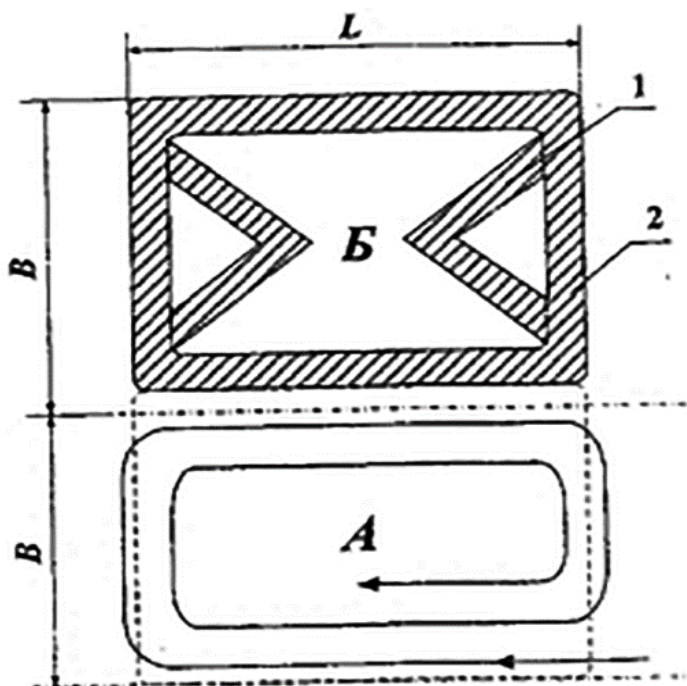
1. Характеристика растительной массы перед уборкой (сорт, урожайность, соломистость, засоренность, густота и высота растений, полеглость, влажность зерна и соломы); рельеф и микрорельеф поля.
2. Погодные условия (относительная влажность воздуха, ветер, дождь (снег), туман).
3. Технологические регулировки 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).

Способы движения уборочного агрегата и контроль качества уборки сои

В зависимости от размеров и конфигурации поля, принятого направления движения чаще применяют загонный способ движения уборочного агрегата (рис. 10.35, А) с правым поворотом на конце загона. При этом на каждом загоне делаются прокосы (рис. 10.35, 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 [135].

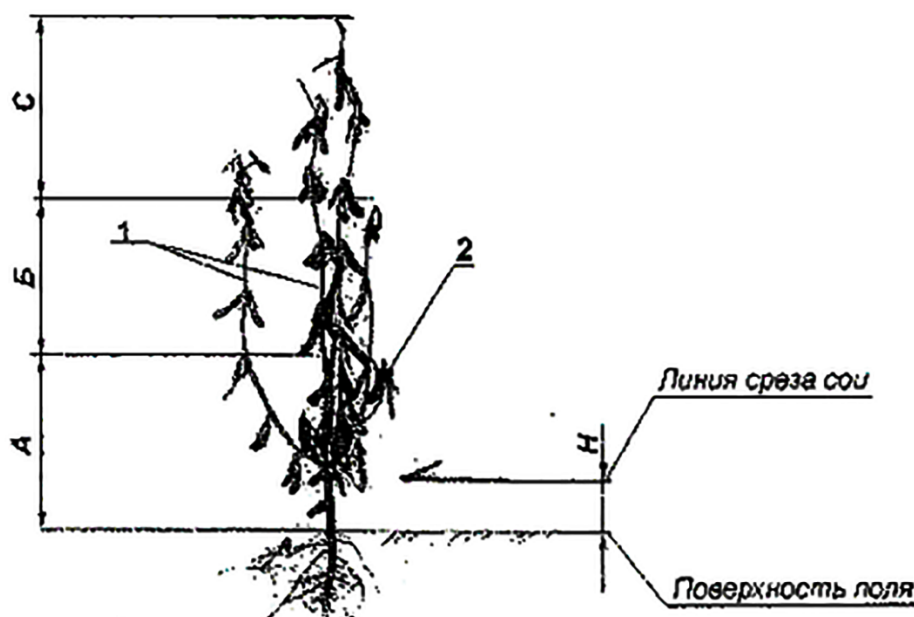


1 – угловой прокос; 2 – обкос по периметру загона;
 B – ширина загона, $B = 100\text{--}150$ м; L – длина, $L = 5\text{--}8 \cdot B$
Рисунок 10.35 – Схема движения комбайна в загоне

Для более эффективной уборки рекомендуется применение бункеров-накопителей для промежуточного накопления, а иногда и вывоза на край поля зерна.

Контроль качества работы комбайнов на уборке сои является важной частью общей организации проведения уборочных работ.

К моменту уборки растение сои выглядит, как показано на рисунке 10.36.



А, Б, С – нижний, средний и верхний ярусы размещения бобов;
1 – боковые ветви с бобами; 2 – бобы сои

Рисунок 10.36 – Куст сои к моменту уборки

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).

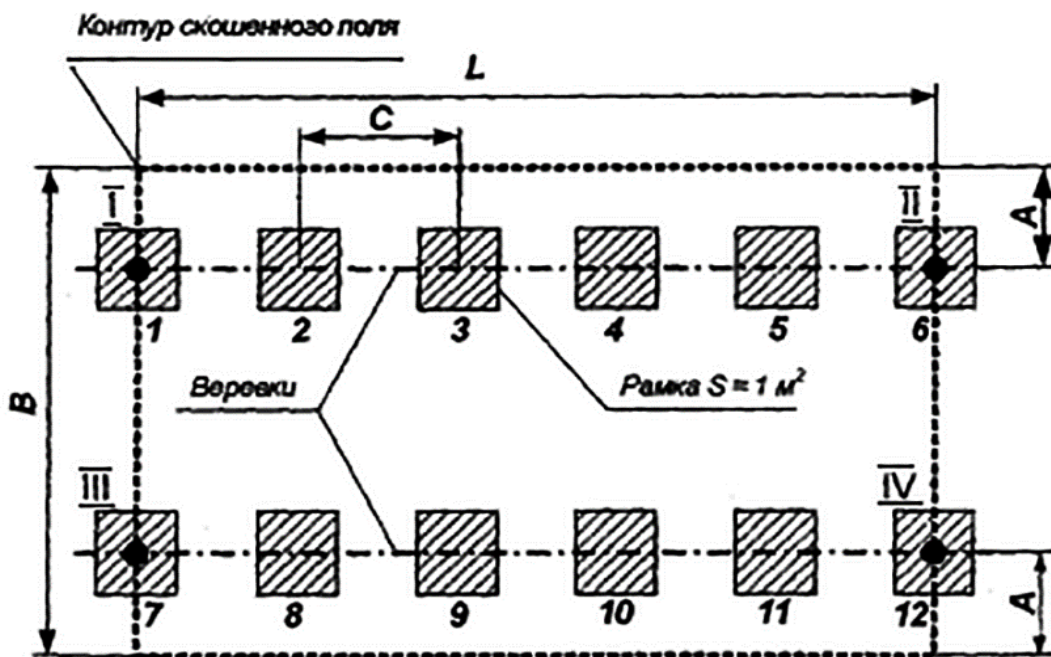
Каждую последующую пару замеров делают на расстоянии 10 м от предыдущей. По десяти полученным замерам определяют с точностью до одного сантиметра среднее значение высоты стерни. На этих же десяти остатках растений (стерне) могут находиться несрезанные бобы, которые необходимо

собрать, вымолотить вручную и взвесить семена. Зная биологическую урожайность семян и количество растений на один квадратный метр к моменту уборки, потери на стерне можно найти из выражения (10.1) [33]:

$$П_c = \frac{G_{ст}^-}{G_p^-} \cdot 100\% \quad (10.1)$$

где $G_{ст}^-$ – средний вес зерен в бобах, собранных с 1 м² стеблей стерни, г;
 G_p^- – среднее значение веса семян сои на 1 м² растений, 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 50 м и шириной В (рис. 10.37). Для этого протягивают шпагат по ходу комбайна на расстоянии одного метра от краев скошенной жаткой части поля. В местах I, II, III и IV вбивают кольца [33].



В – ширина полосы; С – расстояние между площадками

Рисунок 10.37 – Схема накладывания рамок площадью один квадратный метр на скошенный участок поля

Вдоль шпагата, начиная от крайних колеьев I, II, III и IV на расстоянии 10 м накладывают рамки площадью один квадратный метр и собирают из них оборванные бобы и вымолоченное зерно в отдельные емкости. В местах I, II, III и IV, где находятся крайние колья, потери собирают с площади 0,5 м² 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 м².

Для достоверности оценки указанных выше потерь необходимо на одном гектаре провести не менее пяти опытов по схеме (рис. 10.37), выбирая площадки L×B в разных местах убранного поля.

Потери семян сои, оказавшихся на поверхности почвы в виде вымолоченных зерен и в бобах на стерне после прохода комбайна, определяют из выражения (10.2) [33]:

$$P_c = \frac{0,01 \sum G^-}{I_B} \cdot 100\% \quad (10.2)$$

где G^- – среднее значение потерянных на поверхности почвы или стерне семян на 1 м², г;

I_B – биологическая урожайность сои к моменту уборки, т/га.

При определении потерь семян за жаткой надо исключать попадание замеров (накладывания рамок) на участки поля, где прошли колеса 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 емкости, закрепляемые на комбайне.

Замерив площадь скошенного комбайном участка (200 м²) и зная биологическую урожайность сои, не трудно найти потери молотилкой, проведя анализ собранного в емкости вороха. Для этого ворох, высыпанный на брезентовый полог или полиэтиленовую пленку, протряхивают и собирают семена. Часть семян может находиться в невымолоченных бобах.

В роторных молотильно-сепарирующих устройствах (например, в КЗР-10 «Полесье-Ротор») взятие и обработку проб нужно проводить отдельно на выходе из измельчителя соломы и удлинителя верхнего решета очистки (полова).

Величину потерь находят из выражения (10.3):

$$П_c = \frac{G_{ск.}^n}{G_{ск.}^и} \cdot 100\%, \quad (10.3)$$

$$G_{ск.}^и = \frac{S_k \cdot И_б''}{10^4} \quad (10.4)$$

где $G_{ск.}^n$ – вес семян сои, собранных в сборниках (в соломе или полове), кг;

$G_{ск.}^и$ – биологический вес сои на участке, скошенном комбайном, кг.

S_k – площадь скошенного участка, м²;

$И_б''$ – биологический вес зерна сои на 1 га, кг;

10^4 – площадь 1 га, м².

При копенной технологии уборки сои потери определяют путем взятия проб из соломы и половы. В соломе могут быть зерна в невымолоченных бобах (как правило, однозерновых), а в полове могут встречаться как единичные бобы (чаще однозерновые), 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 трехзерновых бобов в соломе не должно быть. При их наличии следует увеличить частоту вращения барабана или уменьшить его молотильные зазоры.

Одна из основных задач на уборке сои – обеспечение снижения дробления и микроповреждений зерна при работе комбайнов. Оценка этих показателей производится непрерывно в течение рабочего дня, путем анализа проб,

взятых из бункера комбайна. Пробы весом 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 [33].

Обобщенные показатели, характеризующие растения сои перед уборкой:

1. Высота растений – 63 см.
2. Высота прикрепления нижнего боба – 9 см.
3. Количество растений перед уборкой на 1 м² – 16 шт.
4. Толщина стебля на линии среза – 5,5 мм.
5. Количество ветвей у одного растения – 3 шт.
6. Вес 1 000 семян – 160 г.
7. Количество бобов на одном растении – 30 шт.
8. Урожай зерна – 1,8 т/га.
9. Урожай соломы – 1,6 т/га.
10. Влажность зерна при уборке – 13 %.
11. Количество бобов по ярусности: 0–20 см – 5; 11–20 см – 8; 21–30 см – 7; 31–40 см – 5; 41–50 см – 3; 51–60 см – 2 шт.
12. Длина боба – 35 мм.
13. Усилие выдергивания одного растения из почвы – 50 Н.

Технология и организация уборки зерновых культур

В зависимости от состояния растений, сорта и почвенно-климатических условий зерновые культуры убирают однофазным (прямое комбайнирование) или двухфазным (раздельным) способом. В первом случае, зерноуборочные комбайны скашивают и обмолачивают растения, зерно собирают в бункер, а солому и полову укладывают на поле в копны или в валок. Во втором случае

валковыми жатками типа «ЖРС-5», «ЖВН-6А», «ЖВР-20», «ЖРБ-4,2», «ЖРК-5» растения скашивают и укладывают на поле в валок, который через несколько дней подбирают и обмолачивают комбайнами.

Наряду с комбайновыми способами уборки урожая получают распространение и индустриально-поточные технологии уборки зерновых и семенников трав, при которых часть энергоемких и сложных операций при обработке растительной массы выполняют на стационарных или полустационарных пунктах [10, 59, 94, 155, 162, 168]. В Амурской области этот и другие способы не получили распространения.

Агротехнические требования к уборке

Зерноуборочные машины обеспечивают качественную уборку только в том случае, если их рабочие органы выбраны и отрегулированы в соответствии со свойствами убираемой культуры, а растения приспособлены для машинной уборки. Пригодность той или иной культуры к машинной уборке определяется физико-механическими свойствами и биологическими особенностями самих растений, а также их состоянием в период уборки.

На работу зерноуборочных машин оказывают влияние строение органов растений, длина стеблей и густота стояния, полеглость, прочность, влажность, размеры и масса семян, массовое отношение зерна к незерновой части, фаза спелости, засоренность посевов [108].

При скашивании низкорослых и полеглых растений необходимо снижать высоту среза, что нередко связано с техническими трудностями. Однако высокорослые растения также перегружают рабочие органы уборочной машины. В том и другом случаях наблюдаются большие потери урожая, поэтому приемлемая длина растений для зерновых колосовых должна быть не более 100–120 и не менее 55–60 см.

Растения с прочными стеблями меньше полегают, чем растения со слабыми стеблями. К тому же слабые стебли сильнее измельчаются рабочими органами, что ведет к перегрузке аппарата очистки. Поэтому сорта с прочными стеблями предпочтительнее использовать для качественной уборки.

От соотношения массы зерна, соломы и половы зависят производительность комбайна и качество убранных урожаев. При уборке высокосоломистых растений снижается производительность и возрастают потери от недомолота и свободного зерна в соломе, а при уборке малосоломистых растений – производительность возрастает, но увеличивается дробление зерна.

Семена зерновых созревают неравномерно. Зерна колосовых, вначале созревают в средней части, затем в верхней и нижней частях колоса. Наиболее неравномерно созревают зерна зернобобовых культур и многолетних бобовых трав. Неравномерное созревание приводит к широким колебаниям массы, влажности, размеров семян, прочности связи зерна с колосом, затрудняет обмолот. Поэтому при уборке необходимы сорта с одновременным формированием и равномерным созреванием всех зерновок (плодов) растения [16, 36, 92].

Устойчивость зерна к механическим повреждениям определяется прочностью зерновки, а также способом обмолота. Существующие ударные способы обмолота приводят к значительному повреждению зерна. Особенно велики микроповреждения, достигающие нередко до 50 %. Все это снижает товарные качества зерна и полевую всхожесть семян. Лучшее качество обмолота имеют комбайны с роторным молотильно-сепарирующим устройством [48].

Экспериментально установлено, что дробление зависит от массы, размеров и влажности семян, числа и скорости ударов, материала рабочих органов. Крупные семена сильнее повреждаются, чем мелкие. При многократном ударном воздействии число поврежденных семян возрастает пропорционально числу и скорости ударов. Эти данные свидетельствуют о том, что нужно снижать скорость и число ударных воздействий при обмолоте, транспортировке и

очистке зерна, а также выбрать оптимальные режимы рабочих органов машин.

Допустимой влажностью зерна и других частей растений при уборке является относительная влажность не более 24–25 %, превышение которой приводит к появлению свободной воды, самосогреванию и порче зерна [181].

При уборке растений с высокой влажностью возрастают потери от недомолота, часть зерна выходит с соломой, при уборке пересохшей растительной массы возрастают дробление зерна, измельчение соломы, потери зерна с половой [111, 134, 158].

Засоренность посевов отрицательно сказывается на работе зерноуборочной техники. Зеленые сорняки увеличивают потери, повышают влажность зерна. Поэтому борьба с засоренностью посевов – важнейший резерв повышения урожайности и эффективности использования зерноуборочных машин.

Сочетание прямого комбайнирования и отдельного способа уборки позволяет снижать себестоимость уборочных работ. Соотношение способов уборки может быть различным в зависимости от конкретной ситуации с учетом таких важных факторов, как условия возделывания культуры; оснащенность хозяйств жатками, комбайнами, агрегатами по переработке и сушке зерна; агробиологические особенности возделываемых сортов; складывающиеся на период уборки погодные условия.

Изреженные короткостебельные сорта должны убираться прямым комбайнированием, а засоренные посевы – отдельным способом. Отдельная уборка предпочтительна на склонных к полеганию посевах зерновых культур, а также на посевах зерновых культур, возделываемых по интенсивным технологиям. Особенности таких посевов являются повышенная влажность стеблей при полном созревании зерна и склонность к полеганию.

Прямое комбайнирование применяют в случае прогноза продолжительного периода осадков во время уборочных работ. В остальных случаях прямое

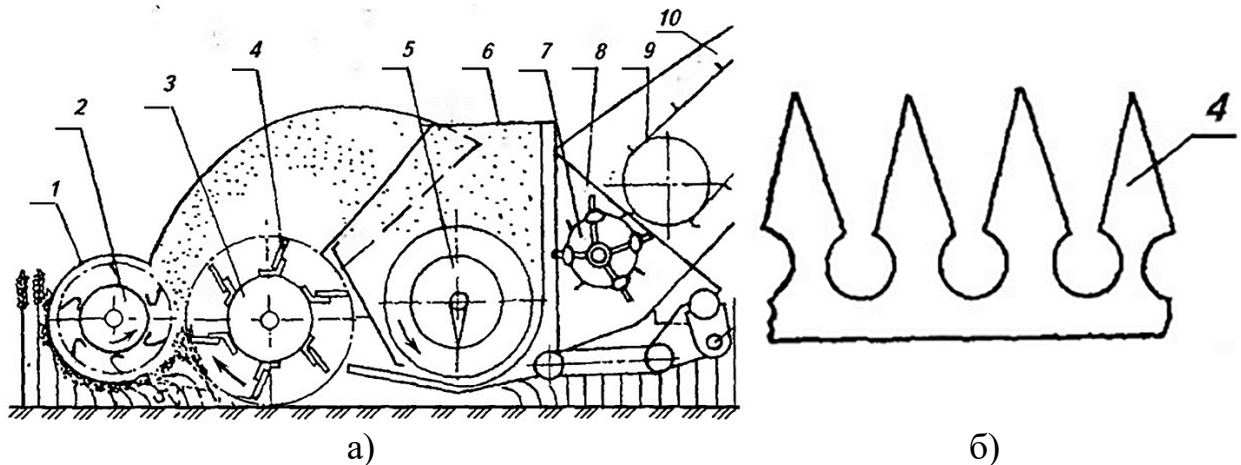
комбайнирование и раздельный способ уборки должны сочетаться в примерно равных пропорциях [75].

При раздельном способе уборки для скашивания растительной массы в валки используют навесные жатки типа «ЖВН-6А-02» и «ЖВР-20-03», агрегируемые с энергетическим средством «КПС-5Г», а также навесные жатки с различными комбайнами.

Уборка зерновых очесывающим устройством

Очесывающее устройство ОКД-4 предназначено для очеса и сбора продуктивной части растений зерновых, зернобобовых и крупяных культур, риса и кормовых трав. Устройство состоит из очесывающего модуля, платформы 6 (рис. 10.38, а) и проставки 8. Устройство навешивают на комбайн вместо снятой классической жатки. Очесывающий модуль снабжен подающим 2 и очесывающим 3 барабанами, заключенными в кожух 1. На цилиндрической поверхности подающего барабана закреплены в шесть рядов металлические гребенки, а на поверхности очесывающего барабана – эластичные. Лобовая поверхность кожуха 1 выполнена в форме цилиндра, открытого со стороны, обращенной к барабану 3. Очесывающие гребенки 4 имеют специфическую конфигурацию зубьев (рис. 10.38, б), между которыми образуется фигурное пространство (паз) для захода стеблей и их очеса [83].

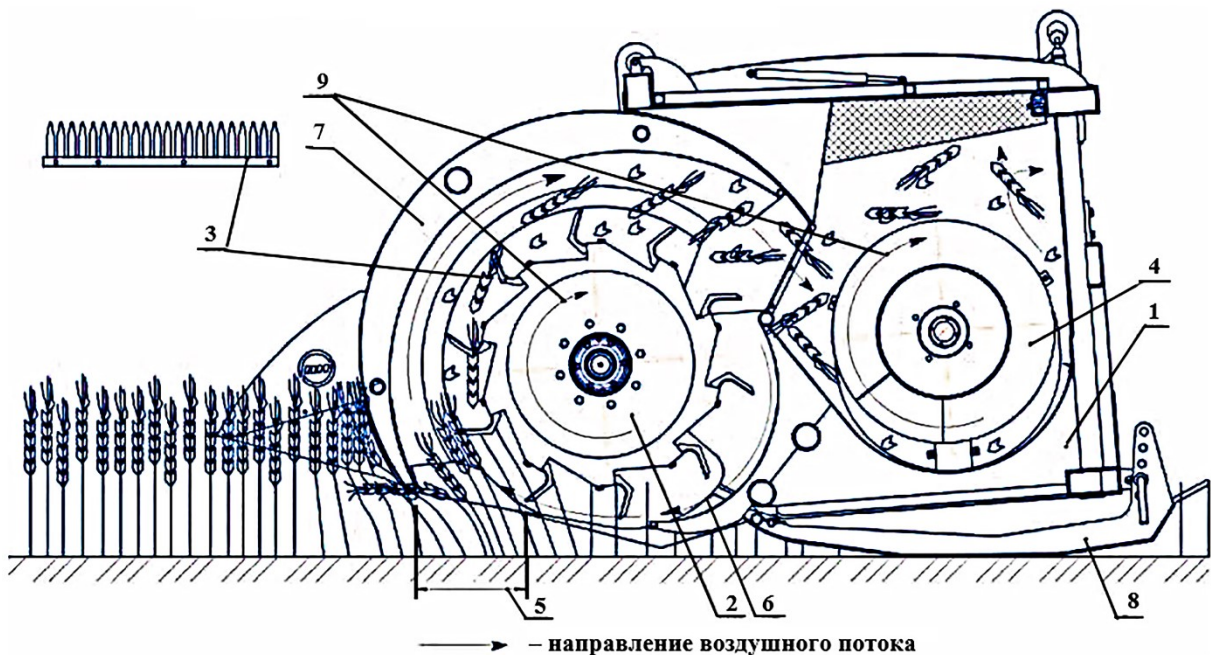
При движении лобовая, закругленная поверхность кожуха (обтекатель) наклоняет растения вперед по ходу машины. Освободившись от воздействия кожуха, растения попадают в рабочую зону между вращающимися барабанами 2 и 3. Подающий барабан поднимает вершины растений и подводит их к очесывающему барабану. Гребенки прочесывают пучки растений и обрывают колоски (у других культур – метелки, головки и др.). Очесанная масса под воздействием инерционных сил и воздушного потока, создаваемого барабанами, поступает к шнеку 5, битеру 7 и транспортером 9 подается в молотилку.



а) схема рабочего процесса; б) общий вид гребенки

1 – кожух; 2 – подающий барабан; 3 – очесывающий барабан; 4 – гребенка; 5 – шнек;
6 – платформа; 7 – битер; 8 – проставка; 9 – плавающий транспортер; 10 – наклонная камера

Рисунок 10.38 – Очесывающее устройство ОКД-4



1 – каркас; 2 – очесывающий барабан; 3 – съемные гребенки; 4 – шнек; 5 – зона очеса;
6 – подбарабанье; 7 – обтекатель; 8 – лыжа; 9 – направления вращения шнека и барабана

Рисунок 10.39 – Схема однобарабанной жатки типа «ОЗОН»

Высоту очеса регулируют, переставляя опорные башмаки (как у классической жатки). Заглубление очесывающего модуля в нормальный стеблестой должно составлять 300–350 мм. В зависимости от убираемой культуры регулируют частоту вращения барабана. Очес полеглых зерновых культур проводят против полеглости, а редких – вдоль рядков. В молотилку поступают в основном

колосья с зерном и 30–50 % соломистой массы, что облегчает работу молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочного комбайна, повышая при этом производительность в 1,3–1,5 раза и снижая потери за молотилкой [50, 83].

Очесанную стерню тяжелыми дисковыми боронами измельчают и заделывают в верхний слой почвы. В степных районах длинную стерню оставляют на зиму для снегозадержания.

На рисунке 10.39 представлена схема однобарабанной очесывающей жатки «ОЗОН» [83].

11 ПРОБЛЕМЫ ПРОХОДИМОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

В мобильных энергетических средствах, используемых в сельскохозяйственном производстве, находят применение колесные и гусеничные ходовые системы. Производство гусеничных зерноуборочных комбайнов и их применение в Амурской области насчитывает более 60 лет.

В последние годы в качестве ходовой системы для зерноуборочных комбайнов применяются резинокордовые гусеницы (рис. 11.1), которые имеют большую эксплуатационную надежность по сравнению с ранее применявшимися металлическими гусеницами (рис. 11.2) [71, 72].

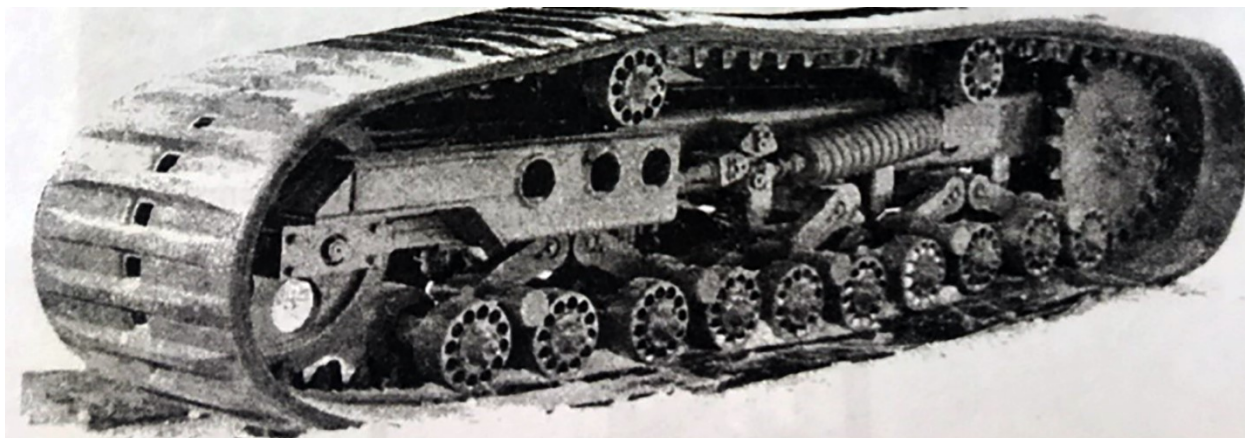


Рисунок 11.1 – Резиноармированная гусеница



Рисунок 11.2 – Металлическая ходовая часть

Основная гипотеза применения гусеничной ходовой системы на комбайне связана с переувлажнением почвы и удельным давлением на нее. В результате взаимодействия гусеничного движителя с почвой, она подвержена деформации значительно меньше, чем колесным ходовым аппаратом. В связи с этим, сопротивление движению как колеса, так и гусеницы определяется в значительной мере величиной деформации почвы, которая зависит от ее состояния, а также давления на почву, определяемого величиной опорной поверхности колеса и гусеницы.

Силу сопротивления движению этих ходовых аппаратов можно определить из выражения (11.1) [44]:

$$F = Nf = \frac{G \cdot h}{2L} \quad (11.1)$$

где N – сила нормального давления, кг;

f – коэффициент трения;

h – глубина колеи, м;

L – длина опорной поверхности движителя, м.

Из выражения (11.1) видно, что сила F в значительной степени зависит от величины опорной поверхности ходового аппарата, которая у гусениц значительно больше, чем у колеса. Важно отметить, что колесный ходовой аппарат в большей мере уплотняет почву, которая в таком состоянии снижает урожай сельскохозяйственных культур и требует ее дополнительной энергетически затратной обработки.

На рисунке 11.3 показана схема сил, действующих на ведущее колесо с пневматической шиной [31].

Качение ведущего колеса комбайна вызывается ведущим моментом, приложенным к его оси. Кроме ведущего момента, на колесо действуют следующие силы и реакции: вес G_k , включая вес самого колеса; реактивная сила F_k , представляющая собой сопротивление, оказываемое остоном машины толкающему ее колесу; реакции почвы, которые могут быть представлены в виде

двух результирующих – вертикальной Y_k , направленной вверх; горизонтальной X_k , направленной по движению.

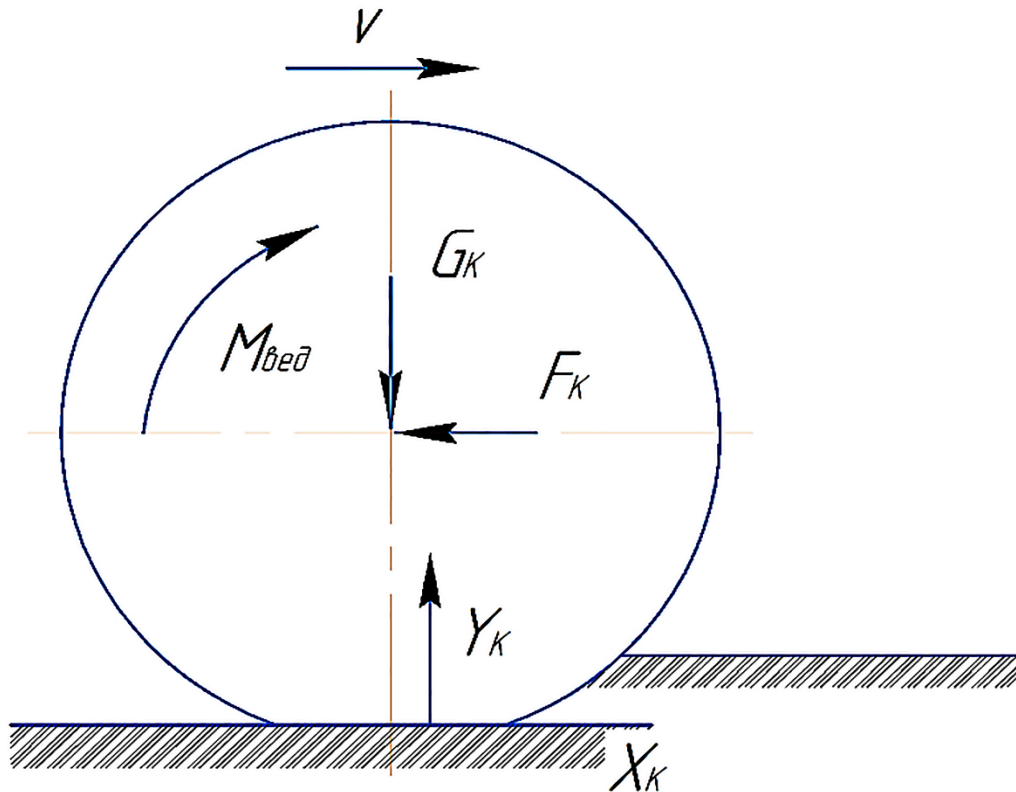


Рисунок 11.3 – Схема сил, действующих
на ведущее колесо с пневматической шиной

Передача ведущего момента вызывает возникновение между движителями и почвой соответствующих касательных реакций. Эти реакции направлены по движению машины, и не толкают ее вперед. В общем случае движения получаем выражение (11.2) [31]:

$$X_k = \frac{M_{\text{вед}} - M_{fk}}{r_d} \quad (11.2)$$

где M_{fk} – момент, необходимый для преодоления сопротивления качению ведущих колес,

r_d – динамический радиус ведущего колеса.

Отношение $\frac{M_{\text{вед}}}{r_d}$ называется касательной силой тяги при установившемся движении.

Возможное максимальное значение ведущего момента зависит не только от двигателя и номера передачи в трансмиссии, но и от сцепления колеса с почвой.

Сцепные качества ведущих органов, характеризующие их способность развивать или воспринимать при взаимодействии с почвой касательные силы, принято оценивать коэффициентом сцепления (φ). Понятие о коэффициенте сцепления аналогично применяемому в механике понятию о коэффициенте трения между двумя твердыми поверхностями, хотя в действительности процессы взаимодействия движителя с почвой имеют значительно более сложный характер. В соответствии с такой аналогией коэффициент сцепления рассматривается как отношение максимальной тяговой силы, которая может быть получена в зоне контакта ведущих колес с почвой, к передаваемой ими нагрузке.

Можно считать, что напряжение при работе движителя, возникающее на поверхности пути и в почве, создается непосредственно касательной силой тяги P_k . Поэтому сила тяги выражается уравнением (11.3):

$$P_k = \varphi \cdot Y_k \quad (11.3)$$

где φ – коэффициент сцепления почвы с колесом;

Y_k – нормальная реакция почвы на ведущие колеса.

Буксование колеса, связанное с деформацией почвы и ее уплотнением

В связи с деформацией почвы и деформациями шины, происходящими при движении колеса, реакция почвы смещается относительно оси колеса на некоторое продольное расстояние. Толкающая реакция почвы X_k , численно равна сопротивлению остова F_k , но направлена в противоположную сторону. Она действует относительно центра колеса на плече, которое является динамическим радиусом r_d ведущего колеса.

Мощностной баланс колеса выражается уравнением (11.4) [152]:

$$M_{\text{вед}} \cdot \omega_k = M_{fk} \cdot \omega_k + X_k \cdot r_d \cdot \omega_k \quad (11.4)$$

Истинная величина поступательной скорости ведущего колеса из-за буксования всегда меньше теоретической, и действительный радиус качения меньше теоретического.

В результате потерь на качение и буксование, мощность, передаваемая ведущими колесами остову машины, меньше мощности, подводимой колесу. Назовем отношение указанных мощностей коэффициентом полезного действия ведущего колеса (μ_k):

$$\mu_k = \frac{X_k \cdot v_m}{M_{\text{вед}} \cdot \omega_k} \quad (11.5)$$

где v_m – действительная скорость колеса (машины) с учетом буксования;
 ω_k – угловая скорость колеса.

Отношение $\frac{M_{\text{вед}} - M_{fk}}{M_{\text{вед}}}$ можно рассматривать как коэффициент полезного действия, учитывающий потери на качение колеса, а отношение $\frac{v}{v_m}$ – как коэффициент, учитывающий потери на буксование колеса.

Колесо, имея малую площадь контакта с почвой, оставляет колею, нарушая структуру почвы, а буксование приводит к снижению производительности комбайна.

Взаимодействие гусеницы с почвой. Проходимость машин

Движение гусеничной машины осуществляется за счет взаимодействия опорного участка движителя с почвой. Под воздействием крутящего момента на ведущих звездочках между опорной поверхностью и почвой возникают касательные реакции. Касательные реакции, действуя на движитель, толкают машину вперед. Равнодействующая касательных реакций почвы (без учета внутренних потерь) является касательной силой тяги. В результате взаимодействия гусеничного движителя с почвой, последняя подвергается деформации. Со стороны почвы возникают реакции, обуславливающие силу сопротивления

движению машины. Возможность передвижения определяется преобладанием касательной силы тяги над сопротивлением движению. Рассмотрим физическую природу силы сопротивления и касательной силы тяги гусеничного движителя.

При движении гусеничной машины часть мощности двигателя произвольно затрачивается на преодоление силы сопротивления движению.

Сила сопротивления движению складывается из внутренних и внешних потерь [44]:

$$P_f = P_{f_m} + P_{f_{\Pi}} \quad (11.6)$$

где P_{f_m} – сила сопротивления движению вследствие внутренних потерь;
 $P_{f_{\Pi}}$ – сила сопротивления движению вследствие внешних потерь.

Внутренние потери мощности гусеничного движителя обусловлены трением и ударными нагрузками в механизмах ходовой части: потери на трение в подшипниках опорных и поддерживающих катков; на перекатывание опорных катков по гусеницам; на трение в шарнирах гусеничных звеньев; в зацеплении ведущих звездочек с гусеничными цепями.

Сопротивление движению гусеничной машины вследствие деформации почвы определяется деформацией последней направляющим и опорным участками движителя. Деформация почвы направляющим участком происходит по вектору абсолютной скорости. Направляющий участок гусеничного движителя принимается абсолютно жестким. Последнее положение не в полной мере соответствует реальному процессу взаимодействия гусеничного движителя с переувлажненными почвами Дальнего Востока [140].

Исследования по метало-гусеничному движителю уборочных машин, эксплуатирующихся в дальневосточном регионе показывают, что ходовой аппарат оказывает техногенное воздействие на почву: разрушается структура, происходит уплотнение плодородного слоя, нарушаются агрофизические процессы. В конечном итоге, техногенное воздействие машин на почву ведет к

снижению потенциального плодородия последней. Особенно отрицательное воздействие ходовых систем проявляется в зонах, подверженных переувлажнению. Вопросы охраны окружающей среды (сохранения плодородия почвы) приобретают важное народнохозяйственное значение. Положительную роль играет применение комбайнов с резиноармированной гусеницей.

Существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в земледелии не отличаются щадящим воздействием на почву. Из-за несовершенства технологических процессов суммарная площадь следов движителей и опорных колес почти в два раза превышает площадь обрабатываемого участка поля. Многократному воздействию ходовых систем подвергаются: 10–12 % площади поля – от 6 до 20 раз; 65–80 % площади поля – от 1 до 6 раз и только 10–15 % – не подвергаются этому воздействию.

Техногенное разрушение почвы проявляется через ее уплотнение и разрушение структуры.

Переувлажнение почвы ухудшает ее водоаккумулирующую способность, увеличивает поверхностный сток воды, что в сочетании с разрушением (истиранием) почвенного слоя усугубляет водную эрозию.

Переувлажнение почвы, неравномерно выраженное по площади поля, влияет на тяговое сопротивление машин по длине гона, приводит к неравномерности глубины обработки и негативно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур.

Установлено, что сопротивление обработке почвы по следу гусеничных тракторов возрастает на 25 %, по следу колесных – на 40 % и по следу тяжелых автомобилей – на 65 % по сравнению с сопротивлением обработке ненарушенных участков, а это в дальнейшем приводит к перерасходу топлива.

Решить проблему разрушения сельскохозяйственных земель можно, обеспечив машинное земледелие экологически совместимой техникой [12, 43, 47, 93, 116].

Совершенствованием движителей уборочно-транспортных машин занималось Главное специализированное конструкторское бюро ОАО «Дальсельмаш», которое совместно с японской фирмой «Бриджстоун» и НАТИ создало опытные образцы гусеничного хода с резиноармированной гусеницей, обеспечивающей экологически допустимое техногенное воздействие на почву в пределах нормы, установленной государственным стандартом.

Для решения задачи обеспечения уборки урожая в период переувлажнения почвы в СССР был создан гусеничный ходовой аппарат. С 1958 года на заводе «Дальсельмаш» (г. Биробиджан) было налажено производство гусеничных комбайнов. Начиная с 2005 года, производство гусеничных комбайнов организовано на заводе «Ростсельмаш» (РФ) и на заводе «Гомсельмаш» в Республике Беларусь.

В настоящее время в Амурской области проблема проходимости уборочных машин на уборке зерновых, сои и кукурузы может быть решена с использованием самоходных гусеничных комбайнов «Амур-Палессе» GS-812С и «Vector-450 Track», а также частично оставшихся в хозяйствах гусеничных комбайнов «Енисей-1200Р».

В оценке работы комбайнов следует различать проходимость. Этот показатель в широком смысле трактуется, как способность машины передвигаться по полю и одновременно выполнять работу на почвах различной влажности, различной несущей способности, без существенного ухудшения плодородия, поверхности поля, качества выполняемой операции.

Агротехническая проходимость оценивается рядом показателей: нормальным давлением, просветом в междурядьях между рамой и поверхностью поля, просветом над растением, маневренностью, устойчивостью прямолинейного движения, травмированием растений, потерями урожая [44].

Ходовые аппараты уборочных машин могут взаимодействовать со следующими видами почв: 1) очень плотные, практически не образующие колеи;

2) средней плотности и влажности, уплотняющиеся под нагрузкой и образующие колею; 3) прессующиеся грунты, уплотняющиеся под нагрузкой и образующие колею; 4) почвы, находящиеся в пластическом или близком к нему состоянию; малоуплотняющиеся, но легко выдавливаемые под нагрузкой с образованием глубокой колеи [44].

Последние два вида почв характерны для Амурской области. На почвах первой и второй групп применяют машины с колесным ходовым аппаратом, то есть с пневматическими шинами.

С увеличением среднего удельного давления на почву увеличивается погружение машины, то есть возрастает глубина колеи. При этом увеличивается работа деформации почвы передней частью гусеницы, что повышает коэффициент сопротивления движению машины. Дифферент оказывает большое влияние на поверхность гусеничных машин. Дифферентом называется угол наклона опорной поверхности гусеницы к горизонту [44].

Несмотря на распространенное применение колесного движителя, гусеничная ходовая система в отличие от нее имеет минимальное давление на почву.

Анализ теоретических исследований по проходимости машин

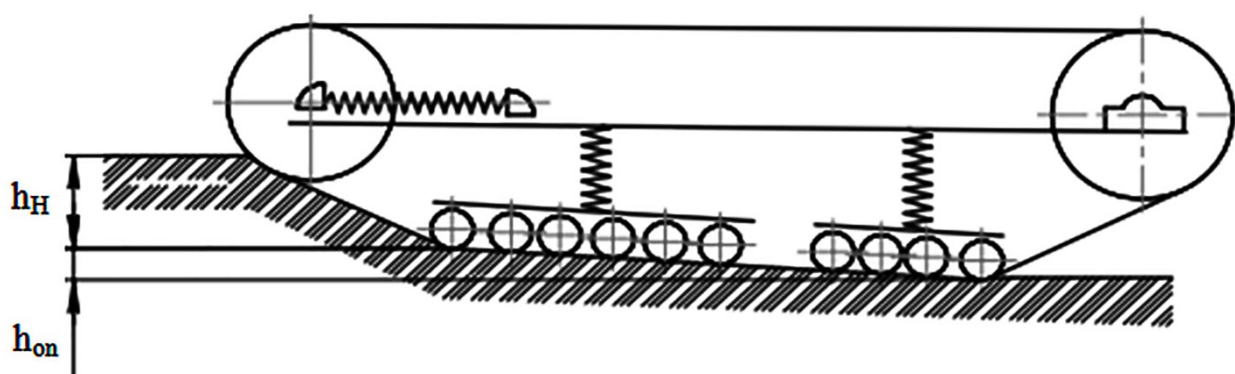
При равномерном распределении нормального давления основная часть деформации почвы производится направляющим, меньшая часть – опорным участками движителя (рис. 11.4).

Глубину колеи, образующуюся под воздействием направляющего участка, можно определить по условию предельного равновесия почвы:

$$\tau \cdot n = c + \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \rho \quad (11.7)$$

где $\tau \cdot n$ – касательное напряжение;

σ_n – нормальное напряжение.



h_H – деформация почвы на направляющем участке гусеницы (движителя);
 $h_{оп}$ – деформация почвы на опорном участке движителя

Рисунок 11.4 – Схема деформации почвы гусеничным движителем

При нарушении этого условия в почве возникают зоны пластического течения. По мере развития деформации эти зоны образуют сплошные поверхности скольжения, по которым происходит выдавливание почвы из-под гусеницы.

Под опорной поверхностью движителя происходит дальнейшее увеличение деформации почвы. Обуславливается это тем, что давление движителя на почву передается гусеничными звеньями опорного участка. В результате, почва под действием гусениц подвергается воздействию многократных нагрузок. Из механики грунтов известно, что повторяющиеся, циклические прикладываемые к грунту нагрузки вызывают в нем накопление деформации. Достигнув величины, соответствующей первому приложению нагрузки, деформация не прекращается, а продолжает увеличиваться при последующих действиях нагрузки. Многочисленные опыты, поставленные на грунтах разных видов, и состояния, показывают, что, если к ним прикладывать через штамп повторяющиеся нагрузки, то суммарная деформация находится в логарифмической зависимости от числа приложений нагрузки:

$$h_N = h_1 \cdot (k_u \cdot \lg N + 1) \quad (11.8)$$

где h_1 – необратимая деформация после первого приложения нагрузки;

h_N – коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации;

N – число приложений нагрузки.

Рассмотренное положение справедливо и для гусеничного движителя. Повторное приложение нагрузок на почву гусеничных звеньев вызывает возрастание колеи по мере приближения к концу опорной поверхности движителя.

Влияние длины и ширины гусениц на проходимость уборочных машин

Длина и ширина опорной поверхности движителя оказывают влияние на тягово-сцепные свойства гусеничной машины. Необходимо прибегать к тому, чтобы нормальное давление машины на почву оставалось постоянным.

Рассмотрим влияние на тягово-сцепные свойства не отдельно длины и ширины гусеницы, а их отношения $\lambda = \frac{l}{b}$. Площадь опорной поверхности движителя при этом остается постоянной [44].

Увеличение отношения $\frac{l}{b}$, вызывает, во-первых, повышение время воздействия движителя на почвы, что ведет к возрастанию глубины колеи; во-вторых, повышение внутренних потерь в движителе за счет увеличения потерь на трение в дополнительных шарнирах опорного участка. Данными причинами и обуславливается повышение коэффициента сопротивления движению при увеличении отношения длины к ширине гусеницы. Кроме того, при большом отношении l к b существенно ухудшается одно из свойств понятия «проходимость» – поворотливость гусеничной машины.

12 ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ КОМБАЙНОВ

В 2020 году в Амурской области зерновые культуры были посеяны на площади 201,1 тыс. га, а соя на 869,7 тыс. га. В Серышевском районе площади под зерновыми составили 11,8 тыс. га, под сою – 70,5 тыс. га [106].

В период уборки зерновых и сои в Амурской области наблюдается выпадение до трети годового количества осадков, что приводит к переувлажнению почвы и ухудшению проходимости и производительности зерноуборочных комбайнов. На момент уборки урожайность зерновых в Серышевском районе составила 16,9 ц/га, сои – 10,3 ц/га.

На рисунке 12.1 показана колея от прохода колесного и гусеничного комбайнов (октябрь 2020 г.).



а)



б)

а) колесный комбайн; б) гусеничный комбайн

Рисунок 12.1 – Колея после прохода комбайнов

После прохода гусеничного комбайна остаются только следы грунтозацепов. Среднее значение глубины колеи во время уборки сои, после прохода колесного зерноуборочного комбайна составило 20–25 см, а при достижении глубины колеи 55–60 см, комбайн не мог выполнять технологический процесс уборки.

В процессе уборки в Серышевском районе участвовало 285 зерноуборочных комбайнов, из которых 99 – гусеничных, что соответствует 35 % парка, и это превышает средний показатель по области (28 %) (табл. 12.1) [131].

Таблица 12.1 – Структура гусеничных комбайнов в районах Амурской области (на 01.07.2020 г.)

Район	Всего комбайнов	Количество гусеничных комбайнов			Удельный вес гусеничных комбайнов, %
		«Енисей-1200»	«Vector-450 Track»	«КЗС-812 С»	
Архаринский	117	24	1	3	24
Белогорский	232	56	3	8	29
Бурейский	72	25	3	2	42
Ивановский	241	23	20	2	19
Константиновский	206	10	31	17	28
Октябрьский	119	2	5	7	12
Ромненский	162	46	14	2	38
Тамбовский	284	0	4	78	29
Мазановский	133	64	1	6	53
Благовещенский	123	7	2	1	8
Завитинский	54	17	0	5	41
Зейский	11	1	0	0	9
Свободненский	81	4	6	2	15
Серышевский	285	52	20	27	35
Шимановский	20	0	0	0	0
Михайловский	298	48	17	9	25
Итого	2 348	379	127	169	28

В 2015–2020 гг. происходит тенденция снижения количества гусеничных зерноуборочных комбайнов. В настоящее время их число не превышает 28 %, причем около 50 % от этого составляют устаревшие комбайны семейства «Енисей-1200Р».

12 Оценка производительности колесных и гусеничных комбайнов

В сентябре – октябре 2020 года в КФХ Курбанов Р. Н., нами были проведены исследования уборной площади и намолота комбайнами «Vector-410» и «Vector-450 Track». Результаты представлены на рисунках 12.2–12.5. На графиках видно, что при одинаковых условиях уборки, гусеничный комбайн убирал и намолачивал больше, чем колесный [131].

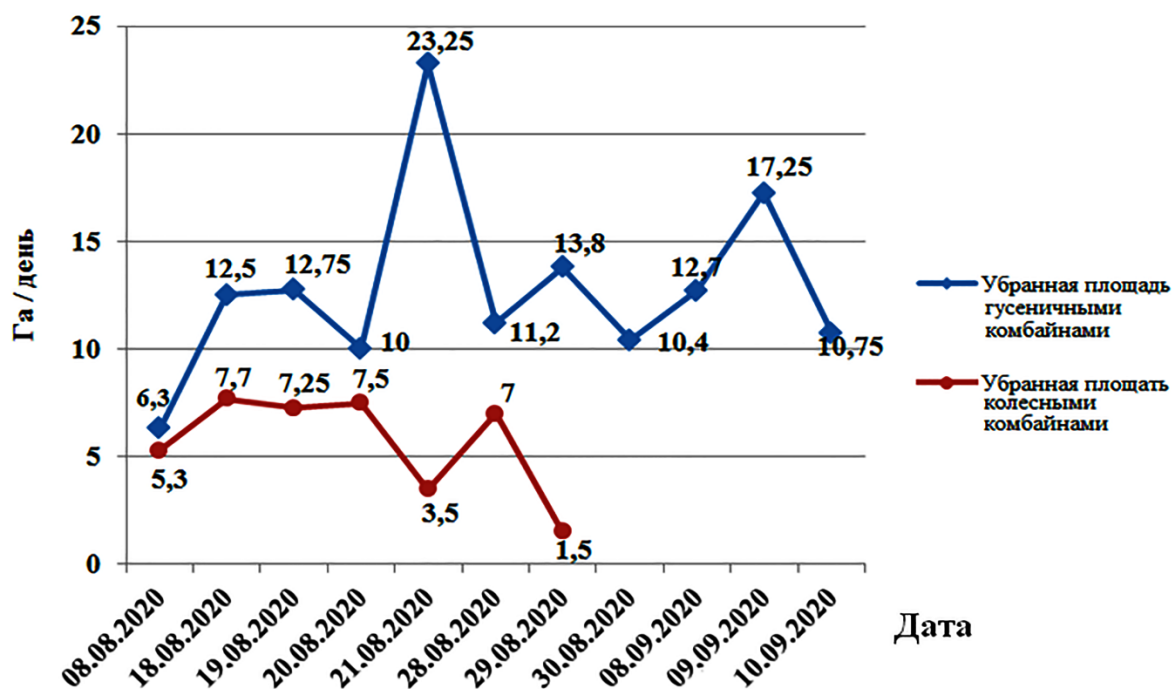


Рисунок 12.2 – Уборная площадь зерновых гусеничными и колесными комбайнами

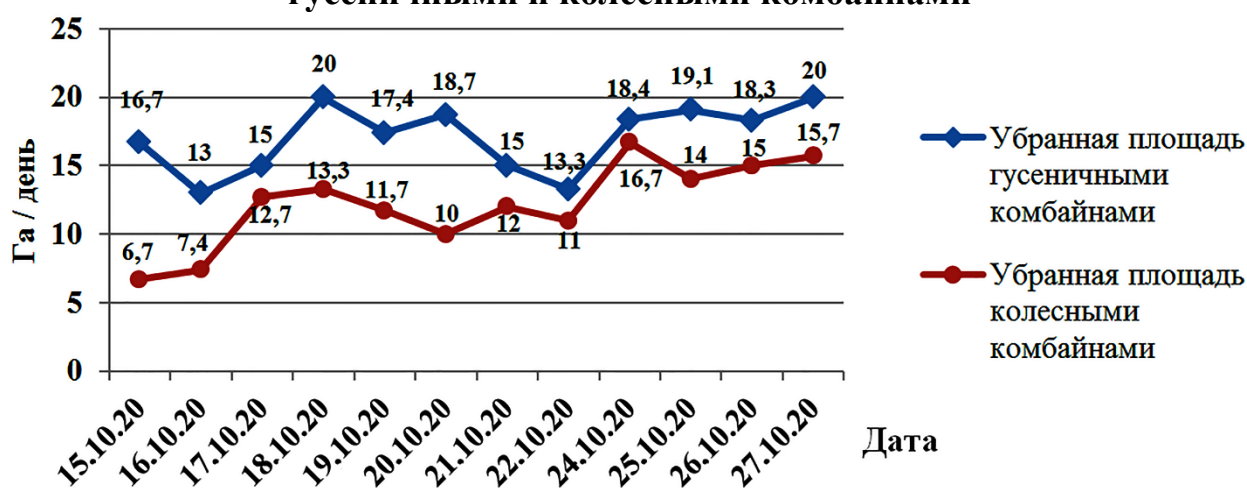


Рисунок 12.3 – Уборная площадь сои гусеничными и колесными комбайнами

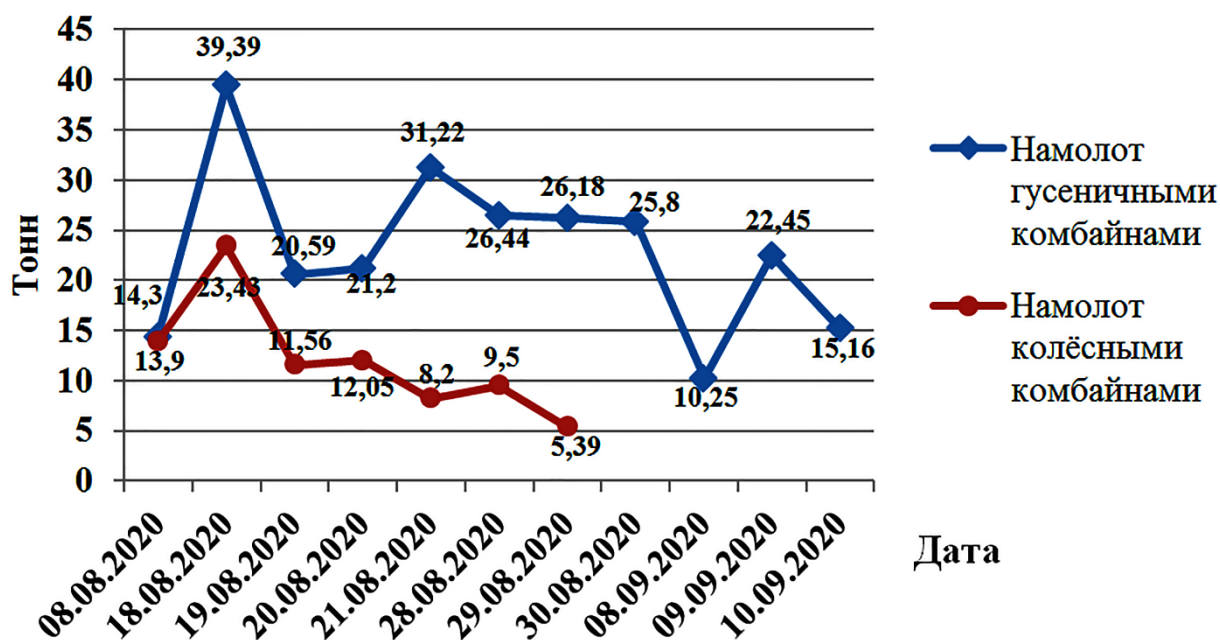


Рисунок 12.4 – Намолот зерна колесными и гусеничными комбайнами

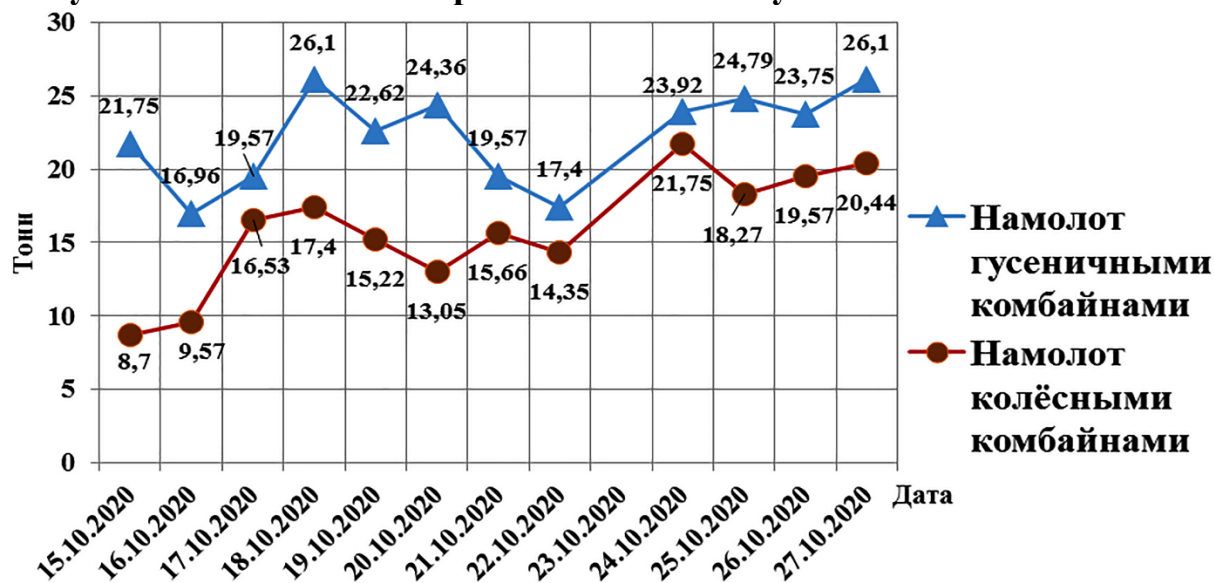


Рисунок 12.5 – Намолот сои колесными и гусеничными комбайнами

Анализ комбайнового парка показывает появление тенденции снижения численности гусеничных машин. Вместе с тем, в Серышевском районе количество гусеничных комбайнов составило в 2020 году 35 %, что выше среднего по области показателя – 28 %.

В КФХ Курбанов Р. Н., наблюдения показали, что гусеничные комбайны в условиях уборки в 2020 году обеспечивали повышение производительности по убранной площади зерновых и сои в среднем в 1,8 раза.

13 СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Система спутникового мониторинга и контроля транспорта – это аппаратно-программный комплекс, разработанный на основе самых современных технологий в области спутниковой навигации, а также каналов передачи и обработки данных [161].

В условиях северного региона республики Казахстан, Ю. В. Полищуком и др. учеными изучено влияние систем параллельного и автоматического вождения на технико-эксплуатационные и экономические показатели работы машинотракторных агрегатов. Внимания заслуживают результаты применения системы параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) на уборке пшеницы. Было обеспечено увеличение производительности на 2,1 %, снижение совокупных затрат денежных средств на 3 %, затрат труда и удельного расхода топлива на 1,4 %. При этом годовая экономия совокупных затрат денежных средств составила 233,4 тыс. тенге (или 38,9 тыс. руб.) [133].

В. И. Балабановым представлена концепция разработки и описание агротехнологического мобильного роботизированного комплекса «Green Bot», состоящего из механической платформы и зондо-сенсорной системы. Механическая платформа обеспечивает универсальные функции: общий бортовой контроль; перемещение по RFID меткам или GPS/ГЛОНАСС-координатам; электропитание всех подсистем с возможностью подзарядки на фиксированных зарядных станциях; считывание, обработку и хранение информации с сенсоров; управление универсальным манипулятором; поддержку информационно-коммуникационных каналов; обеспечение автоматической диагностики и аварийной сигнализации.

Главным достоинством роботизированного комплекса является модульное исполнение электроники (технология «система в корпусе»), обеспечиваю-

щее системную миниатюризацию всех узлов и систем, высокую повторяемость их характеристик, дешевую модификацию, производство и воспроизводство. «Green Bot» предназначен для применения в системах закрытого грунта: теплицах, оранжереях, зимних садах и т. д. Указано, что его применение гарантирует качество выполнения работ при прополке и уборке урожая более чем на 95 %. Подчеркивается, что разработка являлась победителем конкурса инновационных проектов «AgRoBot-2016» и выставлялась на международной выставке сельскохозяйственной техники «Агросалон-2016» [7].

Е. В. Пуховым и др., на основе анализа результатов исследований ученых, занимающихся развитием технологий точного земледелия, показана необходимость совершенствования технологии уборочных работ и технических средств для их реализации. Одним из способов повышения эффективности управления уборочно-транспортным процессом является сокращение простоев транспортных и технологических машин (комбайнов и транспортных средств). Систематизированы и структурированы затраты времени на выполнение транспортных работ при уборке зерновых культур. Выделены временные интервалы, приводящие к простоям используемых технологических машин и автомобилей. Представлена система оценки эффективности функционирования техники при проведении уборочно-транспортных работ, базирующаяся на определении потерь рабочего времени из-за несвоевременной подачи транспортного средства к уборочному агрегату.

Предложенная модель оценки эффективности функционирования уборочно-транспортного процесса базируется на оперативном учете технологических операций и фиксации затрат времени на каждой операции. Устранение несогласованности работ автомобилей и комбайнов позволяет повысить производительность на этапе уборочно-транспортных циклов на 15 % и, как следствие, сократить сроки уборки и потери зерна [139].

В работе С. Д. Ридного, Е. В. Герасимова и др. рассматривается уборка урожая с применением различных устройств, входящих в состав системы картирования урожайности. Из коммерчески доступных и успешно продаваемых являются системы урожайного картирования шести типов: AFS (фирма «Case IH»), «Agleader», «Green Star» («Deere»), «Caterpillar», «Fieldster» («AGCO» – объединение «MF-Gleaner»), «Grain Trak» («Micro-Trak»). Из европейских организаций следует отметить систему «Agrosom» немецкой фирмы «Claas», работающую с бортовым компьютером и информационной системой «Cebis». В работе более подробно рассматривается система картирования урожайности «Agrosom» АСТ, которая устанавливалась на зерноуборочный комбайн «Acros-530», и после наладки и калибровки оборудования производилась уборка поля с озимой пшеницей.

В результате проведения уборки поля с озимой пшеницей были получены данные о фактическом размере урожая на данном поле, и по ним изготовлена электронная карта урожайности пшеницы. Универсальная система картирования предназначена для непрерывного измерения количества собранного урожая и влажности зерна с единицы площади с учетом местоположения комбайна и неровностей поля. Навигационное оборудование и системы картирования урожайности – это значительный шаг в оптимизации уборочных процессов, а также источник получения дополнительной информации для проведения дальнейших исследований состояния почвы и выработки рекомендаций, направленных на выравнивание потенциала почвы и увеличения урожайности. Также стоит отметить, что необходимо продолжить работы по совершенствованию систем картирования урожайности с целью повышения точности получения данных об изменении поступающего зерна в бункер и уменьшению времени простоя зерноуборочного комбайна при обслуживании таких систем [172].

При картировании урожайности поле рассматривается как совокупность элементарных участков. Определение урожайности производится на каждом элементарном участке поля с записью координат участков. В настоящее время

существуют различные системы картирования урожайности: универсальные и выпускаемые производителями комбайнов «Claas», «John Deere» или «Massey Ferguson».

П. Г. Иванченко и И. И. Султановым рассмотрены зерноуборочные комбайны и элементы системы картирования урожайности. По результатам исследования определены основные элементы систем картирования урожайности, описан принцип работы каждого из них. Проанализированы системы картирования урожайности, совместимые с наиболее распространенными зерноуборочными комбайнами в Казахстане. Выяснено, что наиболее используемыми являются универсальные системы. По результатам проведенного исследования установлено, что с наиболее распространенными в Казахстане зерноуборочными комбайнами совместимы такие универсальные системы картирования урожайности, как «Raven Industries», «Agleader Technology» и «Trimble» [55].

В работе [59] на примере одного из агропредприятий Минской области проведена отработка перспективных направлений использования беспилотных аппаратов для дистанционного мониторинга сельскохозяйственных угодий. Показано, что применение беспилотных авиационных комплексов позволяет значительно увеличить урожайность, уменьшить использование дизельного топлива и удобрений, сократить потери урожая из-за болезней.

Г. В. Клинк и А. Н. Попескул анализировался процесс мониторинга и картирования урожайности при уборке и намолоте зерновых культур современным комбайном, оснащенным GPS-приемником, датчиком массы (объема) зерна, датчиком влажности зерна, дисплеем и бортовым компьютером. В работе описывается создание цифровой карты урожайности убранного поля, дальнейшей ее обработки и применения при планировании агрохимического обследования почв, а также построение аппликационных картограмм внесения удобрений [69].

Для успешной работы системы спутникового мониторинга и контроля транспорта необходимо использовать:

1) бортовые модули мониторинга подвижных объектов GPS/GSM/ГЛОНАСС;

2) интернет-сервер с установленным программным обеспечением;

3) диспетчерские рабочие места с установленным программным обеспечением;

4) дополнительное программное обеспечение для обработки и систематизации полученных данных (возможно пакет программ «Microsoft Office» или другие специальные программы).

Системы спутниковой навигации используются в следующих хозяйствах Амурской области: АО «Луч» Ивановского района; ООО «Амурский партизан», ЗАОР (нп) «Партизан», АО «Димское», ООО «Приамурье» Тамбовского района, ООО «Михайловское» Михайловского района и других [100].

Производимые учет расхода топлива, контроль за передвижением техники и подсчет производительности, создание электронных карт полей с расчетом площади посевов позволяют оптимизировать процессы в растениеводстве и повысить общую рентабельность производства сельскохозяйственной продукции.

Благодаря устройствам параллельного вождения при уборке урожая, становится возможна «нарезка» загонов правильной формы, что впоследствии сокращает время на холостые переезды.

Кроме спутниковых систем позиционирования, современные комбайны оснащаются автоматическими системами, такими как:

1) контроль над работой или состоянием различных устройств и систем комбайна;

2) управление жаткой;

3) синхронизация частоты вращения мотовила жатки со скоростью движения комбайна;

4) контроль и управление режимами рабочих органов молотилки комбайна;

- 5) вождение комбайна по кромке нескошенной загонки зерновых культур;
- 6) стабилизация загрузки молотилки комбайна;
- 7) стабилизация частоты вращения ротора молотильно-сепарирующей системы независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- 8) измерение и картирование урожайности для системы «точного земледелия»;
- 9) выравнивание корпуса молотилки или только очистки на склоне;
- 10) выравнивание очистки, динамическое выравнивание загрузки решет по ширине и др.

При прогрессивности общей тенденции повышения уровня автоматизации контроля и управления важнейшими рабочими органами, устройствами и системами зерноуборочных комбайнов, а также несомненной эффективности применения ряда из них, имеют место недостаточная отработанность и работоспособность, необязательность других автоматических систем.

Идеальным решением, совмещающим практическое и научное значение для растениеводства, будет являться компьютерная система, которая обеспечит оперативное снятие агротехнических показателей вовремя; их математическую и статистическую обработку с получением оценочных показателей (математического ожидания, дисперсии, коэффициента вариации, критериев Фишера, Колмогорова, Пирсона и др.); позволит делать научные выводы и строить прогнозы. Однако конечная стоимость комбайна в таком варианте возрастает, а комбайнер должен в совершенстве владеть навыками пользователя многофункционального компьютера.

14 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Для получения урожая большего количества и качества, уборочный процесс должен проходить в кратчайшие сроки. Анализ данных уборочного процесса в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области показал, что средняя продолжительность уборки зерновых и сои составляет около 50 дней, что в несколько раз превышает номинальный показатель в 10–12 дней [106].

Одним из факторов, увеличивающих срок уборочного процесса, является неправильная организация уборочно-транспортных работ на сельскохозяйственном предприятии.

В зависимости от зональных особенностей возделывания сельскохозяйственных культур, формы полей, удаленности их от пунктов послеуборочной обработки зерна, применяют различные схемы организации уборочно-транспортных работ. Если есть возможность, необходимо обеспечить двухсменную работу зерноуборочных комплексов.

Работа транспорта может быть организована по следующим схемам:

- 1) «поле – элеватор»;
- 2) «поле – пункт послеуборочной обработки зерна в хозяйстве», а от него на элеватор;
- 3) с поля частично на пункт послеуборочной обработки зерна в хозяйстве, а затем на элеватор.

Первая схема находит применение, когда на предприятии отсутствует пункт послеуборочной обработки зерна или у этого пункта недостаточная производительность.

Опыт показывает, что наиболее эффективен способ: «поле – пункт послеуборочной обработки зерна – элеватор». Особенно это важно учитывать при производстве более одной тысячи тонн зерна с влажностью 15–20 %.

В уборочном процессе важно исключить простой комбайнов. Для этого следует иметь ввиду, что число транспортных средств n определяют по отношению к времени заполнения бункера $T_{\text{б}}$ и времени движения транспорта к пункту послеуборочной обработки зерна (элеватору) и назад к комбайну ($T_{\text{об}}$).

Время заполнения бункера определим из выражения (14.1):

$$T_{\text{б}} = \frac{U \cdot \gamma (1 + \delta_{\text{к}})}{3600 \cdot Q_{\text{к}}} \quad (14.1)$$

где: U – объем бункера, м³;

γ – объемная масса зерна, кг/м³;

$\delta_{\text{к}}$ – отношение массы соломы к массе зерна (для зерновых – 2; для сои – 1,2);

$Q_{\text{к}}$ – пропускная способность зерноуборочного комбайна, кг/с.

Формула (14.1) верна при условии (14.2):

$$q \geq U \cdot \gamma \quad (14.2)$$

где q – грузоподъемность транспортного средства, работающего с комбайном.

Однако, условие (14.2) не всегда выполняется на практике работы комбайнов и транспортных средств.

В Амурской области в уборочном процессе в основном задействуют следующие марки автомобилей:

1. Камаз-45143-50 с грузоподъемностью 11 700 кг, внутренними размерами платформы – 5 260×2 315×1 250 мм и погрузочной высотой 1 468 мм;

2. ЗИЛ ММЗ-554М с мощностью двигателя 150 л. с., грузоподъемностью 9 000 кг и объемом платформы 5 (+2,8) м³;

3. ГАЗ-5312 с номинальной мощностью двигателя 125 л. с., грузоподъемностью 4 500 кг и внутренними размерами платформы 3 740×2 170×610 мм.

Время $T_{\text{об}}$ определяется из выражения (14.3):

$$T_{\text{об}} = t_{\text{п}} + t_{\text{г}} + t_{\text{р}} \quad (14.3)$$

где $t_{\text{п}}$ – время движения транспортного средства от комбайна до дороги (по полю) и от дороги до комбайна, ч;

t_g – время движения комбайна к месту разгрузки (элеватору, пункту послеуборочной обработки зерна) и обратно по дороге, ч;

t_p – время погрузки зерна из бункера комбайна в автомобиль и его разгрузки, ч.

Время погрузки зерна из бункера комбайна и разгрузки принимают в среднем для автомобиля 5–7 минут, для транспорта с прицепом – 9–12 минут. У современных комбайнов семейства «Ростсельмаш» при скорости выгрузки от 50 до 115 л/с, продолжительность выгрузки зерна может составлять от 2 до 1,52 мин. [136].

Время движения t_{Π} и t_g определим из выражений (14.4):

$$t_{\Pi} = \frac{L_{\Pi}}{V_{\Pi}}, t_g = \frac{2L_g}{V_g} \quad (14.4)$$

где L_{Π} , L_g – расстояние соответственно от комбайна до дороги и обратно (по полю) и по дороге до места разгрузки, км;

V_{Π} и V_g – средняя скорость транспортного средства соответственно по полю и по дороге, км/ч.

В этом случае потребное число транспортных средств составит:

$$n = \frac{\left(\frac{L_{\Pi}}{V_{\Pi}} + \frac{2L_g}{V_g} + t_p\right) 3600 \cdot Q_k}{U \cdot \gamma (1 + \delta_k)} \quad (14.5)$$

При известной производительности комбайна за час чистого времени и урожайности зерна, получим выражение (14.6):

$$n = T_{об} : \frac{U \cdot \gamma}{W_{ч} \cdot h} = \frac{\left(\frac{L_{\Pi}}{V_{\Pi}} + \frac{2L_g}{V_g} + t_p\right) B_p \cdot V_p \cdot h}{10 \cdot U \cdot \gamma} \quad (14.6)$$

где $T_{об}$ – время оборота транспортного средства, час;

U – объем бункера, м³;

γ – объемная масса зерна, кг/м³;

$W_{ч}$ – производительности комбайна за час чистого времени, га/ч;

h – урожайность зерна, ц/га;

B_p – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;

V_p – рабочая скорость комбайна, км/ч.

Следует иметь в виду, что при определении числа автомобилей по формулам (14.5) и (14.6) для отдельно работающего комбайна, они (автомобили) часть времени смены простаивают, ожидая заполнения бункера комбайна [99].

Уменьшение количества автомобилей приводит к простоям комбайна. В последнее время наблюдается тенденция увеличения емкости бункера комбайнов. Поэтому надо оценить эту тенденцию.

Используя выражение (14.6) проведем оптимальный расчет показателя n для комбайнов, отличающихся емкостью бункера при прочих равных условиях.

Примем емкости бункера равными 9; 10; 11; 12 м³.

Результаты расчета необходимого количества автомобилей представлены на графике (рис. 14.1).

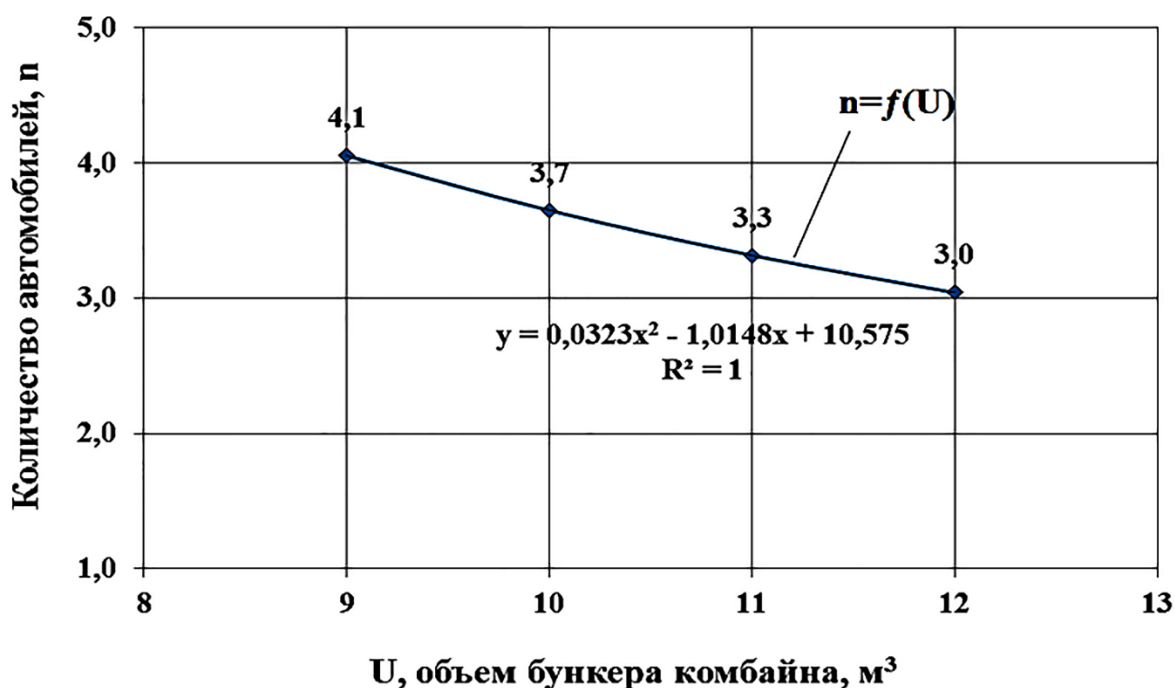


Рисунок 14.1 – Изменение количества транспортных средств в зависимости от емкости бункера комбайна

Для удобства расчета количества автомобилей n в зависимости от емкости бункера комбайна U обозначим остальные параметры выражения (14.6) некоторой константой A . Тогда можем записать выражение (14.7):

$$n = \frac{1}{U} \left\{ \frac{\left(\frac{L_{\Pi}}{V_{\Pi}} + \frac{2L_g}{V_g} + t_p \right) B_p \cdot V_p \cdot h}{10 \cdot \gamma} \right\} \quad (14.7)$$

Здесь выражение в скобках константа A .

Введем значения величин, расположенных в фигурных скобках выражения (14.6):

$$L_{\Pi} = 0,1 \text{ км}; V_{\Pi} = 6 \text{ км/ч}; V_g = 30 \text{ км/ч};$$

$$L_g = 3 \text{ км}; t_p = 0,1 \text{ ч}; B_p = 7 \text{ м}; V_p = 7 \text{ км/ч};$$

$$h = 20 \text{ ц/га}; \gamma = 850 \text{ кг/м}^3 \text{ или } 0,85 \text{ т/м}^3.$$

В этом случае величина $A = 36,5$.

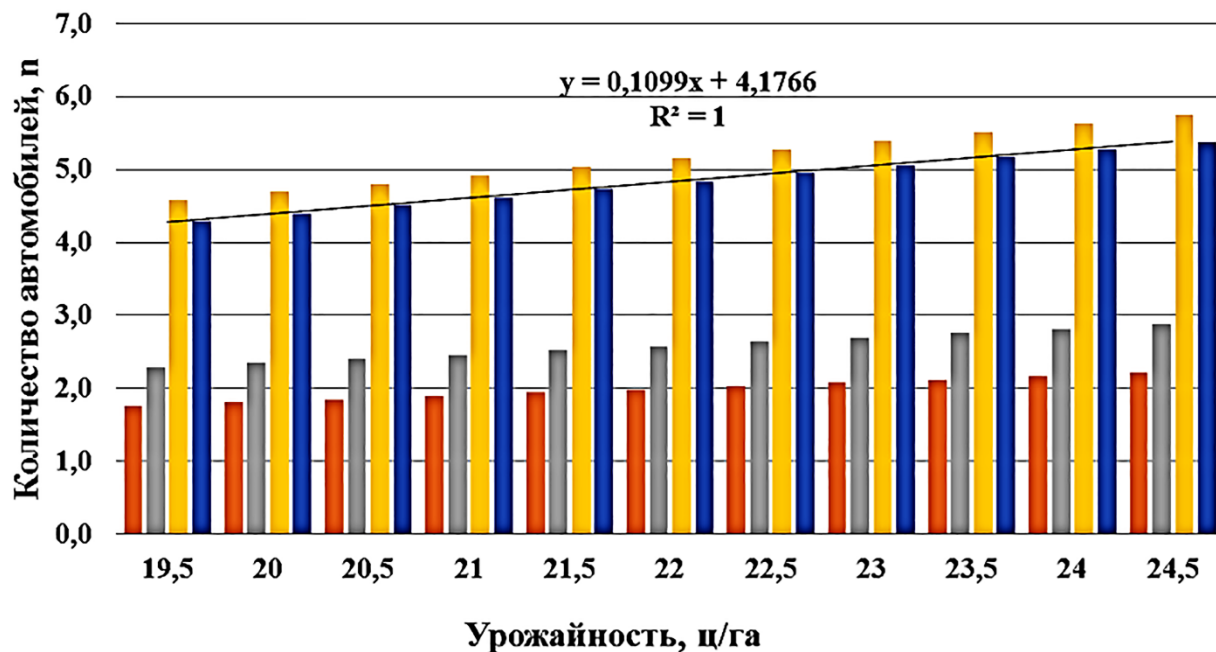
Таким образом, увеличение емкости бункера комбайна приводит к уменьшению потребности в транспортных средствах при прочих равных условиях (урожайность, ширина захвата жатки, скорость автомобиля, комбайна и др.).

Для расчета показателя количества автомобилей n , в зависимости от урожайности, возьмем минимальное и максимальное значение средней урожайности зерновых в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области на уровне соответственно 19,5 и 24,5 ц/га.

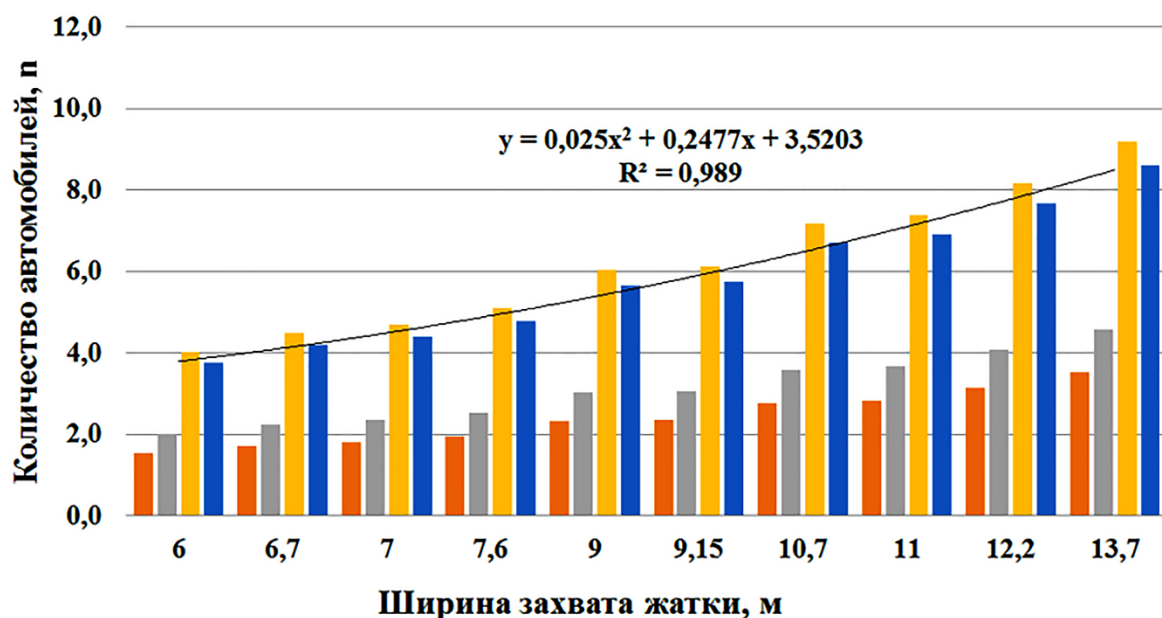
Результаты расчета представлены на графике (рис. 14.2). Из графика видно, что с увеличением урожайности, количество автомобилей, необходимых для обеспечения бесперебойного уборочного процесса, изменяется по линейной зависимости. Полученная аналитическая зависимость позволяет рассчитать необходимое количество автомобилей при заданной урожайности.

Зависимость необходимого количества автомобилей от ширины захвата жатки комбайна показана на графике (рис. 14.3). Для расчета этой зависимости были выбраны жатки компании «Ростсельмаш» с шириной захвата 6; 7; 9 м, и

жатки компании «John Deere» с шириной захвата 6,7; 7,6; 9,15; 10,7; 11; 12,2; 13,7 м.



■ Камаз - 45143-50 ■ Зил ММЗ 554М ■ ГАЗ 5312 ■ Расчетное количество автомобилей - п
Рисунок 14.2 – Изменение количества автомобилей от урожайности



■ Камаз - 45143-50 ■ Зил ММЗ 554М ■ ГАЗ 5312 ■ Расчетное количество автомобилей - п
Рисунок 14.3 – Изменение количества автомобилей от ширины захвата жатки

Полученная зависимость выражается полиномиальной функцией, и может быть применена для расчета оптимального количества автомобилей, необходимых для обеспечения бесперебойного уборочного процесса.

Для снижения простоя техники во время уборочного процесса в некоторых хозяйствах применяют бункеры накопители-перегрузчики зерна, представляющие из себя тракторные прицепы большого объема и оборудованные выгрузными шнеками. Они принимают зерно из бункера комбайна в поле и перегружают его в кузов автомобиля на краю поля [40, 60, 91, 109, 121, 130, 179].

Эти машины оборудуются широкопрофильными шинами для снижения давления на почву и могут оснащаться регулируемой осью, которая обеспечивает передвижение по полю с любым междурядьем.

Также прицепы-перегрузчики могут оснащаться весами, которые обеспечивают контроль объемов загружаемого и выгружаемого из прицепа зерна.

Для расчета необходимого количества автомобилей при использовании в уборочном процессе прицепов-перегрузчиков, применим выражение (14.7) и подставим в него значения объемов перегрузчиков от нескольких производителей (табл. 14.1) при прочих равных условиях.

Таблица 14.1 – Исходные данные объемов прицепов-перегрузчиков

Производитель	Прицеп–перегрузчик		Количество автомобилей
	марка	объем, м ³	
«Тонар» (Россия)	«ПТ5»	22	1,66
	«ПТ11»	30	1,22
	«БП15»	40	0,91
«Атлант» (Россия)	ТЗП-39 «Атлант»	42	0,87
«Ростсельмаш» (Россия)	1060	37,1	0,98
	1360	47,6	0,77
Завод Кобзаренко (Украина)	«ПБН-16»	16	2,28
	«ПБН-20»	20	1,83
	«ПБН-30»	30	1,22
	«ПБН-40»	40	0,91
	«ПБН-50»	50	0,73

Продолжение таблицы 14.1

Производитель	Прицеп-перегрузчик		Количество автомобилей
	марка	объем, м ³	
«E-Z Tech» (США)	«E-Z Tech 1020»	38	0,96
	«E-Z Tech 870»	31	1,18
	«E-Z Tech 550»	20	1,83
«Degelman» (Канада)	«Degelman 1150 Diplodoc»	42	0,87

Результаты расчетов и аналитические зависимости изменения количества автомобилей n при использовании прицепов-перегрузчиков (рис 14.4).

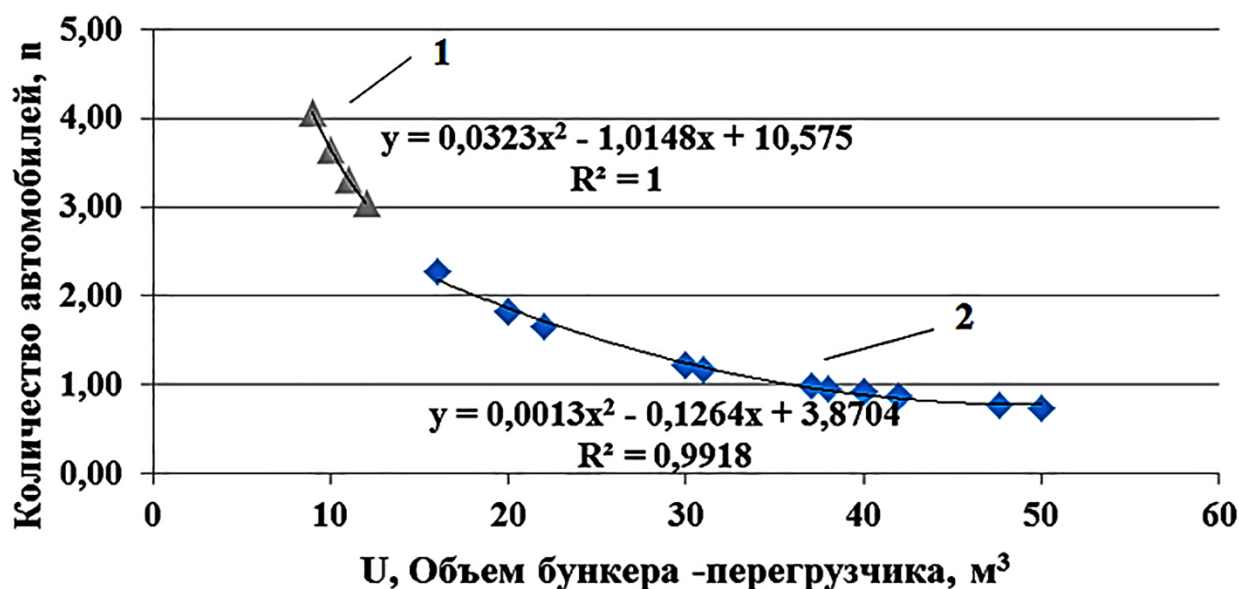


Рисунок 14.4 – Изменение количества автомобилей n в зависимости от объема бункера комбайна (1) и бункера-перегрузчика (2)

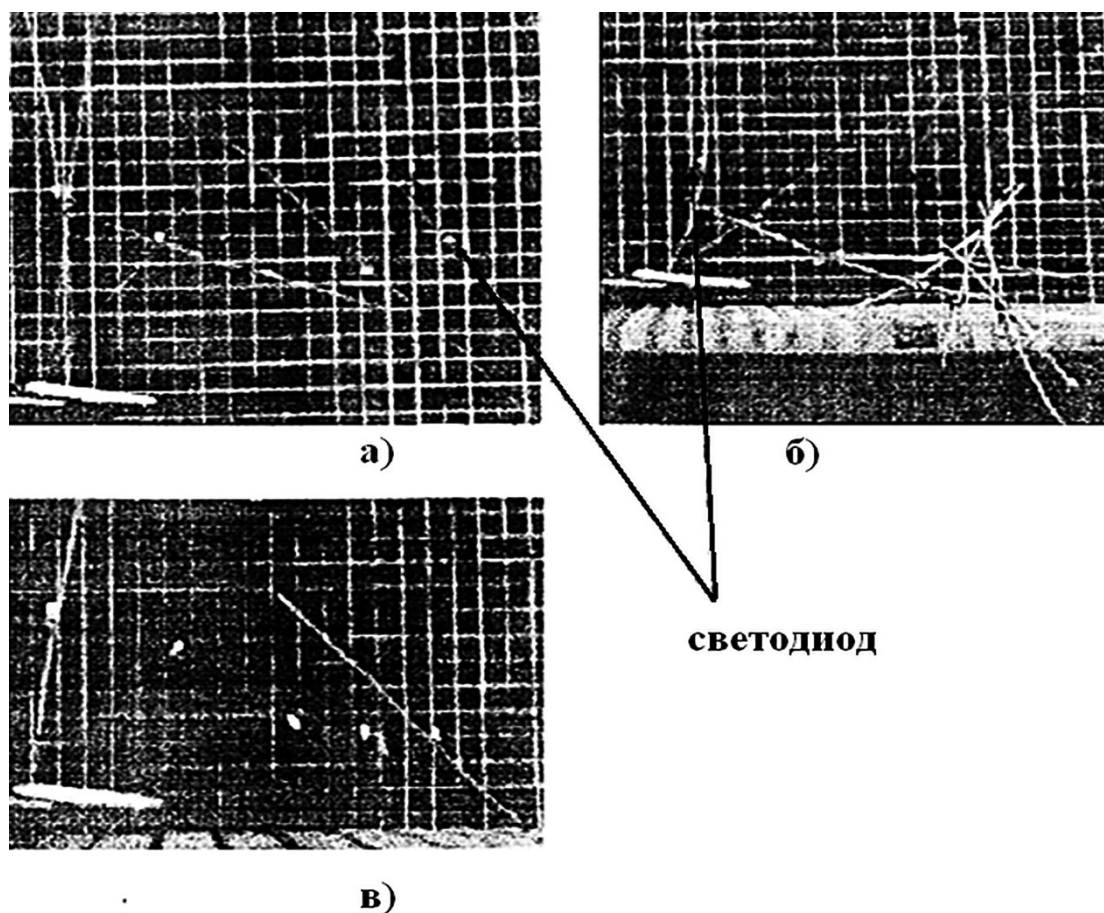
Из графика видно, что при использовании прицепа-перегрузчика объемом от 37,1 м³ («Ростсельмаш 1060»), количество автомобилей, необходимых для непрерывного уборочного процесса в 3 раза меньше, чем при использовании только емкости бункеров комбайнов с максимальным объемом.

Таким образом, определено необходимое количество автомобилей для непрерывного хода уборочного процесса при различных факторах. Доказана эффективность включения в уборочный процесс прицепов-перегрузчиков, которые снижают потребность в автомобилях. Получены аналитические зависимости изменения потребности в автомобилях в ходе уборочного процесса.

15 ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕЗА СТЕБЛЕЙ РАСТЕНИЙ СОИ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕАЛЬНОГО ПРОЦЕССА

При помощи видеокамеры производилась видеосъемка стократной повторности для каждого режима работы режущего аппарата, то есть при значениях частоты вращения кривошипа – 300; 400; 500 об./мин и соответственно скорости транспортера – 1,2; 1,6 и 2,0 м/с [24, 26].

Полученные видеокadres среза и движения стеблей обрабатывали при помощи компьютерной программы «Virtual Dub», в которой определяли точки перемещения светодиода в интервале времени $1/24$ с (рис. 15.1, а, б, в).

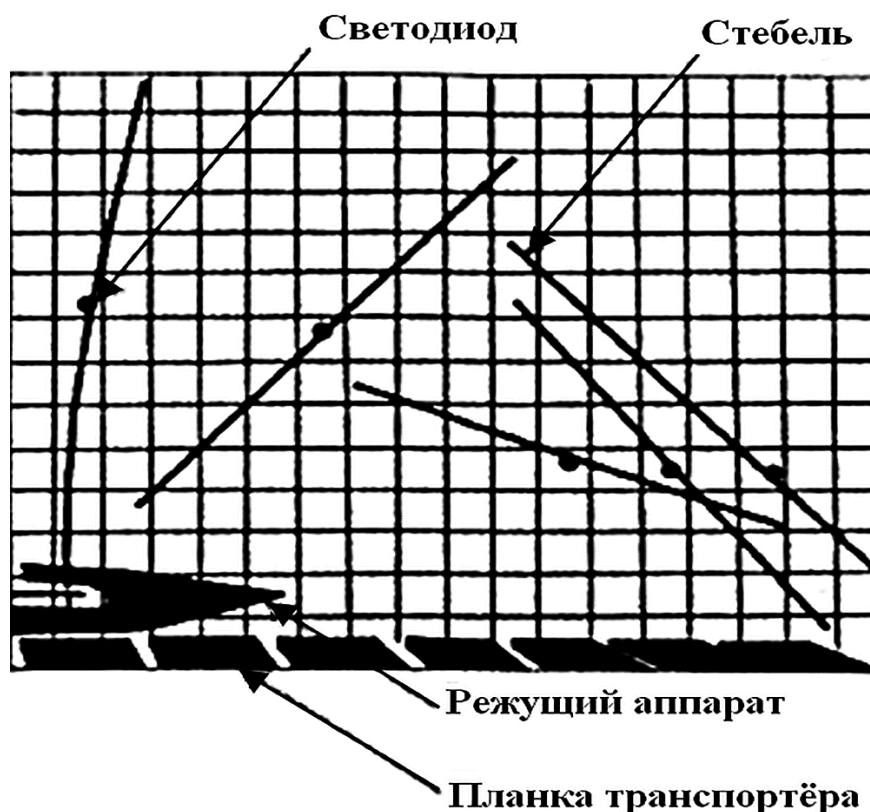


а) 300 об./мин; б) 400 об./мин; в) 500 об./мин

**Рисунок 15.1 – Траектории точек светодиода срезанного стебля
при соответствующем уровне частоты кривошипа**

Затем при помощи программы «Adobe Photoshop» каждый полученный кадр накладывали на изображение и получали траекторию перемещения точки

(светодиода), относительно режущего аппарата и поверхности транспортера. Для измерения элементов траектории использовали экран с нанесенной сеткой, с размером ячейки 3×3 см (рис. 15.2).



**Рисунок 15.2 – Перемещение центра масс срезанного
стебля в интервале времени 1/24 с**

Координаты точек центра масс перемещения срезанных стеблей позволили при помощи программы «Microsoft Office Excel» построить диаграммы для каждого случая при разных частотах, способах подвода стебля к режущему аппарату (рис. 15.3). Срез стеблей производился в точке *A*.

Следует отметить, что при срезе одиночных стеблей при частоте вращения кривошипа 300 об./мин и скорости подачи транспортера 1,0 м/с – 95 % стеблей отбрасывалось в направлении, обратном движению подающего транспортера. С увеличением частоты вращения кривошипа до 500 об./мин и скорости подачи транспортера до 2 м/с – число таких стеблей сократилось до 80 %.

С помощью программы «Microsoft Office Excel» нами получены уравне-

ния кривых перемещения центра масс срезанных стеблей при частотах вращения кривошипа (300; 400; 500 об./мин) и скорости подачи транспортера (1,0; 1,5 и 2,0 м/с):

$$y_1 = -0,8x^6 - 0,5x^5 - 0,0015x^4 + 0,0744x^3 - 1,9594x^2 + 24,17x - 125,556, \quad (15.1)$$

$$y_2 = -0,8x^6 - 6x^5 + 0,0006x^4 - 0,0229x^3 + 0,3747x^2 - 2,5899x - 10,97, \quad (15.2)$$

$$y_3 = -0,8x^6 - 0,6x^5 - 0,4x^4 - 0,0002x^3 + 0,0872x^2 - 0,9999x + 23,73, \quad (15.3)$$

где y – функция, характеризующая смещение центра масс стеблей после среза в вертикальной плоскости относительно режущего аппарата, см;

x – величина, на которую смещаются центры масс стеблей после среза в горизонтальной плоскости относительно режущего аппарата, см.

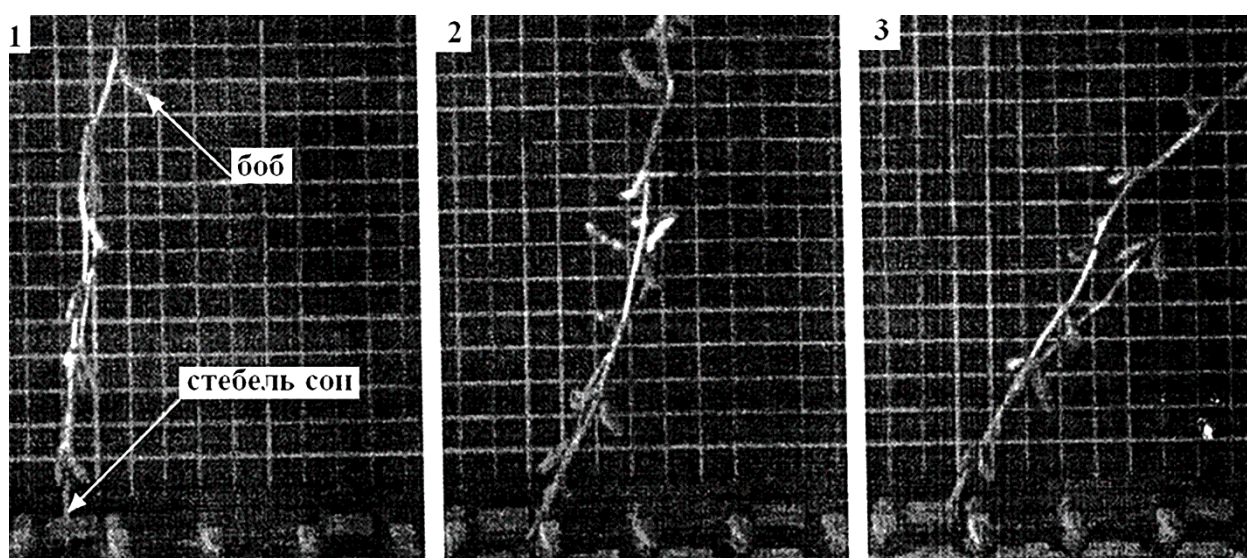


Рисунок 15.3 – Траектории движения центра масс стеблей при различной частоте вращения кривошипа и скорости подачи транспортера

На основе проведенного моделирования можно сделать вывод, что с увеличением частоты вращения кривошипа и скорости подачи транспортера количество стеблей, отбрасываемых в направлении, обратном движению подающего транспортера (в реальных условиях за пределы платформы жатки), снижается. Следовательно, увеличение скорости резания и скорости движения комбайна в реальных условиях уборки растений сои до определенного уровня будет способствовать уменьшению потерь.

16 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАЛЬНОГО ПРОЦЕССА СРЕЗА РАСТЕНИЙ СОИ

Срез растений сои при различных скоростях должен рассматриваться как процесс соударения подвижного тела (ножа) с неподвижным (стебель). Когда нож движется медленно, приближаясь к своим крайним положениям, стебель отгибается в сторону и перерезается (рис. 16.1).



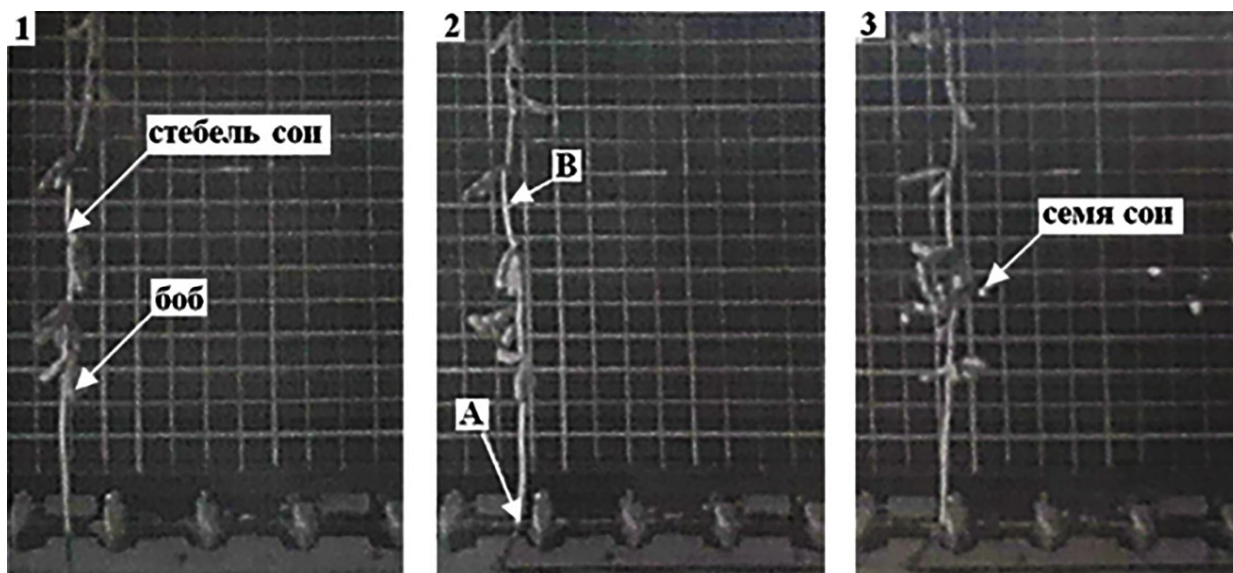
1 – начало фазы резания, вхождение стебля в раствор режущей пары;
2 – срезание стебля; 3 – завершение фазы резания

**Рисунок 16.1 – Срез растения сои при скорости ножа 0,5 м/с,
скорости подачи транспортера 0,5 м/с (зона В)**

Если же нож движется с максимальной скоростью около своего среднего положения, стебель также отгибается в сторону до тех пор, пока его упругое сопротивление не сделается равным усилию, необходимому для перерезания стебля (рис. 16.2). При этом в некоторой точке стебля образуется узел *В*, который будет служить вместе с *А*, как бы второй опорной точкой.

В результате сообщенного ножом ускорения, растение сои приобретает скорость (которую имеет нож) и начинает двигаться вместе с ножом, вследствие чего происходит изменение скорости и ускорения стеблей с бобами сои.

При этом возникающие силы инерции семян, действуя изнутри, раскрывают створки бобов (рис. 16.2, снимок 3) [25].



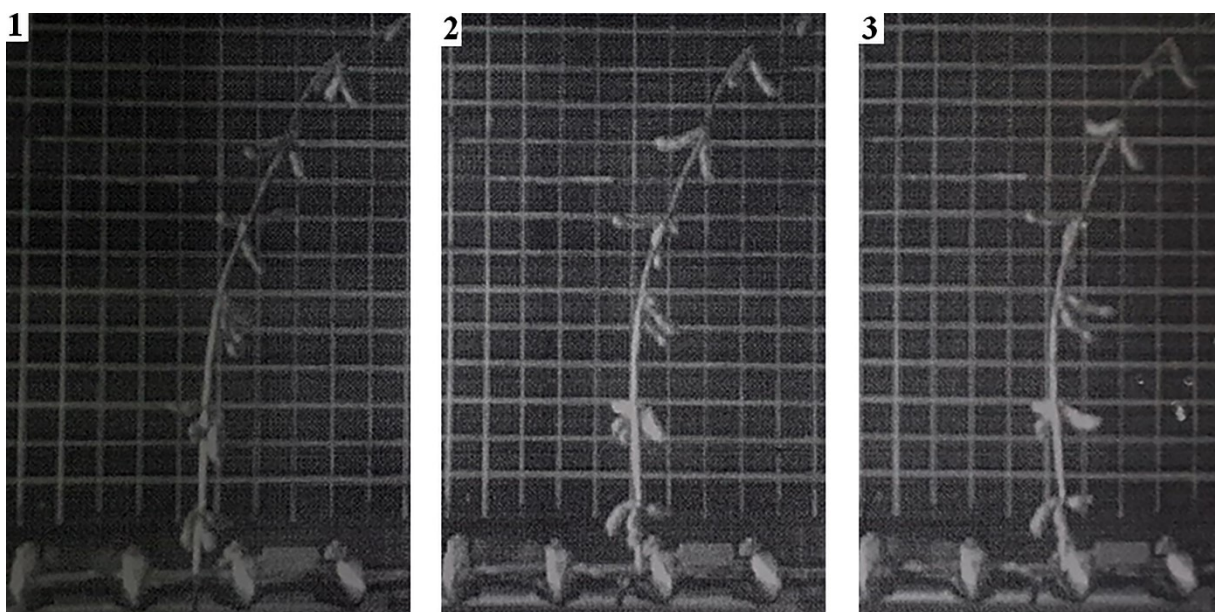
1 – начало фазы резания, вхождение стебля в раствор режущей пары;
2 – отгиб стебля под воздействием сегмента; 3 – соударение стебля
с противорежущим пальцем, раскрытие створок боба

**Рисунок 16.2 – Срез растения сои при скорости ножа 1 м/с,
скорости подачи транспортера 1 м/с (зона В)**

Следовательно, при медленном ударе по упругому стеблю, зажатому внизу, весь стержень будет колебаться целиком, а при более быстром ударе, при малой продолжительности удара – колебания не успеют дойти до верхушки стебля (рис. 16.3).

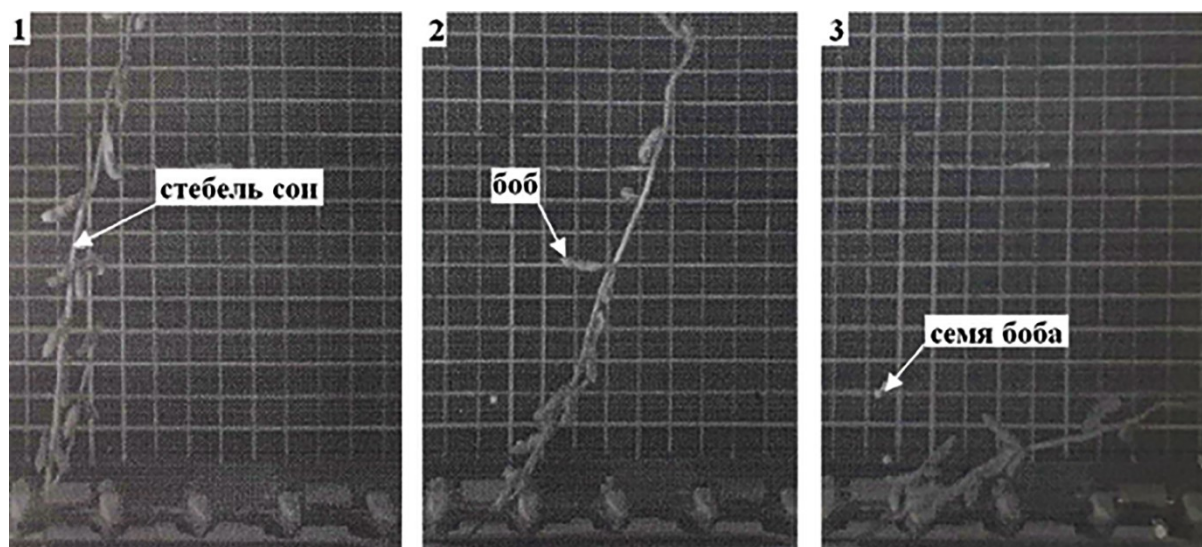
При большой скорости резания ножом сегментно-пальцевого аппарата нормального резания (свыше 2,3 м/с) стебель поддерживается не пальцами, а упругой силой инерции, то есть срез происходит без подпора о противорежущий палец (рис. 16.4).

Объясняется это тем, что при помощи большой скорости ножа создается упругая жесткость стебля и вторая опора на высоте, которая тем меньше, чем быстрее удар, а, следовательно, потребуется и меньшее отклонение стебля.



1 – начало фазы резания, вхождение стебля в раствор режущей пары;
2 – перерезание стебля; 3 – завершение фазы резания

**Рисунок 16.3 – Срез растения сои при скорости ножа 2,5 м/с,
скорости подачи транспортера 2,5 м/с (зона В)**

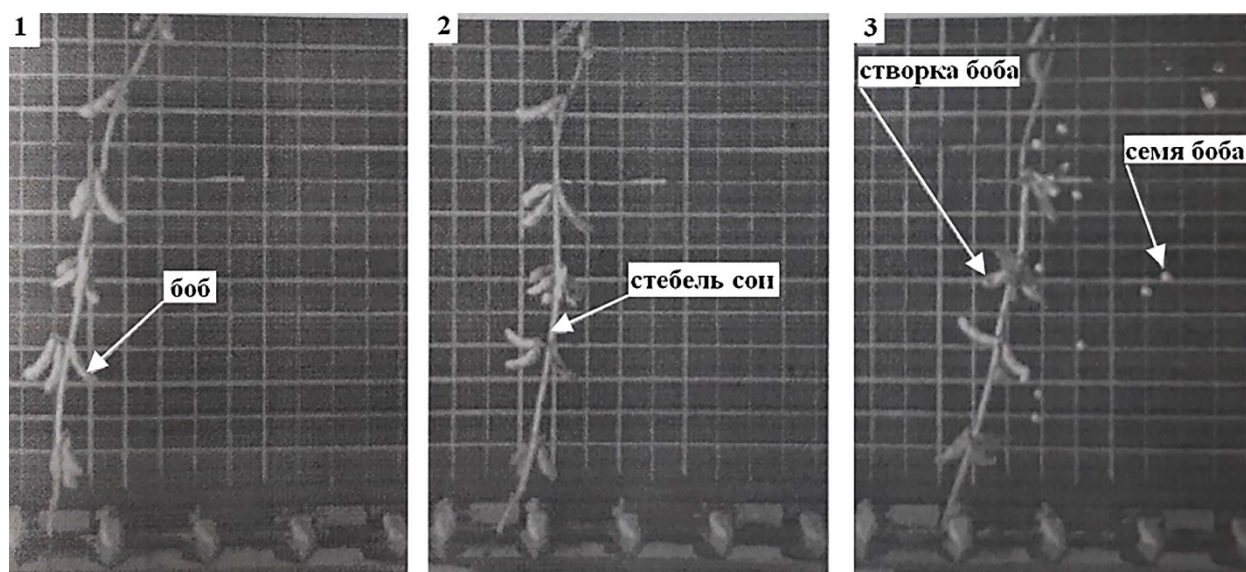


1 – вхождение стебля в раствор режущей пары; 2 – отгиб стебля под воздействием сегмента, раскрытие створок боба, соударение стебля с противорежущим пальцем;
3 – выталкивание растения сои из раствора режущей пары

**Рисунок 16.4 – Срез растения сои при скорости ножа 0,5 м/с,
скорости подачи транспортера 0,5 м/с (зона С)**

Под действием ножа жатки центр тяжести стебля сои описывает дугу, и, отклоняясь, начинает колебаться. Бобы сои вместе со стеблем также совершают колебательные движения в различных направлениях с определенной

скоростью, в то время как свободно расположенные в них семена, имеющие шарообразную форму, отстают от движения стебля и створок. Как следствие, между створками бобов и семенами сои возникает удар. Напряжение в зоне контакта достигает такой величины, при которой створки деформируются и раскрываются. При этом каждая створка, скручиваясь, способствует разбрасыванию семян за пределы платформы жатки (рис. 16.5).



1 – вхождение стебля в растров режущей пары; 2 – отгиб стебля под воздействием сегмента; 3 – соударение стебля с противорежущим пальцем, раскрытие створок бобов

Рисунок 16.5 – Срез растения сои при скорости ножа 1 м/с, скорости подачи транспортера 1 м/с (зона С)

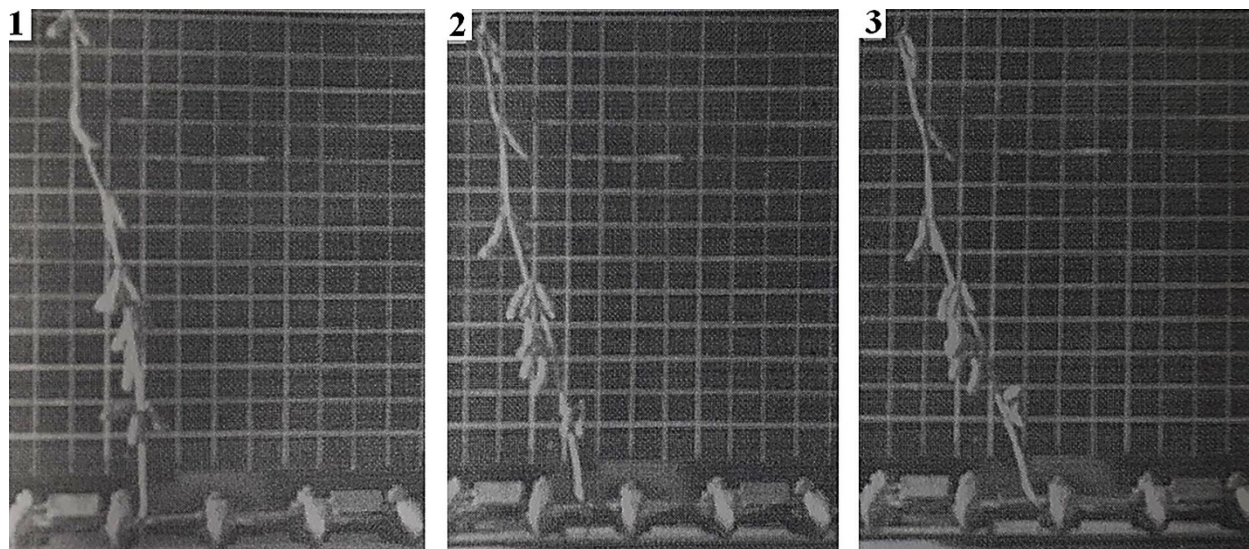
При скорости резания большей 2,3 м/с, когда нет непосредственного подпора (зона С), усилие среза поглощается сопротивлением стебля отгибу и силой его инерции (рис. 16.6). При этом деформация сосредотачивается в месте среза, и раскрытие створок бобов не происходит [25].

В зоне А при скорости резания 0,5 раскрытие створок бобов не наблюдалось (рис. 16.7).

Таким образом, срез стеблей сои сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания может происходить:

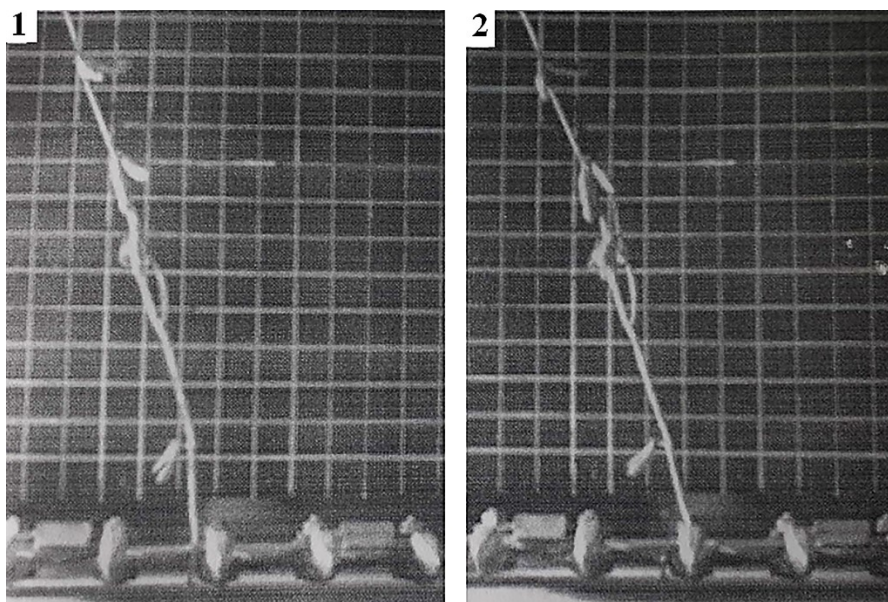
1) без отгиба, при использовании в качестве подпора противорежущего пальца (зона А);

- 2) с отгибом стеблей, в зонах *B* и *C* при скоростях резания ниже 2,5 м/с;
3) без отгиба, при использовании инерционного подпора стеблей, при скоростях резания свыше 2,5 м/с.



1 – начало фазы резания, вхождение стебля в раствор режущей пары;
2 – перерезание стебля; 3 – завершение фазы резания

**Рисунок 16.6 – Срез растения сои при скорости ножа 2,5 м/с,
скорости подачи транспортера 2,5 м/с. (зона *C*)**



1 – начало фазы резания, вхождение стебля в раствор режущей пары;
2 – завершение фазы резания

Рисунок 16.7 – Срез растения сои при скорости ножа 1 м/с (зона *A*)

В первом случае отгиб стебля минимален или вовсе отсутствует, так как нож встречает стебель в крайнем положении, непосредственно у противорежущего пальца. Работа режущего аппарата в этом случае осуществляется по принципу ножниц, а длина стерни соответствует установленной высоте среза.

Второй случай имеет место при скоростях резания менее 2,5 м/с, когда нож встречает стебель у своего начального или среднего положения. В результате сообщенного ножом ускорения, стебель сои приобретает скорость ножа и, двигаясь вместе с ним, срезается у противорежущего пальца. При этом максимальный отгиб стебля будет происходить в зоне С, когда стебель отклоняется от одного пальца к другому по направлению движения ножа.

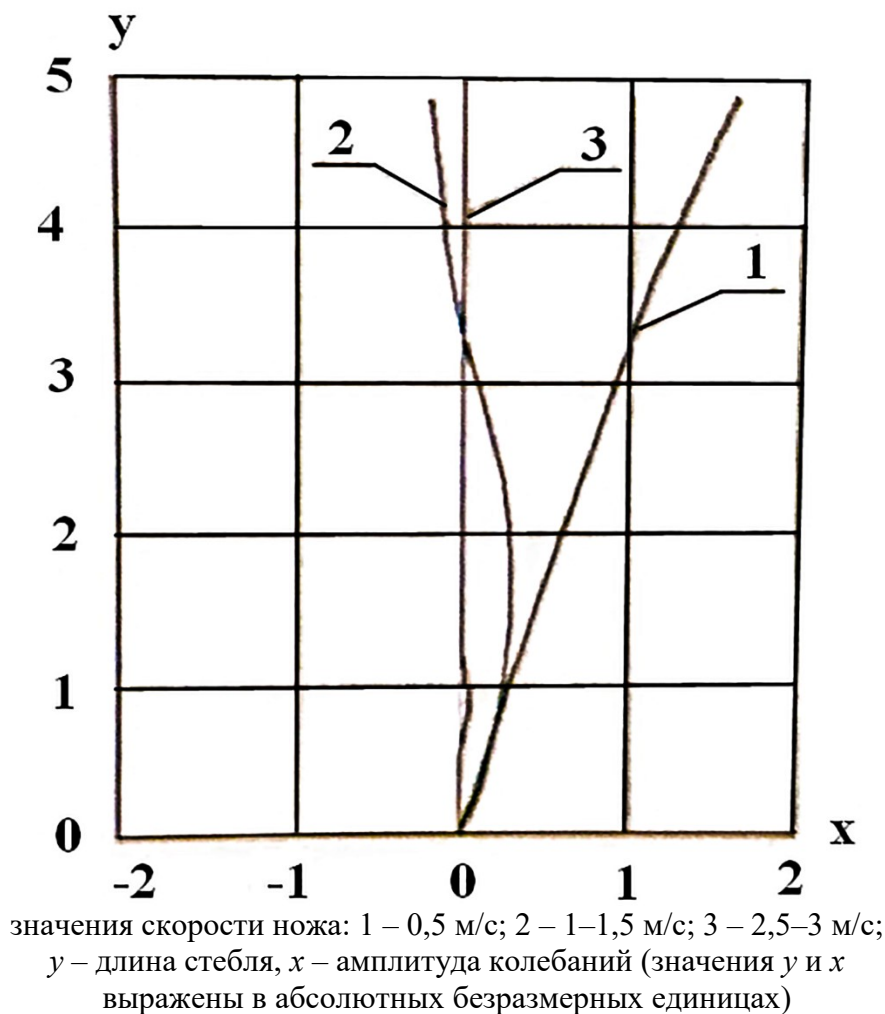
Большой отгиб растений сои при срезе является отрицательным фактором, так как при отгибе происходит изменение скорости и ускорения стеблей с бобами сои. При этом возникающие силы инерции семян, действуя изнутри створок бобов, раскрывают их. Кроме того, увеличение отгиба при срезе растений сои является потерей части урожая бобами на стерне.

В третьем случае срез стебля осуществляется по принципу косы, при скоростях резания свыше 2,5 м/с. Вследствие колебательного движения ножа скорость активного лезвия меняется от минимума в мертвой точке, до максимума на середине хода ножа. Следовательно, при высокой скорости ножа на грани этого положения срез осуществляется за счет инерции стебля. На основании полученных экспериментальных данных, удалось установить, что срезание стеблей сои происходит не только у противорежущего пальца, но и раньше [25].

При анализе кадров скоростной видеосъемки среза стеблей растения сои сегментно-пальцевым режущим аппаратом при скоростях резания от 0,5 до 2,5 м/с нами были получены амплитуды колебаний стеблей сои (рис. 16.8).

При амплитуде колебаний 1 максимальную скорость и ускорение приобретает боб с семенами, расположенный на вершине стебля, однако ввиду низкой скорости ножа раскрытия створок бобов происходило только в 7 опытах из

100 (зона *B*). Кроме того, в зоне *C* наблюдалось затягивание стебля сои под режущий аппарат (рис. 16.8). В 31 опыте из 100 при скорости ножа 0,5 м/с стебли не были срезаны. Из 69 срезанных растений раскрытие створок бобов наблюдалось у 15. В зоне *A* при срезе растений сои при скорости ножа 0,5 м/с раскрытия створок бобов не наблюдалось [25].



**Рисунок 16.8 – Колебания стебля сои в зонах *B* и *C*
при разных значениях скорости ножа**

При амплитуде колебаний 2 максимальную скорость и ускорение приобретают бобы, расположенные в нижней и средней части стебля. В зоне *B* количество растений, у которых во время среза были раскрыты створки бобов составило 27 из 100. В зоне *C* количество таких растений увеличилось до 38 из 100. В отличие от режима работы режущего аппарата при скорости ножа

0,5 м/с, раскрытие створок наблюдалось также и в зоне *A*. При третьей амплитуде колебаний деформация сосредотачивается в месте среза. Раскрытие створок бобов в зоне *A* произошло только в 4 случаях из 100; в зоне *B* – в 8 случаях из 100; и в зоне *C* – в 6 случаях из 100 [25].

Уменьшение амплитуды колебаний растений сои и потерь от раскрытия створок бобов при срезе требуют увеличения скорости резания. Однако, с точки зрения того, что увеличение скорости резания вызывает рост производительных затрат энергии и повышение требований к точности изготовления деталей режущего аппарата, увеличивать скорость резания свыше 2,5 м/с нерационально.

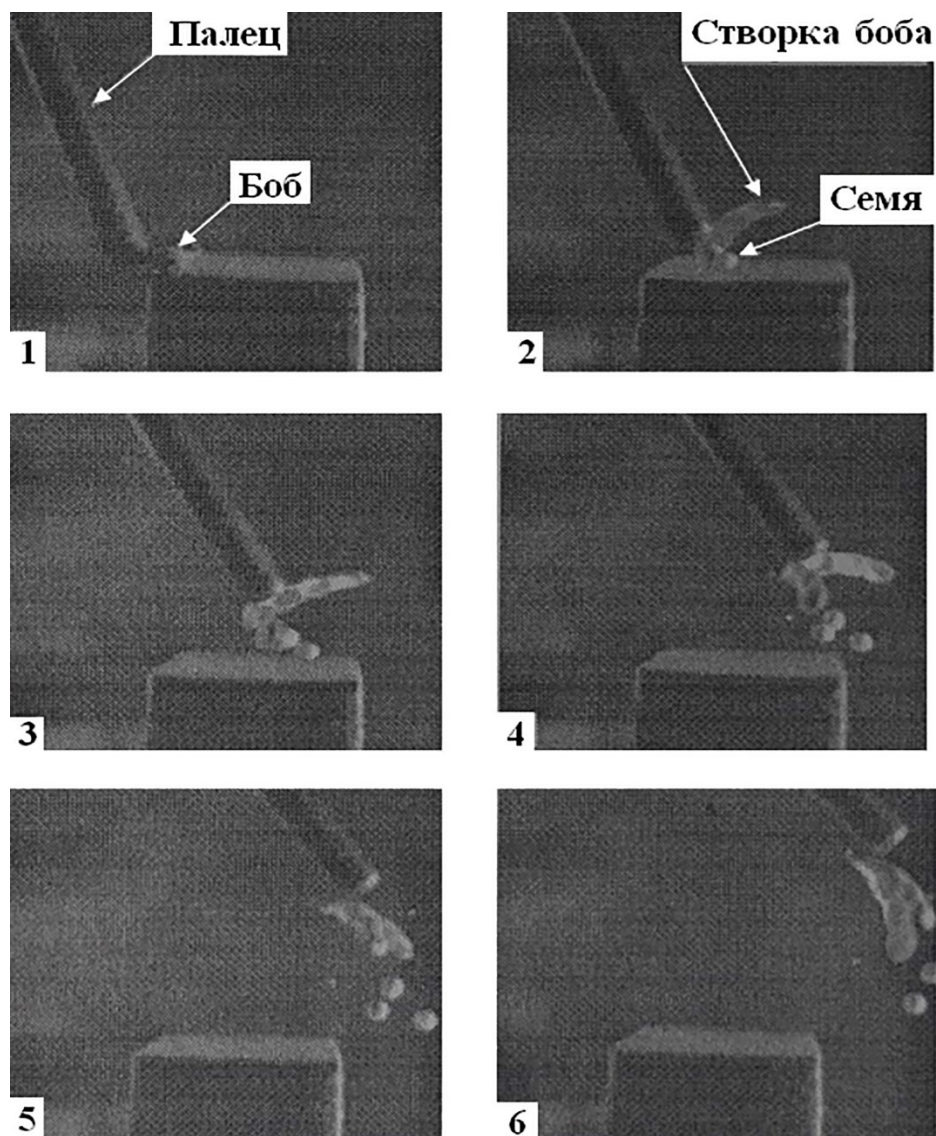
**17 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ШНЕКА ЖАТКИ,
СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ И ВЛАЖНОСТИ СЕМЯН СОИ НА ПОТЕРИ
ЗА ЖАТКОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА «JOHN DEERE 1048»**

При силовом взаимодействии растений сои с рабочими органами жатки зерноуборочного комбайна, бобы сои не должны перегружаться выше своих естественных пределов прочности. Несоблюдение этого требования ведет к обмолоту бобов еще до поступления растений к подающему транспортеру, что приводит к потерям.

Учитывая данные Е. И. Давидсона, что коэффициент полезного действия мотвила равен всего лишь 20 %, нами проведены лабораторные исследования по срезу одиночных стеблей, исключая воздействие мотвила. Полученные данные показали, что при срезе одиночных стеблей при частоте вращения кривошипа 300 об./мин. и скорости подачи транспортера 1,0 м/с – 95 % стеблей отбрасывалось в направлении, обратном движению подающего транспортера (в реальных условиях за пределы платформы жатки). С увеличением частоты вращения кривошипа до 500 об./мин и скорости подачи транспортера до 2 м/с, число стеблей, отбрасываемых в направлении, обратном движению подающего транспортера, снизилось до 80 %. Следовательно, в реальных условиях уборки сои с увеличением величины подачи, часть растений сои, не захваченных мотвилем, могут отбрасываться в сторону, обратную движению жатки, и соударяться с рабочими поверхностями шнека и мотвила [25, 26].

Учитывая данные лабораторных работ, нами проведено моделирование взаимодействия пальца шнека и граблины мотвила с бобами растения сои с помощью цифровой скоростной видеокамеры «Fastvideo-200» (рис. 17.1, 17.2).

17 Анализ влияния частоты вращения шнека жатки, скорости резания и влажности семян сои на потери за жаткой зерноуборочного комбайна «John Deere 1048»



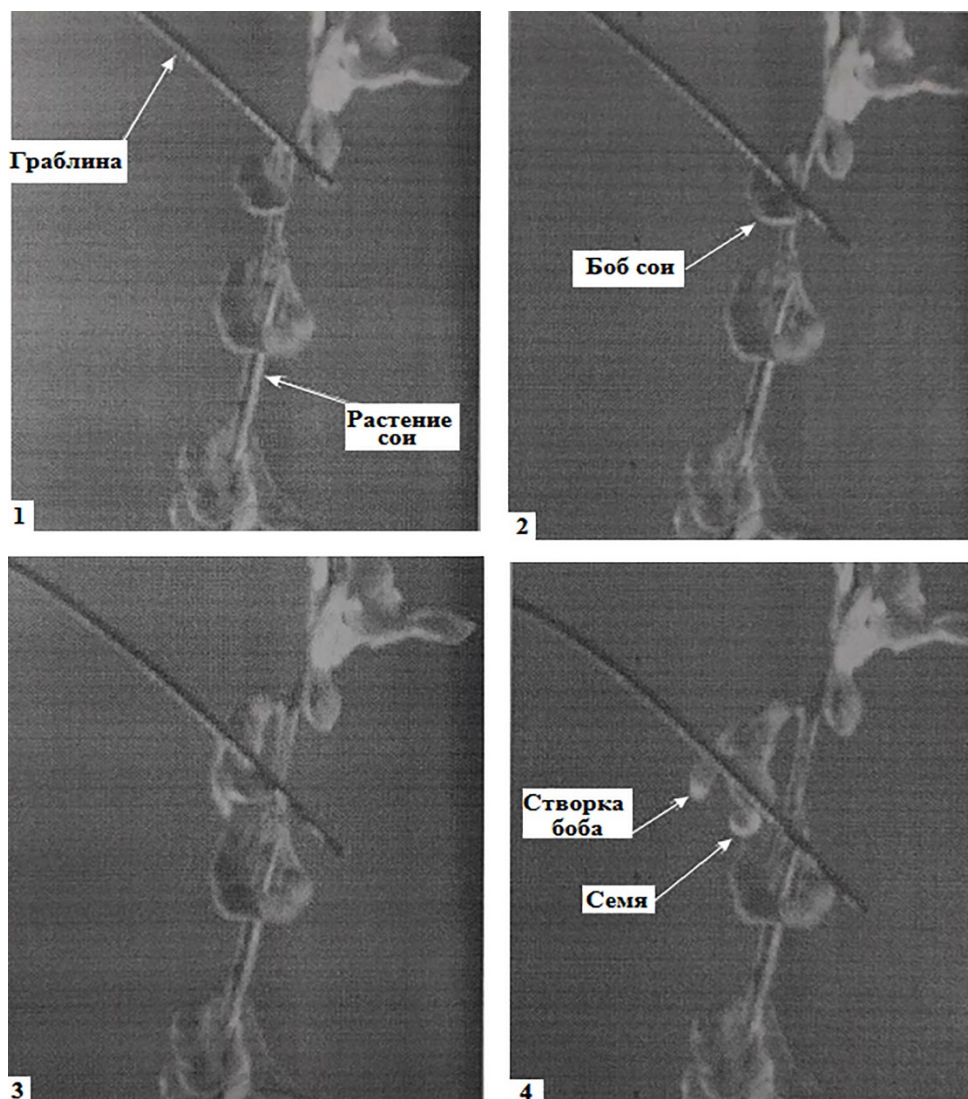
1 – боб сои в момент встречи с пальцем (диаметр 12 мм); 2 – раскрытие створок боба

Рисунок 17.1 – Моделирование взаимодействия пальца шнека с бобом растения сои

Механическая прочность боба колеблется в широких пределах и определяется сортом растения, влажностью, размером боба, его типом, положением боба и всего растения по отношению к рабочему органу (рис. 17.3) [26].

Когда растению сои передается механический импульс, энергия от движения и деформаций стебля с бобами сои передается семенам сои. Механиче-

ский импульс вызывает движение семян, находящихся в бобах. Движение вызывает деформацию соприкасающихся с ним створок. Характер и скорость движения стебля с бобами сои зависит от характера механического импульса.



1 – растение сои до момента встречи с граблиной мотвила;

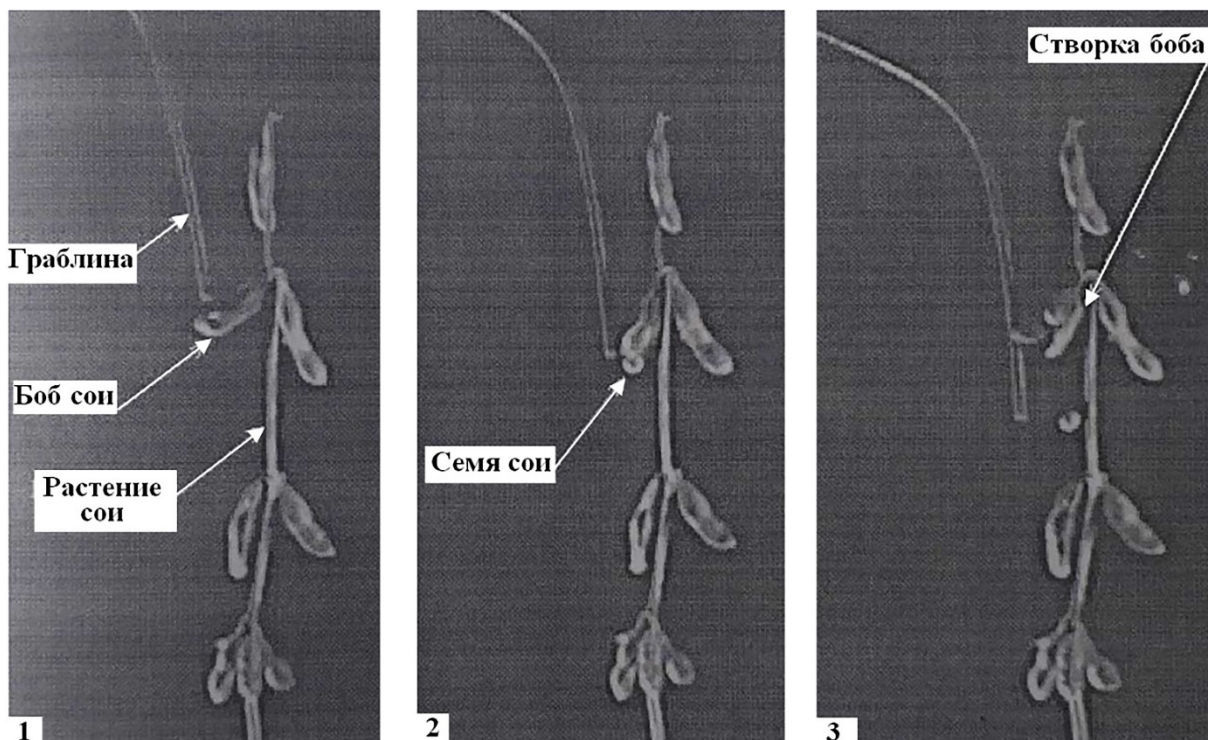
2 – удар граблины по бобу; 3 – деформация, раскрытие створок боба

Рисунок 17.2 – Моделирование взаимодействия граблины мотвила с растением сои (скорость съемки 1 100 к/с)

Для подтверждения теоретических предпосылок и результатов лабораторных исследований нами проведена скоростная видеосъемка работы жатки комбайна «John Deere 1048» в полевых условиях, в результате которой нам

17 Анализ влияния частоты вращения шнека жатки, скорости резания и влажности семян сои на потери за жаткой зерноуборочного комбайна «John Deere 1048»

удалось зафиксировать процесс взаимодействия планки мотовила и пальца шнека с растением сои (рис. 17.4, 17.5) [26].



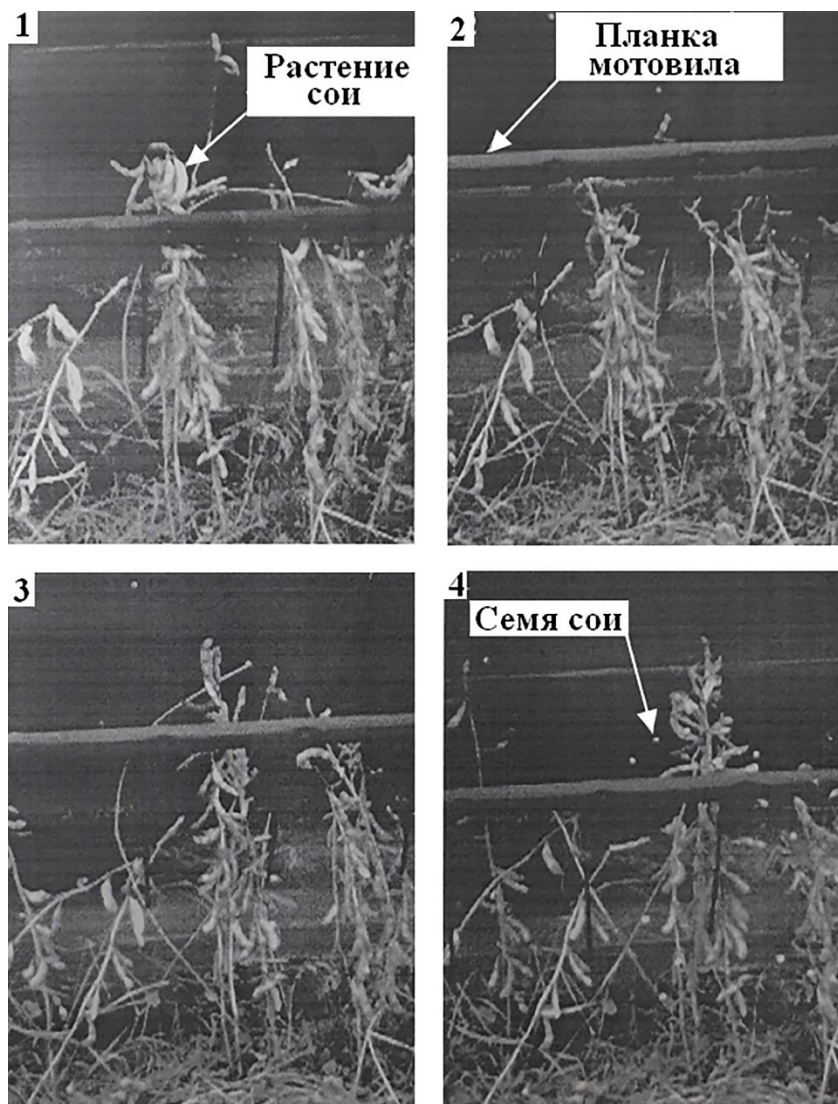
1 – растение сои до момента встречи с граблиной мотовила;
2 – удар граблины по бобу, деформация, раскрытие створок боба

Рисунок 17.3 – Моделирование взаимодействия граблины мотовила с растением сои (скорость съемки 250 к/с)

Из рисунка 17.4 видно, как отношение окружной скорости планки мотовила к поступательной скорости машины (λ) может приводить к обмолоту бобов. Растение сои сначала отгибается планкой мотовила в сторону, обратной движению комбайна, а затем, выходя из-под планки, движется в противоположном направлении и соударяется с последующей планкой, движущейся навстречу растению. Оказываемое планкой мотовила воздействие, благодаря большой изгибающей способности растения, заставляет его сопротивляться. В данном случае растение сои выступает в роли своеобразной «катапульты».

При силовом взаимодействии растений сои с рабочими органами жатки зерноуборочного комбайна, бобы сои не должны перегружаться выше своих

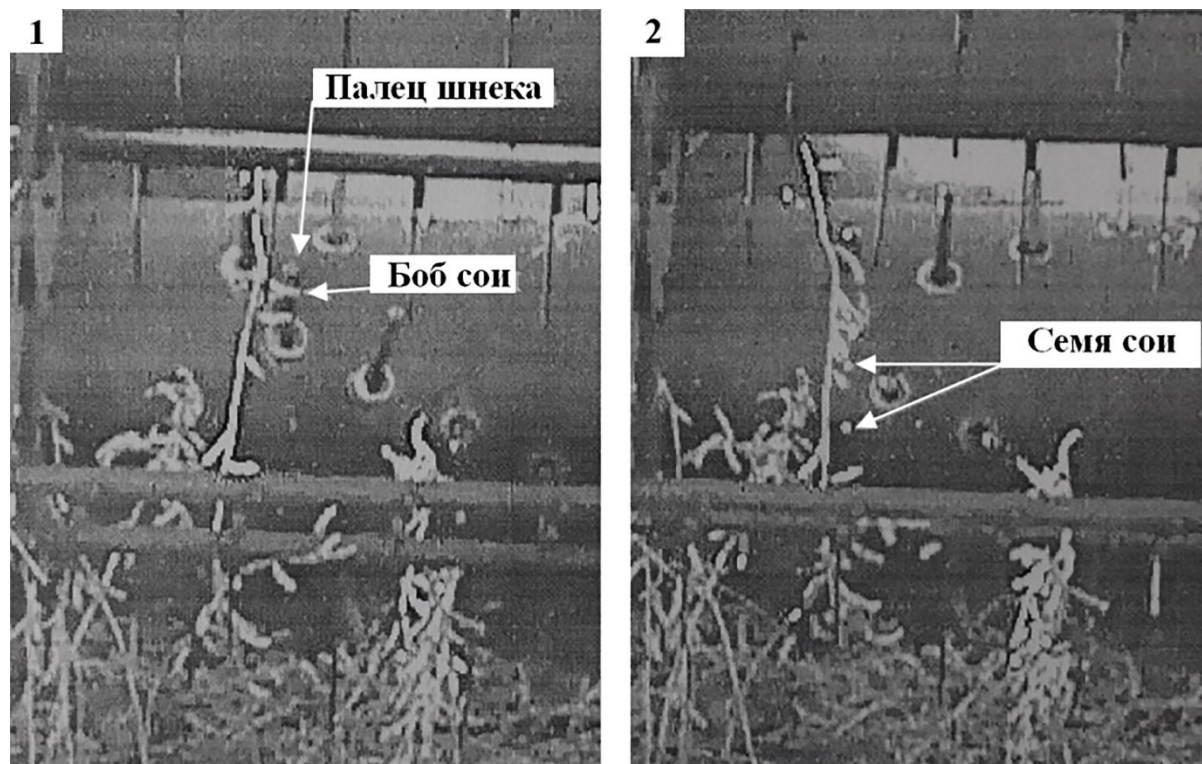
естественных пределов прочности. Несоблюдение этого требования ведет к обмолоту бобов и потерям.



1 – растение сои в момент отгиба планкой; 2 – выход растения из-под планки;
3 – движение растения навстречу планке; 4 – соударение растения сои
и планки мотвила, раскрытие створок бобов

**Рисунок 17.4 – Отгиб растения сои планкой мотвила
и последующее соударение растения с планкой**

На рисунке 17.5 представлено ударное взаимодействие пальца шнека с бобом растения сои, в результате которого произошло раскрытие створок бобов. Исходя из снимков, нетрудно предположить, что раскрытие створок бобов сои будет напрямую зависеть от частоты вращения шнека жатки.



1 – боб сои в момент встречи с пальцем шнека; 2 – раскрытие створок боба

Рисунок 17.5 – Раскрытие створок боба растения сои под воздействием пальца шнека во время уборки (жатка комбайна «John Deere 1048», частота вращения шнека 160 об./мин)

Таким образом, рассматривая факторы, влияющих на прочность боба сои, можно сказать, что раскрытие створок боба зависит от:

- 1) физико-механических свойств боба, которые обуславливают его прочность (размеры, вес, тип боба, форма и строение боба);
- 2) погодных условий (влажность, температура);
- 3) режимов работы рабочих органов жатки и их конструкции.

В целях определения оптимальных режимных параметров работы шнека жатки зерноуборочного комбайна «John Deere 1048», скорости резания и влажности семян на уборке сои был проведен многофакторный эксперимент [25].

Уровни и интервалы варьирования факторов, представленные в таблице 17.1, выбирались на основании предварительных лабораторных и полевых исследований, в ходе которых были выявлены пределы варьирования частоты

вращения шнека жатки $n = 120\text{--}160$ об./мин, скорости резания $V = 1,4\text{--}2,6$ м/с и влажности семян сои $W = 10\text{--}14$ %. Матрица факторного эксперимента представлена в таблице 17.2 [5, 14].

Таблица 17.1 – Интервалы и уровни варьирования основных факторов

Уровни варьирования факторов	Факторы			Факторы в кодированном виде		
	n , об/мин	W , %	V , м/с	X_1	X_2	X_3
Верхний уровень	160	14	2,6	+1	+1	+1
Основной уровень	140	12	2,0	0	0	0
Нижний уровень	120	10	1,4	-1	-1	-1
Интервал варьирования	20	2	0,6	0	0	0

Таблица 17.2 – Матрица факторного эксперимента $y = 2^3$

Номер опыта	X_1	X_2	X_3	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_3$	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$	$X_1' = X_{11} - D$	$X_2' = X_{22} - D$	$X_3' = X_{33} - D$	Y
1	1	1	1	1	1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	1,81
2	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	1,3
3	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	2,76
4	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	2,54
5	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	2,29
6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	1,92
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	3,39
8	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	3,21
9	1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7468	-0,7303	-0,7303	2,32
10	-1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7468	-0,7303	-0,7303	1,65
11	0	1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7468	-0,7303	1,43
12	0	-1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7468	-0,7303	3,11
13	0	0	1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,7468	2,39
14	0	0	-1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,7468	1,73
15	0	0	0	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	-0,7303	2,01

Значимость коэффициентов регрессии проверялась по критерию Стьюдента, который в нашем случае для трех степеней свободы и 95-процентном уровне значимости равен 2,13 [5, 14].

17 Анализ влияния частоты вращения шнека жатки, скорости резания и влажности семян сои на потери за жаткой зерноуборочного комбайна «John Deere 1048»

Из таблицы 17.3 видно, что значимыми коэффициентами являются b_0 , b_1 , b_2 , b_3 .

Таблица 17.3 – Проверка значимости коэффициентов регрессии

Коэффициенты регрессии	Проверка коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента		
	численное значение	$S^2\{b_i\}$	$\frac{ b_i }{\sqrt{S^2\{b_i\}}}$
b_0	16,32	0,004220	2,30
b_1	2,75	0,005780	0,21
b_2	-8,18	0,005780	-0,62
b_3	-2,16	0,005780	-0,16
b_{12}	0,39	0,007917	0,04
b_{13}	-0,03	0,007917	0,00
b_{23}	0,56	0,007917	0,05
b_{123}	0,42	0,007917	0,04
b_{11}	0,76	0,014510	0,09
b_{22}	1,34	0,014510	0,28
b_{33}	1,18	0,014510	0,14

Уравнение регрессии имеет вид выражения (17.1):

$$Y = 2,3 + 0,21 \cdot x_1 - 0,62 \cdot x_2 - 0,16 \cdot x_3 \quad (17.1)$$

Адекватность полученных уравнений проверялась по критерию Фишера, который в нашем случае равен 19,4. Расчетное значение критерия Фишера составило 12,085. Следовательно, уравнение регрессии адекватно описывает процесс в рамках исследуемой области.

Уравнение регрессии в раскодированном виде будет иметь вид выражения (17.2):

$$Q = 5,16 + 0,01 \cdot W - 11 - 0,31 \cdot W - 0,32 \cdot V \quad (17.2)$$

Для определения парного влияния факторов на критерий оптимизации (потери), нами построены поверхности откликов от влажности и от скорости резания, при постоянном уровне частоты вращения шнека 140 об./мин:

$$Q = 6,56 - 0,31 \cdot x - 0,32 \cdot y \quad (17.3)$$

При изменении частоты вращения шнека и скорости резания, при постоянном значении влажности 12 %:

$$Q = 1,44 + 0,01 \cdot n - 0,32 \cdot y \quad (17.4)$$

При изменении частоты вращения шнека и влажности, при постоянном значении скорости резания 2 м/с:

$$Q = 5,8 + 0,01 \cdot x - 0,31 \cdot y \quad (17.5)$$

Основная задача исследований в полевых условиях – определение наилучшего сочетания частоты вращения шнека, скорости резания и влажности, которые позволят снизить дробление семян сои и уменьшить величину потерь за жаткой комбайна.

Выяснено, что наименьшие потери семян сои наблюдаются при частоте вращения шнека жатки 120 об./мин, скорости резания 2,6 м/с и влажности семян сои 14 % [25].

18 ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА «АМУР-ПАЛЕССЕ» GS-812С НА УБОРКЕ КУКУРУЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

В целях определения оптимальных режимных параметров работы молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна «Амур-Палессе» GS-812С на уборке кукурузы на зерно проведены два многофакторных эксперимента. Первый эксперимент проводили при температуре 10 °С и влажности 30,5 %, второй при температуре минус 10 °С и влажности 27,3 %. Параметром оптимизации в обоих случаях была выбрана величина дробления зерна кукурузы. В процессе работы зерноуборочного комбайна на разных режимах нами проведен анализ бункерного зерна; выявлены оптимальная частота вращения молотильного барабана, молотильные зазоры и значение подачи растительной массы при положительной и отрицательной температуре [84, 85].

Пределы варьирования: частота вращения молотильного барабана (n) от 400 до 600 об./мин; величина молотильных зазоров (Δ_1/Δ_2) – 50/25 – 30/15 мм; значение подачи растительной массы – 3–5 кг/с. Подача растительной массы рассчитывается по формуле (18.1):

$$q_{\text{рас}} = \frac{B \cdot v_k \cdot Q_p}{360}, \quad (18.1)$$

$$Q_p = Q_z + Q_c \quad (18.2)$$

где B – ширина захвата жатки, м (составляет 4,2; 5,6);

v_k – рабочая скорость зерноуборочного комбайна на уборке кукурузы на зерно, км/ч (равна 1,8; 2,3; 2,8);

Q_p – урожайность растительной массы, ц/га (составляет 100; 150; 200);

Q_z – урожайность зерновой массы, ц/га;

Q_c – урожайность соломистой массы, ц/га.

Зависимости подачи растительной массы от скорости комбайна, ширины захвата жатки и урожайности отображены на рисунках 18.1–18.3.

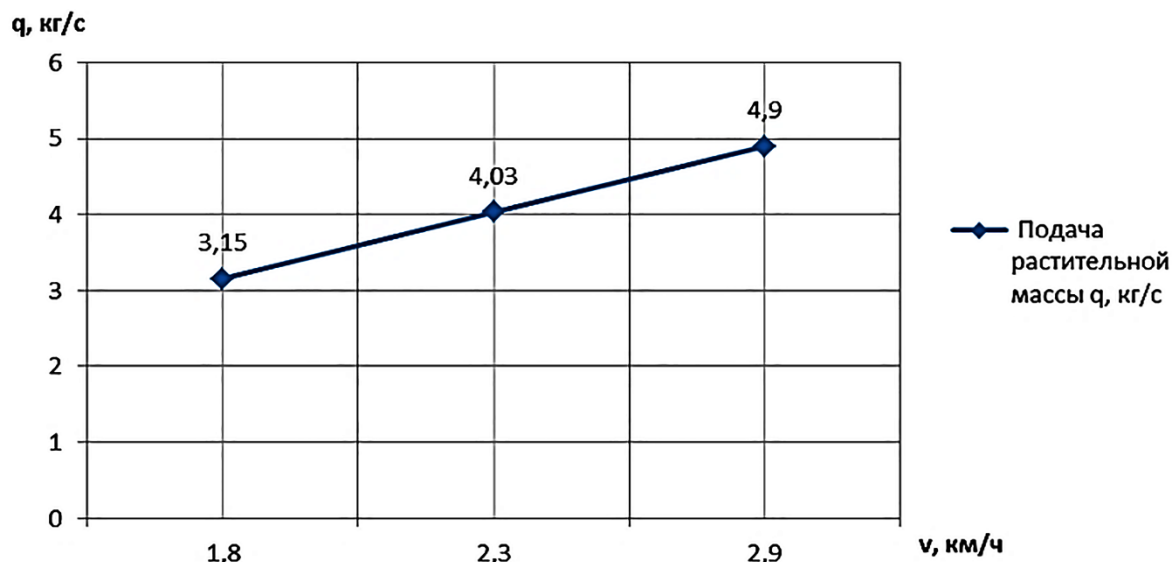


Рисунок 18.1 – Зависимость подачи растительной массы от скорости комбайна

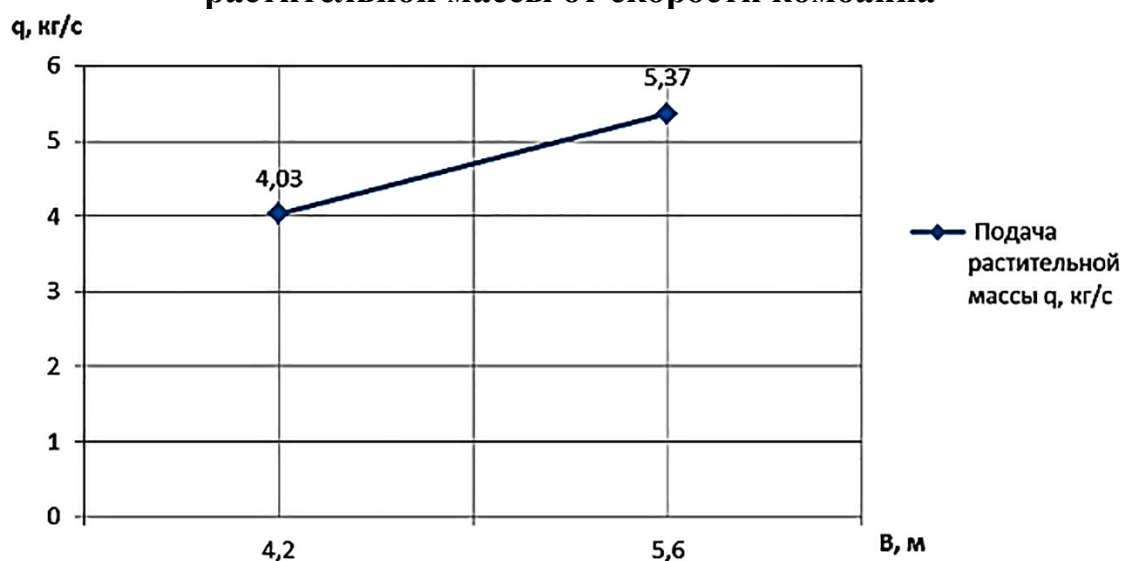


Рисунок 18.2 – Зависимость подачи растительной массы от ширины захвата жатки

Для последующей оценки линейности уравнения регрессии был четырехкратно определен выход y_0 при значениях факторов на нулевом уровне (то есть в «центре» эксперимента). Значения выхода составляли 6,5; 7,6; 8; откуда среднее значение y_0 равно 7,37 (табл. 18.1, 18.2).

18 Выбор оптимальных технологических режимов работы молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна «Амур-Палессе» GS-812С на уборке кукурузы при различных температурных режимах

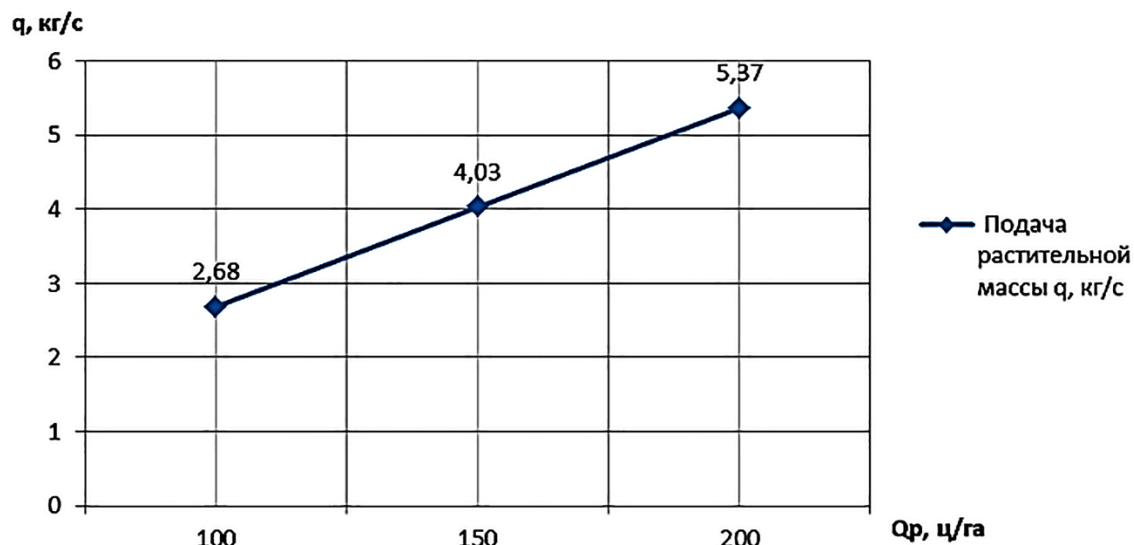


Рисунок 18.3 – Зависимость подачи растительной массы от урожайности

Таблица 18.1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Частота вращения, об./мин (n)	Молотильные зазоры, мм (Δ_1/Δ_2)*	Подача растительной массы, кг/с (q)
Обозначение	x_1	x_2	x_3
Верхний уровень (+1)	600	50/25	5
Основной уровень (0)	500	40/20	4
Нижний уровень (-1)	400	30/15	3

* Расчет ведется по первой цифре (обязательное отношение 2/1).

Таблица 18.2 – Матрица планирования эксперимента ($t = 10\text{ }^\circ\text{C}$, $W = 30,5\%$)

Номер варианта	Планирование				Расчет				Выход			
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_i^1	y_i^2	y_i^3	$y_{i\text{ ср}}$
1	+	-	-	-	+	+	+	-	1,4	2,1	2,3	1,9
2	+	+	-	-	-	-	+	+	6,1	7,2	7,2	6,8
3	+	-	+	-	-	+	-	+	5,1	5,3	7,3	5,9
4	+	+	+	-	+	-	-	-	11,1	11,4	11,7	11,4
5	+	-	-	+	+	-	-	+	5,2	3,1	4,0	4,1
6	+	+	-	+	-	+	-	-	9,5	8,7	9,6	9,3
7	+	-	+	+	-	-	+	-	6,5	7,2	9,2	7,6
8	+	+	+	+	+	+	+	+	13,8	14,5	14,1	14,1

Рассчитаем коэффициенты регрессии: $b_0 = 7,65$; $b_1 = 2,76$; $b_2 = 2,12$; $b_3 = 1,13$.

Математическая модель будет иметь вид выражения (18.3):

$$y = 7,65 + 2,76x_1 + 2,12x_2 + 1,13x_3 \quad (18.3)$$

Коэффициенты парных и тройных взаимодействий составят:

$$b_{1,2} = 0,24; b_{1,3} = 0,16; b_{2,3} = -0,02; b_{1,2,3} = 0,23.$$

С учетом парных и тройных взаимодействий факторов уравнение примет вид выражения (18.4):

$$y = 7,65 + 2,76x_1 + 2,12x_2 + 1,13x_3 + \\ + 0,24x_{1,2} + 0,16x_{1,3} - 0,02x_{2,3} + 0,23x_{1,2,3} \quad (18.4)$$

Из полученного уравнения можно видеть, что для снижения процента дробления зерна факторы x_1 и x_2 необходимо увеличивать, а фактор x_3 – уменьшать. Из парных взаимодействий наибольшее влияние оказывают факторы x_2 и x_3 .

Анализ уравнения регрессии

Нами были поставлены в центре плана опыты и получены следующие значения y : $y_1 = 6,5\%$; $y_2 = 7,6\%$; $y_3 = 8\%$. Следовательно, имеем:

$$y_c^- = \frac{6,5+7,6+8}{3} = 7,37; S_{\text{воспр}}^2 = \frac{(6,5-7,37)^2+(7,6-7,37)^2+(8-7,37)^2}{3-1} = 0,60335;$$

$$S_{\text{воспр}} = \sqrt{0,60335} = 0,7767; Sb_i = \frac{0,7767}{\sqrt{8}} = 0,275.$$

Значимость по критерию Стьюдента составит:

$$t_0 = 27,82; t_1 = 10,04; t_2 = 7,71; t_3 = 4,1;$$

$$t_{12} = 0,87; t_{23} = 0,07; t_{13} = 0,58; t_{123} = 0,84.$$

Табличное значение критерия Стьюдента для уровня значимости 0,05 и числе степеней свободы $f = 3 - 1 = 2$ равно $t_{0,05(2)} = 2,92$.

Таким образом, коэффициенты b_0 , b_1 , b_2 , b_3 значимы и уравнение примет вид выражения (18.3).

Проверка уравнения регрессии на адекватность

Если $S_{\text{окт}}^2 = 0,1843$, тогда:

$$F = \frac{S_{\text{окт}}^2}{S_{\text{воспр}}^2} \quad (18.5)$$

В результате, имеем $F = \frac{0,1843}{0,60335} = 0,305$.

Табулированное значение коэффициента Фишера для $p = 0,05$; $f_1 = 4$; $f_2 = 2$, составит 19,3.

Найденное значение коэффициента Фишера меньше его табулированного значения ($0,305 < 19,3$). Из этого следует, что полученное уравнение регрессии адекватно описывает исследуемый процесс [5, 14].

В раскодированном виде уравнение примет вид:

$$y = -19,15 + 0,0276x_1 + 0,212x_2 + 1,13x_3 \quad (18.6)$$

Для определения парного влияния факторов на критерий оптимизации (дробление) были построены следующие поверхности откликов:

1) зависящая от подачи растительной массы и от зазора на входе при постоянном уровне частоты вращения молотильного барабана – 500 об./мин:

$$y = -5,35 + 0,212 \cdot \Delta_1 + 1,13 \cdot q \quad (18.7)$$

2) зависящая от частоты вращения молотильного барабана и подачи растительной массы при постоянном значении молотильного зазора на входе, составляющем 40 мм:

$$y = -10,67 + 0,0276 \cdot n + 1,13 \cdot q \quad (18.8)$$

3) зависящая от частоты вращения молотильного барабана и молотильного зазора на входе при постоянном значении подачи растительной массы, составляющей 4 кг/с:

$$y = -14,63 + 0,0276 \cdot n + 0,212 \cdot \Delta_1 \quad (18.9)$$

Для последующей оценки линейности уравнения регрессии был четырехкратно определен выход y_0 при значениях факторов на нулевом уровне (то есть в «центре» эксперимента). Значения выхода составляли 7,5; 8,8; 9,1; откуда среднее значение выхода соответствует 8,47 (табл. 18.3).

Таблица 18.3 – Матрица планирования эксперимента ($t = -10$ °С, $W = 27,3$ %)

Номер вари- анта	Планирование				Расчет				Выход			
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_i^1	y_i^2	y_i^3	$y_{i\text{cp}}$
1	+	-	-	-	+	+	+	-	2,2	3,3	3,6	3,0
2	+	+	-	-	-	-	+	+	7,2	7,5	8,1	7,6
3	+	-	+	-	-	+	-	+	6,1	6,5	7,6	6,7
4	+	+	+	-	+	-	-	-	12,2	12,4	12,9	12,5
5	+	-	-	+	+	-	-	+	6,3	3,8	5,0	5,0
6	+	+	-	+	-	+	-	-	10,6	9,9	10,9	10,5
7	+	-	+	+	-	-	+	-	7,5	8,1	10,5	8,7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	14,8	15,6	15,2	15,2

Рассчитаем коэффициенты регрессии:

$$b_0 = 8,7; b_1 = 2,8; b_2 = 2,1; b_3 = 1,2.$$

Тогда математическая модель будет иметь вид выражения (18.10):

$$y = 8,7 + 2,8x_1 + 2,1x_2 + 1,2x_3 \quad (18.10)$$

Коэффициенты парных и тройных взаимодействий получают перемножением столбцов x_i между собой и на y_i :

$$b_{1,2} = 0,3; b_{1,3} = 0,2; b_{2,3} = -0,03; b_{1,2,3} = 0,26.$$

С учетом парных и тройных взаимодействий факторов уравнение примет вид выражения (18.11):

$$y = 8,7 + 2,8x_1 + 2,1x_2 + 1,2x_3 + 0,3x_{1,2} + 0,2x_{1,3} - 0,03x_{2,3} + 0,26x_{1,2,3} \quad (18.11)$$

Из полученного уравнения можно видеть, что для снижения процента дробления зерна факторы x_1 и x_2 необходимо увеличивать, а фактор x_3 –

уменьшать. Из парных взаимодействий наибольшее влияние оказывают факторы x_2 и x_3 .

Анализ уравнения регрессии

Нами были поставлены в центре плана опыты и получены следующие значения y : $y_1 = 7,5\%$; $y_2 = 8,8\%$; $y_3 = 9,1\%$. Следовательно, имеем:

$$y_c^- = \frac{7,5+8,8+9,1}{3} = 8,47; S_{\text{воспр}}^2 = \frac{(7,5-8,47)^2+(8,8-8,47)^2+(9,1-8,47)^2}{3-1} = 0,7234;$$

$$S_{\text{воспр}} = \sqrt{0,7234} = 0,85; Sb_i = \frac{0,85}{\sqrt{8}} = 0,3.$$

Значимость по критерию Стьюдента составит: $t_0 = 29$; $t_1 = 9,3$; $t_2 = 7$; $t_3 = 4$; $t_{12} = 1$; $t_{23} = 0,1$; $t_{13} = 0,67$; $t_{123} = 0,77$.

Табличное значение критерия Стьюдента для уровня значимости 0,05 и числа степеней свободы $f = 3 - 1 = 2$ равно $t_{0,05(2)} = 2,92$.

Таким образом, коэффициенты b_0 , b_1 , b_2 , b_3 значимы и уравнение примет вид выражения (18.10).

Проверка уравнения регрессии на адекватность

Если $S_{\text{окт}}^2 = 0,24$, тогда $F = \frac{0,24}{0,72} = 0,33$.

Табулированное значение коэффициента Фишера для $p = 0,05$; $f_1 = 4$; $f_2 = 2$, составит 19,3.

Найденное значение коэффициента Фишера меньше его табулированного значения ($0,33 < 19,3$). Из этого следует, что полученное уравнение регрессии адекватно описывает исследуемый процесс.

В раскодированном виде уравнение примет вид выражения (18.12):

$$y = -18,5 + 0,028x_1 + 0,21x_2 + 1,2x_3 \quad (18.12)$$

Для определения парного влияния факторов на критерий оптимизации (дробление) были построены следующие поверхности откликов [78]:

1) зависящая от подачи растительной массы и от зазора на входе при постоянном уровне частоты вращения молотильного барабана – 500 об./мин:

$$y = -4,5 + 0,21 \cdot \Delta_1 + 1,2 \cdot q \quad (18.13)$$

2) зависящая от частоты вращения молотильного барабана и подачи растительной массы при постоянном значении молотильного зазора на входе, равного 40 мм:

$$y = -10,1 + 0,028 \cdot n + 1,2 \cdot q \quad (18.14)$$

3) зависящая от частоты вращения молотильного барабана и молотильного зазора на входе при постоянном значении подачи растительной массы, равной 4 кг/с:

$$y = -13,7 + 0,028 \cdot n + 0,21 \cdot \Delta_1 \quad (18.15)$$

Основная задача исследований в полевых условиях состоит в определении наилучшего сочетания частоты вращения молотильного барабана, подачи растительной массы, величины молотильного зазора на входе, которые позволят снизить дробление зерна кукурузы.

В процессе исследований были найдены оптимальные параметры: частота вращения молотильного барабана – 400–450 об./мин, величина молотильного зазора на входе – 30–35 мм и подача растительной массы – 3–3,5 кг/с. Величина дробления при данных режимах составила 2,2–3,6 %, что практически соответствует агротехническим требованиям (2,5 %) [32].

В ходе проведения исследований, разработаны предложения по повышению эффективности обмолота початков кукурузы за счет применения специальных, быстросъемных щитков, устанавливаемых в межбичевое пространство молотильного барабана комбайна (патент на изобретение № RU 2719780 C2).

19 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА В АПК АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Работа уборочно-транспортного комплекса Амурской области преимущественно связана с уборкой трех основных сельскохозяйственных культур – соя, ранние зерновые и кукуруза на зерно.

Посевные площади этих культур и валовый сбор в среднем ежегодно за период 2015–2019 гг. составили:

1. Площадь посевов, тыс. га:

- 1) соя – 923,3;
- 2) ранние зерновые – 192,4;
- 3) кукуруза на зерно – 13,9.

2. Валовый сбор, тыс. га:

- 1) соя – 1 023,9;
- 2) ранние зерновые – 329,6;
- 3) кукуруза на зерно – 57,8.

Нужно учесть, что уборка зерновых и сои может вестись полным парком зерноуборочных комбайнов (около 2 300 шт.), но в различные периоды времени (зерновые убираются в период с июля по сентябрь), то есть практически 90 календарных дней. Однако, учитывая неблагоприятные погодные условия этого периода, коэффициент использования рабочего времени составляет 0,5–0,6, а коэффициент готовности по техническому состоянию комбайнового парка не превышает 0,8–0,9; величина нагрузки убираемой площади на один физический комбайн по зерновым составляет около 179 га.

При рабочей скорости комбайна 7,5 км/ч и ширине захвата жатки 7 м при прямом комбинировании теоретически будет убрано 5,25 га/ч. Исходя из десятичасовой рабочей смены, убранная площадь составляет около 52 га, то есть теоретически существующим парком зерноуборочных комбайнов ранние зерновые

можно убрать за 3,5 смены. Анализ хода уборки ранних зерновых в 2021 году (посевная площадь 175 000 га) показал, что среднее значение ежедневно убранной площади составляет 6 126 га, отсюда длительность уборочного процесса составила 28 дней (смен).

Таким образом, теоретические расчеты и фактическая уборка ранних зерновых отличаются в 8 раз. Реально в уборке эффективно работают только около 290 комбайнов, то есть коэффициент технической и организационной готовности комбайнового парка не превышает 8 %.

На уборке сои нагрузка в 2021 году теоретически на один физический комбайн составила около 315 га (то есть 724,5 тыс. га и 2 300 комбайнов).

Учитывая меньшее значение рабочей скорости комбайна на уборке сои (до 6 км/ч) и ширину захвата жатки 7 м, можно теоретически обеспечить в течении десятичасовой смены уборку 4,2 га/час или 42 га/смен. Таким образом, теоретически уборку можно закончить за 17 дней. Проведенный анализ уборки сои в 2021 году при известной средней ежедневно убираемой площади показал, что действительный период уборки составил около 50 дней (с 24 сентября по 15 ноября).

В таблице 19.1 представлены показатели ежедневной убираемой площади сои, намолот и урожайность в 2021 году.

Таблица 19.1 – Показатели ежедневной убираемой площади, намолота и урожайности сои в АПК Амурской области (2021 г.)

Показатель	Величина показателей по датам							
	24.09	01.10	05.10	15.10	20.10	25.10	10.11	15.11
Убранная площадь, га	3 104	9 770	13 171	38 486	39 085	74 640	360	733
Намолот, т	6 914	18 282	21 661	65 151	58 529	111 636	440	1 016
Урожайность, ц/га	22,2	18,7	16,4	16,9	15,0	15,0	12,2	13,9

Из таблицы видно, что с 15.10.21 г. по 25.10.21 г. наблюдается наиболее эффективный период убираемой площади. В среднем ежедневно убираемая площадь находилась в пределах от 38 486 до 74 640 га (50,7 тыс. га).

При таких возможностях работы комбайнового парка плановая площадь посевов сои 724 399 га может быть убрана за 14 рабочих дней, а с учетом показателя работы 25 октября (74 640 га), уборка сои может быть закончена за десять дней.

В уборочно-транспортном комплексе также велика роль транспортных средств, в том числе наличие бункеров-перегрузателей, а также грузоподъемности автомобилей и тракторов с прицепами; различной удаленности полей от пунктов приема и обработки зерна. Следует отметить, что в большинстве хозяйств АПК Амурской области, возделывающих зерновые, сою и кукурузу на зерно, разрабатываются технологические карты. В них особенно тщательно должна просчитываться эффективность уборки урожая и включаться следующие показатели:

1. Характеристика посевных площадей сельскохозяйственных культур:

1) площади посевов; предполагая урожайность и сроки созревания сельскохозяйственных культур;

2) возможное состояние полей под посевами (состояние почвы по влажности, засоренности посевов; состояние полевых дорог; контуры полей; возможное применение десикации посевов за две недели до уборки при влажности зерна не более 30 %).

2. Характеристика комбайнового парка и косилок при двухфазном способе уборки зерновых культур: распределение комбайнов по производительности (ежесменная убираемая площадь и намолот).

3. Состояние (возможности) автомобильного парка по производительности, то есть соответствие намолота зерна комбайнами и его устойчивая транспортировка на пункт послеуборочной обработки зерна.

Для сокращения срока уборочного периода важно использовать двухсменную работу уборочно-транспортного комплекса. Работа транспорта может быть организована по следующим схемам:

- 1) «поле – элеватор»;
- 2) «поле – пункт послеуборочной обработки зерна в хозяйстве», а из хозяйства на элеватор;
- 3) от поля часть урожая поступает на пункт послеуборочной обработки зерна, а часть – для реализации на элеватор.

Наиболее выгодна вторая схема организации транспортировки зерна при наличии хорошей базы его послеуборочной обработки.

Чтобы не иметь простоев комбайнов, количество транспортных средств n находят по величине отношения времени заполнения бункера ($T_б$) и времени оборота транспортных средств ($T_{об}$). Время заполнения бункера можно определить из выражения (19.1) [51, 97, 104, 146]:

$$T_б = \frac{U \cdot \gamma(1 + \sigma_k)}{3600 \cdot Q_k} \quad (19.1)$$

где U – объем (вместимость) бункера, м³;

γ – объемная масса семян, кг/м³;

σ_k – отношение массы соломы к массе зерна;

Q_k – пропускная способность обмолота растительной массы зерноуборочного комбайна, кг/с.

Эта формула приемлема при условии, что $G \geq U \cdot \gamma$, где G – грузоподъемность транспортного средства, работающего с комбайном. Такое соотношение обычно соответствует устойчивой работе уборочно-транспортного комплекса.

Величина времени оборота транспортного средства определяется из выражения (19.2):

$$T_{об} = t_{кд} + t_d + t_{пр} \quad (19.2)$$

где $t_{кд}$ – время движения транспортного средства от комбайна до дороги (по полю) или бункера накопителя; и от дороги до комбайна, ч;

$t_{пр}$ – время погрузки и разгрузки, ч;

t_d – время движения от комбайна к месту разгрузки и обратно (по дороге), ч.

Эти данные следует получить по хронометражным наблюдениям. Представим пример теоретического времени заполнения бункера комбайнов

«Vector-410», «Acros-530» и «Torum-750», имеющих следующую вместимость (емкость) бункера и вес зерна:

«Vector-410» – 6 000 л (5,1 т);

«Acros-530» – 9 000 л (7,62 т);

«Torum-750» – 10 500–12 000 л (8,9–10,2 т).

Расчет подачи зерна в бункер проведем для урожайности (E) зерновых равной 15, 20 и 30 ц/га при ширине захвата жатки ($B_{ж}$), составившей 7 м и скорости комбайна ($V_{к}$) равной 7 км/ч, используя выражение (19.3):

$$G_{рас} = \frac{B_{ж} \cdot V_{к} \cdot E \cdot 3600}{360 \cdot 1000} = 0,01 B_{ж} \cdot V_{к} \cdot E \quad (19.3)$$

Результаты расчета времени заполнения бункера комбайнов представлены на рис. 19.1.

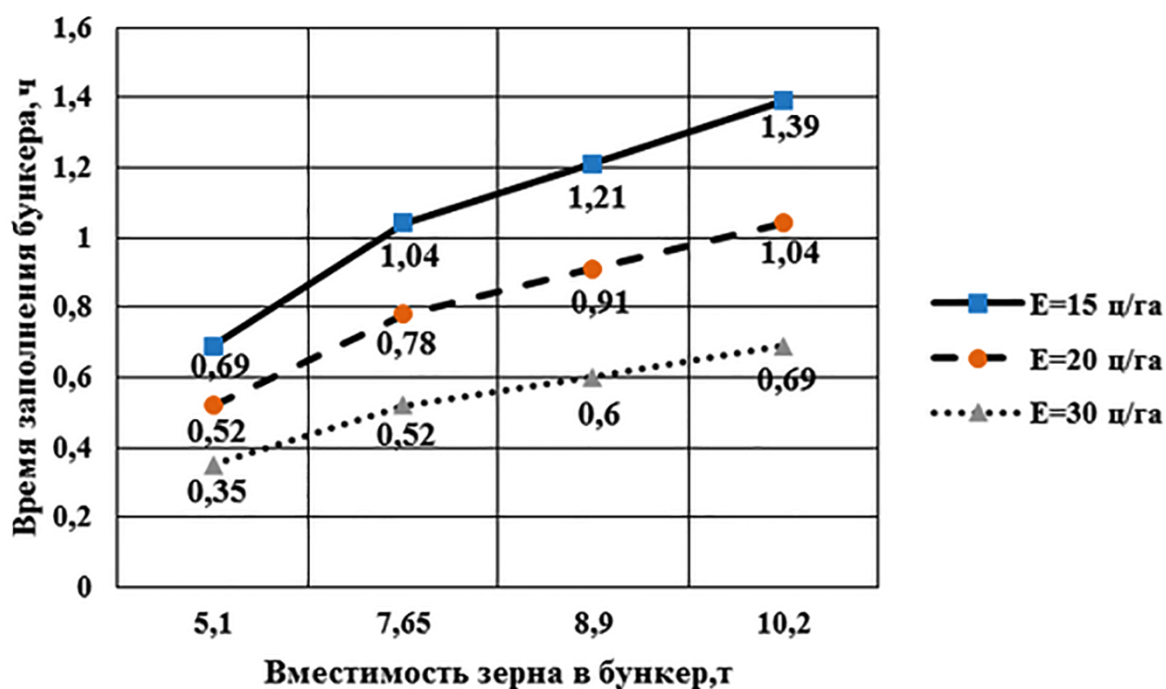


Рисунок 19.1 – Время заполнения бункера комбайнами «Vector-410», «Acros-520» и «Torum-750» для различной урожайности

Показатели расчета времени заполнения бункера комбайном «Vector», «Acros» и «Torum»:

1. При $E = 15$ ц/га; $G_{рас} = 0,01 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 20 = 7,35$ т/ч:

$$t_{vector} = \frac{5,1 \text{ т}}{7,35 \text{ ц/га}} = 0,69 \text{ ч}; t_{torum1} = \frac{8,9 \text{ т}}{7,35 \text{ ц/га}} = 1,21 \text{ ч};$$

$$t_{acros} = \frac{7,65 \text{ т}}{7,35 \text{ ц/га}} = 1,04 \text{ ч}; t_{torum2} = \frac{10,2 \text{ т}}{7,35 \text{ ц/га}} = 1,39 \text{ ч}.$$

2. При $E = 20$ ц/га; $G_{рас} = 0,01 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 20 = 9,8$ т/ч:

$$t_{vector} = \frac{5,1 \text{ т}}{9,8 \text{ ц/га}} = 0,52 \text{ ч}; t_{torum1} = \frac{8,9 \text{ т}}{9,8 \text{ ц/га}} = 0,91 \text{ ч};$$

$$t_{acros} = \frac{7,65 \text{ т}}{9,8 \text{ ц/га}} = 0,78 \text{ ч}; t_{torum2} = \frac{10,2 \text{ т}}{9,8 \text{ ц/га}} = 1,04 \text{ ч}.$$

3. При $E = 30$ ц/га; $G_{рас} = 0,01 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 30 = 14,7$ т/ч:

$$t_{vector} = \frac{5,1 \text{ т}}{14,7 \text{ ц/га}} = 0,35 \text{ ч}; t_{torum1} = \frac{8,9 \text{ т}}{14,7 \text{ ц/га}} = 0,60 \text{ ч};$$

$$t_{acros} = \frac{7,65 \text{ т}}{14,7 \text{ ц/га}} = 0,52 \text{ ч}; t_{torum2} = \frac{10,2 \text{ т}}{14,7 \text{ ц/га}} = 0,69 \text{ ч}.$$

Из представленного исследования можно отметить, что уборка зерновых и сои при имеющейся физической численности парка зерноуборочных комбайнов может укладываться в агротехнические сроки выполнения этой важной технологической операции. Это следует из того, что в некоторые дни уборки убранная площадь в АПК Амурской области превышает средние значения в три и более раза.

Проведя анализ этой работы по некоторым хозяйствам, видно, что значительная часть комбайнов простаивает по техническим неисправностям. Отмечается недостаточная производительность из-за низкой квалификации механизаторов, а также невозможности эффективной работы при переувлажненности почвы (колесные и гусеничные комбайны).

Из рисунка 19.1 видно, что комбайны имеющие большую емкость бункера (комбайн «Торим-750»), гораздо реже останавливаются для выгрузки зерна. Так, при урожайности зерна 20 ц/га комбайн «Vector-410» в два раза чаще останавливается для выгрузки зерна по сравнению с «Торим-750».

Из рисунка 19.1 видно, что наблюдается линейная зависимость времени заполнения бункера различных комбайнов завода «Ростсельмаш» (комбайны

«Vector», «Acros», «Togun») для различной урожайности при одинаковой ширине захвата жатки (7 м) и скорости комбайна (7 км/ч).

С ростом урожайности время заполнения бункера существенно уменьшится. Меньшее время заполнения бункера имеет комбайн «Vector-410» с бункером 6 000 л, вместимость которого составляет 5,1 т.

Проведенный анализ позволяет рассчитать парк транспортных средств с наибольшей грузоподъемностью и временем выгрузки зерна из бункера и его привоза на пункт послеуборочной обработки зерна.

20 ПЕРСПЕКТИВЫ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УСТРОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

На рисунке 20.1 представлен зерноуборочный комбайн с транспортной двухсекционной жаткой «Macdon» D1/FD1, в которой отсутствует шнек. Краткая технологическая характеристика этой жатки и ее режущего аппарата представлена в таблице 20.1; вид – на рисунке 20.2 [77].

Привод к ножу режущего аппарата с качающейся шайбой (привод Шумера) совместно с мотовилом, имеющим возможность перемещать и укладывать срезанную массу растений на транспортер, обеспечивает снижение вымолота сои в зоне, близкой к поверхности поля [77].



Рисунок 20.1 – Комбайн с складывающейся транспортной жаткой «Macdon» D1/FD1 (ширина захвата – 7,6; 13,7 м)



Рисунок 20.2 – Схема размещения транспортера и режущего аппарата

20 Перспективы направления совершенствования устройства и технологического процесса работы зерноуборочных комбайнов

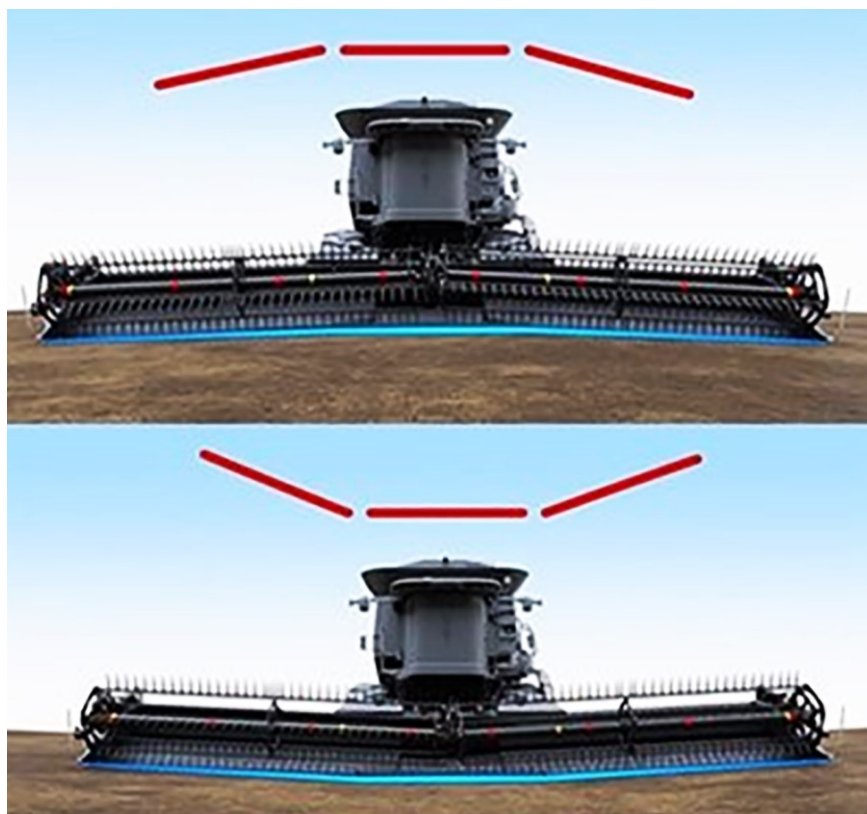
Таблица 20.1 – Техническая характеристика зерноуборочного комбайна «Macdon» D1/FD1

Модель	Ширина захвата, м	Вес жатки с одним режущим аппаратом, кг	Вес жатки с двумя режущими аппаратами, кг	Характеристика режущего аппарата	Характеристика мотoviла
D1	7,6	2510	–	привод жатки гидравлический; одинарный или двойной нож; вариаторный привод; от 1 050–1 400 ходов в минуту до 1 100–17 000 ходов в минуту; пальцы закаленные; форма устойчивая к загрязнению	имеется 5 или 6 планок, состоящие из 1-ой или 2-х частей; кулачковый оборачиваемый привод граблин; гидравлический привод; от 0 до 67 об./мин; длина пальцев 279 мм; износостойкий пластик; стальные расстояние между пальцами 152 мм
	9,1	3000	–		
	10,6	3150	–		
	12,2	–	3 498		
	13,7	–	3 616		
FD1	9,1	3 160	–	ординарный или двойной нож; гидравлический привод; 1 050–1 400 ходов в минуту; пальцы закаленные; форма устойчивая к загрязнению	имеется 5 или 6 планок, состоящие из 1-ой или 2-х частей; кулачковый оборачиваемый привод граблин; гидравлический привод; от 0 до 67 об./мин; длина пальцев 279 мм; износостойкий пластик или стальные расстояние между пальцами 152 мм
	10,6	3 364	–		
	12,2	–	3 676		
	13,7	–	3 884		

Преимущество такой жатки в большей ширине захвата, что особенно важно на уборке сои с урожайностью более 20 ц/га. В условиях Амурской области это позволило бы обеспечить полную загрузку молотильно-сепарирующих устройств комбайнов с пропускной способностью 9–12 кг/га.

Безшнековая жатка улучшает движение растений сои без встречных ударов по стручкам сои пальцев шнека и его спиральной части, исключая разрушение створок и выход семян за пределы жатки, то есть обеспечивается снижение потерь за жаткой [77].

На рисунке 20.3 представлен комбайн с безшнековой жаткой, состоящей из трех частей. Преимущество такой жатки особенно очевидно на уборке сои, где необходимо обеспечить копирование поверхности почвы и низкий срез (3–5 см) растений. Кроме того, такая жатка, имея ширину захвата центральной части не более четырех метров и поднимающиеся вверх боковые части, может обеспечить свободный транспортный переезд.



**Рисунок 20.3 – Зерноуборочный комбайн
с трехсекционной жаткой системы Active Float**

Равномерная подача растительного материала в молотильно-сепарирующее устройство обеспечивается различными конструкциями жаток (хедеров) и наклонных камер. Так, фирма «Claas» устанавливает на жатках шнеки с пальцами, расположенными по всей длине шнека, а в комбайнах фирмы «Massey Ferguson» устойчивая подача растительной массы обеспечивается установкой перед шнеком хедера ленточного прорезиненного транспортера (рис. 20.4) [74, 78]. Фирмы «John Deere» и «New Holland» проектируют выпуск складывающихся жаток, обеспечивая их транспортную ширину 3,1–3,8 м при рабочей ширине захвата 4,8–7,2 м [76, 79].

Совершенствование классической схемы молотильно-сепарирующего устройства идет в направлении увеличения диаметра молотильного барабана, а также развития двухбарабанной системы обмолота; причем первый барабан

обеспечивает при обмолоте высоких урожаев повышенной влажности растений растаскивание стеблей в тонкий слой (барабан-нормализатор), что способствует лучшему обмолоту и сепарации зерна (вороха) из-под подбарабанья.

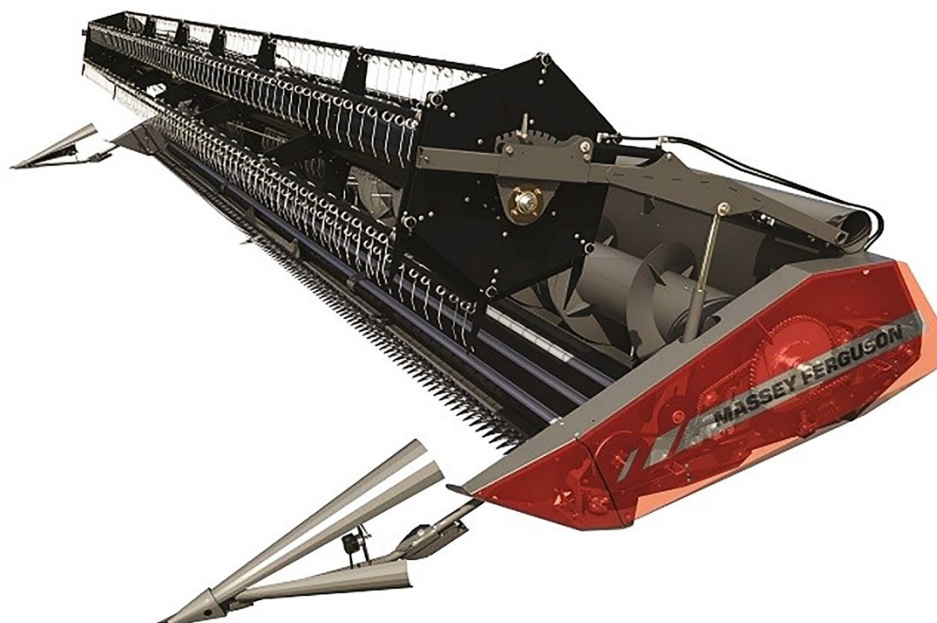


Рисунок 20.4 – Жатка «Power flow» фирмы «Massey Ferguson»

Модернизация аксиально-роторных молотильных аппаратов осуществляется на основе улучшения работы захватывающей части, путем изменения конструкции лопастей и подбарабанья. Так, в комбайне «Тогум-450» (фирма «Ростсельмаш») подбарабанье сделано вращающимся. Следует отметить, что компания «Ростсельмаш» провела успешное испытание беспилотного зерноуборочного комбайна «Тогум-785». Отсутствие кабины дает экономию до 20 % в стоимости комбайна [81].

Важно отметить развитие производства кукурузных жаток для обмолота 8 рядков с междурядьем 60–75–80 см (рис. 20.5, табл. 10.18, 10.19).

В мировом комбайностроении проводились разработки комбайнов с шарнирно-сочлененной рамой (угол поворота полурам до 30 град.), имеющей два ведущих моста. На передней полураме располагается жатвенная часть и молотилка, а в задней части – бункер емкостью 13,7 м³. Обмолот растений осуществляется при помощи поперечно располагающегося за наклонной камерой

ротора. Обмолачивающаяся масса подвергается воздействию воздушного потока и уносится в заднюю часть молотилки. Очистка вороха происходит на жалюзийных решетках, а зерно транспортируется шнеком в зерновой бункер задней полурамы. Выгрузной шнек имеет производительность 17,6 м³/мин. Общий вид комбайна марки «Tribine» (США) представлен на рисунке 20.6. Благодаря большей вместимости бункера, комбайн может без разгрузки проходить расстояние до 2 км. В кабине имеется терминал, представляющий полную информацию от видеокамер и датчиков [203].



Рисунок 20.5 – Зерноуборочный комбайн Claas с восьмирядковой жаткой на уборке кукурузы

В Республике Беларусь с 1999 года производились зерноуборочные комбайны КЗР-10 «Полесье-Ротор». Комплекс состоит из энергетического средства УЭС-2-250 с двигателем мощностью 198 или 213 кВт; размещенной на нем жатвенной частью; молотильно-сепарирующего устройства роторного типа с поперечным расположением; устройства транспортирования зерно-меси и прицепного очистителя-накопителя (рис. 20.7). Технологический процесс работы представлен на рисунке 20.8 [80].



1 – бункер; 2 – очистка; 3 – двигатель (290 кВт); 4 – кабина; 5 – жатка

Рисунок 20.6 – Зерноуборочный комбайн «Tribine»



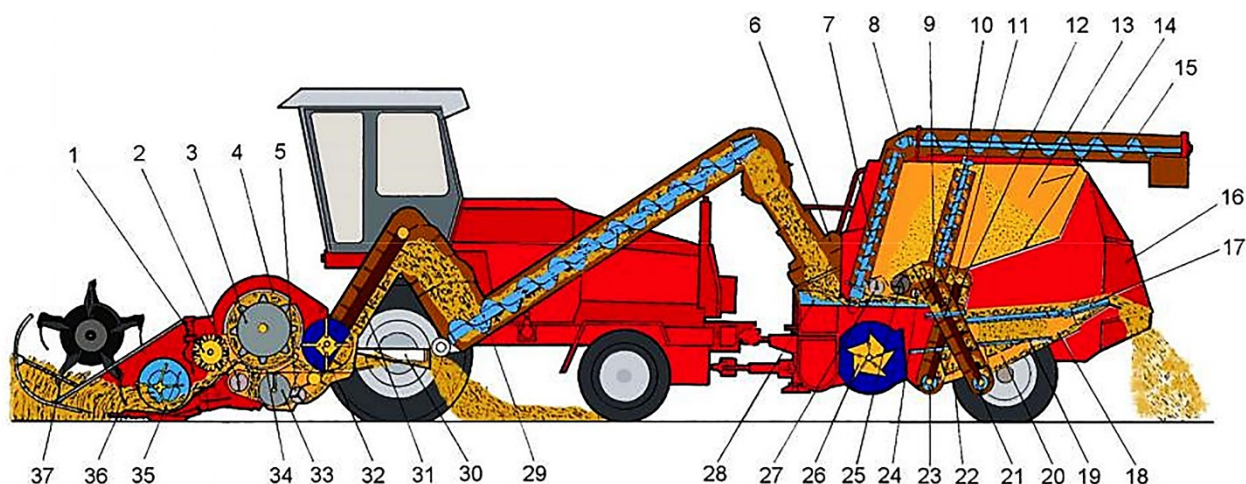
1 – жатка; 2 – роторное молотильно-сепарирующее устройство;
3 – универсальное энергетическое средство; 4 – шнековый транспортер
вороха; 5 – прицепной очиститель-накопитель

Рисунок 20.7 – Общее устройство КЗР-10 «Полесье-Ротор»

Установка молотильно-сепарирующего устройства непосредственно за жаткой дает значительное снижение энергозатрат, так как солома не транспортируется через весь комбайн, а укладывается сразу за молотильно-сепарирующим устройством. Комплекс превосходит самоходные монокомбайны по экономической эффективности, так как энергетическое средство, применяемое для уборки зерновых и сои, используется также в составе комплексов для кошения трав, уборки силосуемых культур [80].

Продолжительность пребывания обмолачиваемой массы в контакте с подбарабаньем в тангенциально-роторном молотильно-сепарирующем

устройстве по сравнению с барабанным на порядок больше, а путь обмолота в 5–6 раз длиннее, благодаря чему достигается высокий обмолачивающий и сепарирующий эффект.



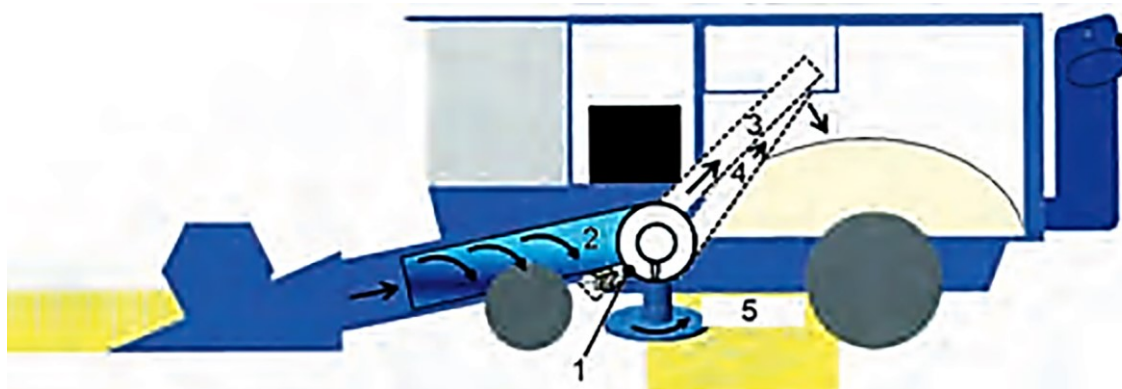
1 – валец проставки жатки; 2 – дополнительный валец молотильно-сепарирующего устройства (МСУ); 3 – ротор МСУ; 4 – сепарирующие решето; 5 – битер МСУ; 6 – приемник ОМП; 7 – шнек наклонный выгрузной; 8 – отвод с редуктором; 9 – элеватор колосовой; 10 – шнек загрузкой; 11 – дополнительное решето; 12 – элеватор зерновой; 13 – бункер зерна; 14 – вибрдно; 15 – шнек поворотный выгрузной; 16 – капот; 17 – удлинитель; 18 – верхнее решето; 19 – нижнее решето; 20 – поддон колосовой; 21 – шнек колосовой; 22 – поддон зерновой; 23 – шнек зерновой; 24 – шнек распределительный; 25 – устройство домолочивающее; 26 – вентилятор; 27 – горизонтальный шнек; 28 – стрясная доска; 29 – шнек наклонный; 30 – соломоотвод; 31 – элеватор МСУ; 32 – битер-измельчитель МСУ; 33 – шнек МСУ; 34 – дека; 35 – шнек жатки; 38 – режущий аппарат; 37 – мотовило

Рисунок 20.8 – Схема технологического процесса работы комплекса КЗР-10 «Полесье-Ротор»

Государственным институтом сельского и лесного хозяйства и садоводства (г. Бернбург, Германия) ведутся исследования и отработка так называемого «компактного» способа уборки зерновых культур, являющегося альтернативой традиционному [195]. Для реализации этой технологии используется модернизированный зерноуборочный комбайн без устройства очистки зерна и соломотряса (рис. 20.9).

Скошенная жаткой масса попадает в роторное молотильное устройство. Затем смесь обмолоченного зерна, половы и часть измельченной соломы (до 25 %) подаются в бункер большой вместимости (30–35 м³). Оставшаяся часть соломы после обмолота измельчается и разбрасывается по полю. В бункере

комбайна смесь может подвергаться дополнительному прессованию. После заполнения бункера она перегружается в транспортное средство и перевозится на стационарный пункт, где происходит очистка зерна. Другие продукты очистки могут быть использованы в качестве подстилки, на корм животным, энергетические цели и получение биогаза.



1 – разделение потока материала; 2 – роторное молотильно-сепарирующее устройство; 3 – зерно и солома; 4 – измельченная солома; 5 – распределитель измельченной соломы

Рисунок 20.9 – Схема модернизированного зерноуборочного комбайна

Специалисты, занимающиеся исследованиями этой технологии, термин «компактный» объясняют следующим образом: реализован комплексный процесс уборки всего урожая, включая солому; технологический процесс скашивания, обмолота, распределения соломы по полю и подготовки смеси зерна, соломы и измельченной соломы к транспортировке осуществляется «компактным» комбайном без системы очистки; смесь урожая в бункере и транспортном средстве при необходимости уплотняется. Исходя из требований для движения по дорогам, допустимая вместимость прицепа для транспортировки составляет 110 м^3 , или 25 т полезной нагрузки.

С 1999 г. канадской фирмой «McLeodHarvest» создан и в течение нескольких лет испытан комплекс машин, реализующий технологию уборки зерновых культур с обработкой невяяного вороха на стационаре.

Он включает в себя прицепной комбайн, большегрузные автомобили и

стационарный аспирационно-решетный агрегат [30]. Комбайн, агрегатируемый трактором минимальной мощностью 122 кВт, может располагаться за трактором как с левой, так и правой стороны.

В отличие от обычного в конструкции комбайна отсутствует система очистки (решетный стан и вентилятор). Поступающая в комбайн масса обмолачивается молотильным барабаном, а затем клавишным соломотрясом разделяется на две фракции: солому и невеяный ворох. Солома поступает на измельчитель и разбрасывается по полю; невеяный ворох от молотильного барабана и соломотряса подается в бункер. После заполнения бункера невеяный ворох транспортером, расположенным в задней части комбайна, выгружается в автомобиль и перевозится на стационар.

На стационаре, расположенном на месте для последующего хранения корма или площадке для откорма животных, ворох выгружается в приемный бункер аспирационно-решетного агрегата, на котором зерно решетками и воздушным потоком выделяется из вороха и подается шнеком в бурт, склад или транспортное средство. Незерновая часть, занимающая по массе одну треть вороха, воздушным потоком отдельного вентилятора по трубопроводу транспортируется в бурты.

В России в 1960–1980-х годы разработкой комплекса машин и исследованиями технологии уборки зерновых культур с обработкой невеяного вороха («невейка») на стационаре занимался Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Основные машины этой технологии (полевая машина на базе роторного комбайна и стационарный ворохоочиститель) прошли необходимые испытания. Однако практического применения в дальнейшем эта технология уборки зерновых культур не получила.

Компания «AWS» (Канада) предлагает так называемое «пневматическое» мотовило AWS (Advanced Wind-Reel Systems), которое монтируется на серийные жатки зерноуборочных комбайнов [194]. Оно включает в себя вентилятор,

20 Перспективы направления совершенствования устройства и технологического процесса работы зерноуборочных комбайнов

подающие воздухопроводы и основной воздухопровод с отходящими от него соплами, закрепленный перед механическим мотовилом жатки. Поток воздуха из сопел подается на режущий аппарат жатки, и вместе с механическим мотовилом этот поток транспортирует срезанную массу растений к шнеку или ее транспортеру (рис. 20.10, 20.11).

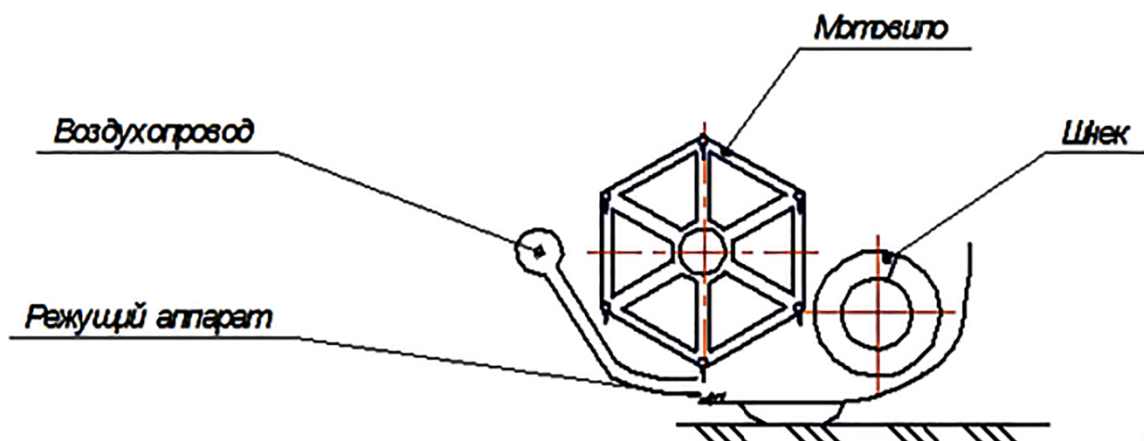


Рисунок 20.10 – Схема работы пневматического мотовила AWS



Рисунок 20.11 – Зерноуборочный комбайн с жаткой, оборудованной пневматическим мотовилом

В зависимости от типа комбайна и жатки вентилятор крепится на левой стороне комбайна или на одной из сторон жатки. Входное отверстие вентилятора оборудовано вращающимся фильтром. Направление и объем воздушного

потока контролируются и регулируются из кабины. Использование пневматического мотовила позволяет повысить производительность скашивания растительной массы, уменьшить потери и повреждение зерна. Особенно такое мотовило может быть эффективно на уборке сои в условиях Амурской области, где в период уборки влажность зернам не превышает 14 %, а сухие бобы легко разрушаются в зоне режущего аппарата, шнека жатки и мотовила. Воздушная завеса будет удерживать семена сои на платформе жатки.

Мотовила такой же конструкции производит фирма «Craiy» (США). Кроме того, она предлагает пневматическое мотовило Craiy Air Reel, на котором основной воздухопровод с соплами находится внутри механического мотовила и является опорой для его вращения (рис. 20.12, 20.13) [190].

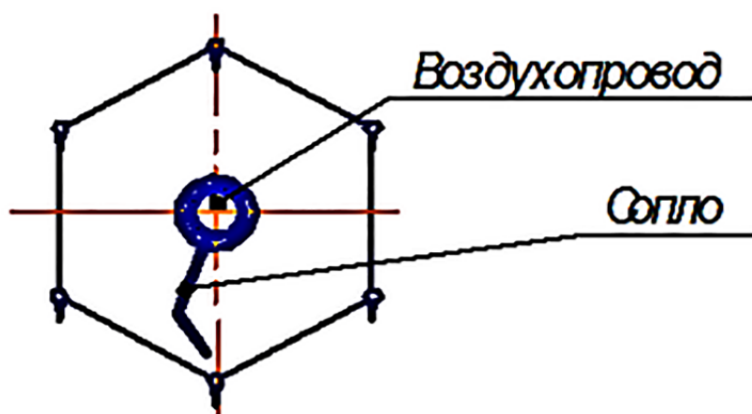


Рисунок 20.12 – Схема работы пневматического мотовила CWS



Рисунок 20.13 – Зерноуборочный комбайн с жаткой, оборудованной пневматическим мотовилом Craiy Air Reel

Швейцарской высшей школой по сельскому хозяйству (SHL) с 2009 г. ведутся исследования технологии уборки зерновых культур со сбором половы в отдельный бункер зерноуборочного комбайна (рис. 20.14) [187].



Рисунок 20.14 – Зерноуборочный комбайн с бункером для сбора половы

Нижняя часть бункера является продолжением корпуса молотилки комбайна, а верхняя, выполненная из тканого материала, имеет возможность складываться и раскладываться. Плотность половы колеблется от 25 до 50 кг/м³; вместимость бункера достигает 1 000 кг (в зависимости от влажности половы). Подача половы в бункер осуществляется по трубопроводу пневматическим способом. При испытаниях технологии солома разгружалась на краю поля на землю одновременно с выгрузкой зерна в транспортное средство (рис. 20.15). Затем пресс-подборщиком формировались рулоны плотностью 175 кг/м³, которые транспортировались к месту дальнейшего использования.

В 2014 г. ПО «Гомсельмаш» наладил производство зерноуборочного комбайна «КЗС-1624» (рис. 20.16), отличающегося новым компоновочным решением [120]. Зерновой бункер расположен не наверху, как у всех комбайнов, а внизу, что позволяет, по мнению специалистов-разработчиков, уменьшить

расход энергии на подъем зерна в процессе его очистки и выгрузки. Нижнее расположение бункера, который одновременно является и рамой, упрощает несущие конструкции и обеспечивает более высокую поперечную устойчивость комбайна, так как основная нагрузка распределена в нижней части комбайна, оснащенного двигателем мощностью 331 кВт, жаткой шириной захвата 9 м и системой роторных соломосепараторов. Пропускная способность комбайна составляет 16 кг/с.



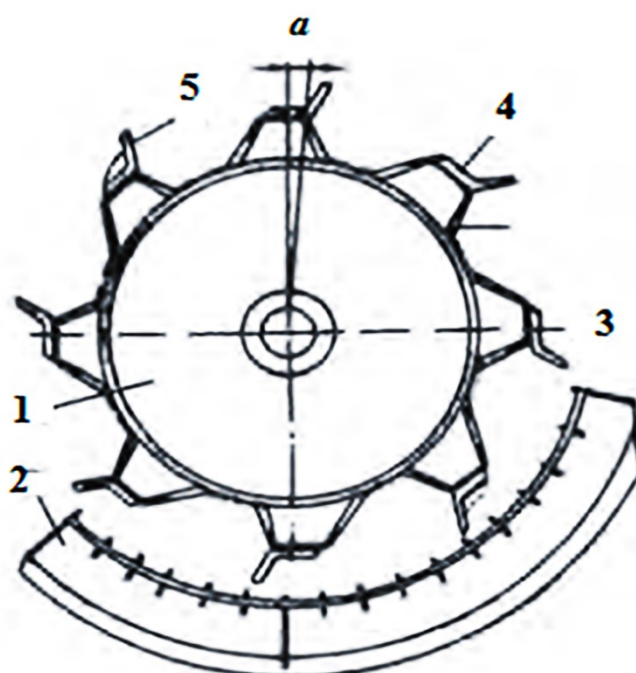
Рисунок 20.15 – Разгрузка соевых бобов из бункера

В Северо-Западном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства разработано молотильно-сепарирующее устройство, отличающееся применением на барабане зубчатых бичей разной высоты и обеспечивающее рациональный обмолот (рис. 20.17) [95, 96].

Его концептуальный принцип состоит в двухуровневом энергетическом воздействии на обмолачиваемую культуру путем нанесения по ней малого количества ударов большой интенсивности и большого количества ударов малой интенсивности.



Рисунок 20.16 – Зерноуборочный комбайн «КЗС-1624»



1 – барабан; 2 – подбарабанье; 3 – остов; 4 – зубовой бич;
5 – низкий зуб; α – угол наклона зуба

Рисунок 20.17 – Молотильный аппарат с зубовыми бичами

Процесс обмолота осуществляется при постоянных молотильных зазорах, установленных на заводе. Молотильно-сепарирующее устройство предназначено для обмолота зерновых колосовых и других культур, устанавливается на

одно- и двухбарабанных зерно- и рисоуборочных комбайнах. Обеспечивает повышение пропускной способности на 18–24 %, снижение микротравмирования зерна и энергоемкости обмолота на 30 %, экономию топлива на 10–13 %. Потери зерна молотилками комбайнов, работающих в хозяйственных условиях, уменьшаются в 1,5–2 раза. Зерноуборочные комбайны типа «Енисей», оборудованные таким молотильным аппаратом, прошли испытания на Прибалтийской, Центральной, Дальневосточной МИС. 800 комбайнов эксплуатируется в хозяйствах Красноярского края.

Фирма «Case IH», первая среди производителей сельскохозяйственной техники, разработала систему синхронизации совместной работы двух машин с использованием беспроводной связи [73].

Зерноуборочный комбайн, являясь ведущим, при попадании трактора с прицепом для перевозки зерна в зону активности, автоматически управляет его скоростью, направлением движения и расстоянием между ними. Система также может координировать движение в загонке двух зерноуборочных комбайнов.

Одно из инновационных решений фирмы «Claas» – система «Grain Quality Camera» для зерноуборочных комбайнов. Расположенная в головке элеватора цветная фотокамера с высоким разрешением делает снимки убираемого зерна в зерновом потоке (рис. 20.18) [74]. Снимки анализируются на наличие незерновых примесей и дробленых зерен, а результаты анализа в виде диаграмм передаются на терминал комбайна.

Комбайнер имеет возможность сразу просматривать снимки и различать отдельные или прилипшие примеси. Это создает новую и более точную основу для оценки качества зерна, оптимизации настройки жатки и системы очистки на зерноуборочных комбайнах «Lexion» 760, 770, 780. Устройство обеспечивает автоматическое регулирование равномерного распределения соломы и половы за комбайном. Датчики ветра и уклона расположены на обеих задних

фарах комбайна (рис. 20.19).



Рисунок 20.18 – Расположение фотокамеры на зерновом элеваторе



Рисунок 20.19 – Датчики ветра и уклона на зерноуборочном комбайне

Они выполнены в форме пластин, фиксируют боковой ветер и одновременно угол склона, раскачиваясь в бок или вперед – назад в соответствии с силой ветра. Измеряются максимальный показатель и частота отклонения датчика, что исключает влияние порывов ветра или подветренного расположения. На основе этой информации формируется команда радиальному распределителю по сбросу соломы против ветра или вверх по склону.

Фирма «New Holland» награждена серебряной медалью за систему Opti Speed, автоматически изменяющую частоту вращения приводных валов соломотряса в зависимости от уклона и убираемой культуры. При движении в гору частота вращения валов снижается, а под гору – увеличивается. В обоих случаях плотность вороха становится сравнимой с показателями при уборке на участках с ровным рельефом [79].

При смене культуры система автоматически загружает частоту вращения валов, необходимую для данной культуры. Такого рода адаптация и регулировка частоты вращения валов соломотряса применяются впервые.

В комплексе операций по производству зерна уборочные работы отличаются значительными затратами материально-технических и энергетических ресурсов. Это обосновывает необходимость совершенствования технологии уборочных работ и технических средств различного назначения для их реализации. В настоящее время разработаны, нашли применение на практике (или ведутся исследования их эффективности) следующие технические и технологические решения уборки зерновых культур:

1) зерноуборочный комбайн с шарнирно-сочлененной рамой и расположением зернового бункера большой вместимости на задней полураме (США);

2) «компактный» способ уборки зерновых культур, для реализации которого используется модернизированный зерноуборочный комбайн без устройств очистки зерна и соломотряса (Германия);

3) пневматическое мотовило различного конструктивного исполнения (США и Канада);

4) технология уборки зерновых культур со сбором половы в отдельный бункер зерноуборочного комбайна (Швейцария);

5) зерноуборочный комбайн с нижним расположением бункера (Республика Беларусь);

6) молотильно-сепарирующее устройство, отличающееся применением

на барабане зубовых бичей разной высоты и обеспечивающее рациональный обмолот (Россия);

7) система синхронизации совместной работы двух машин (зерноуборочного комбайна и трактора с прицепом) с использованием беспроводной связи (США);

8) система «Grain Quality» для анализа наличия в зерне незерновых примесей и дробленого зерна (Германия);

9) устройство равномерного распределения соломы и половы за комбайном (Германия);

10) система «Opti Speed», автоматически изменяющая частоту вращения приводных валов соломотряса в зависимости от уклона и убираемой культуры.

Отечественными учеными продолжают работы по совершенствованию жатвенной части зерноуборочных комбайнов [4, 102, 105, 142, 147, 148, 160, 169, 171]; обоснованию конструктивных и режимных параметров молотильно-сепарирующего устройства комбайнов для уборки различных сельскохозяйственных культур [8, 28, 49, 56, 64, 113, 114, 124, 128, 122, 163, 178, 180]; повышению качества работы рабочих органов очистки [1, 62, 110, 119, 123, 132]; увеличению эффективности применения измельчителей соломы и незерновой части урожая, а также устройств для их сбора и транспортирования [98, 103, 137, 138, 149, 156, 182, 183, 184]; использованию компьютерных программ и имитационного моделирования для лучшего понимания отдельных процессов комбайновой уборки [6, 11, 57, 67, 82, 101, 174, 177]; глубокому анализу развития комбайностроения для определения дальнейших направлений модернизации сельскохозяйственного производства [27, 38, 41, 54, 112, 159].

В производстве продукции растениеводства важно учитывать экономические показатели уборочного процесса и эксплуатационные особенности комбайнового парка [18, 22, 34, 45, 46, 89, 141, 150, 153, 76, 196, 197, 198].

В современных реалиях производства сельскохозяйственной продукции

резервом повышения эффективности является, в первую очередь, ресурсосбережение [52, 115, 143, 144, 165, 175].

Одним из перспективных направлений повышения эффективности уборки сельскохозяйственных культур является применение метода очеса на корню. Особенностью серийных очесывающих жаток является исключение элемента срезания стебля растения, на что в классических жатках тратится много энергии. Также в конструкции нет мотовила [19, 50, 87].

Производители очесывающих жаток: «Славянка-УАС» (Украина), «Shelbourne Reynolds» (Великобритания), «Озон» (Россия) (рис. 20.20).

Совершенствованием уборочного процесса различных сельскохозяйственных культур занимаются в Бразилии, Китае, Казахстане, Белоруссии, США, Канаде и других странах [70, 185, 186, 188, 189, 191, 192, 193, 199, 200, 202] (рис. 2.21).



а)



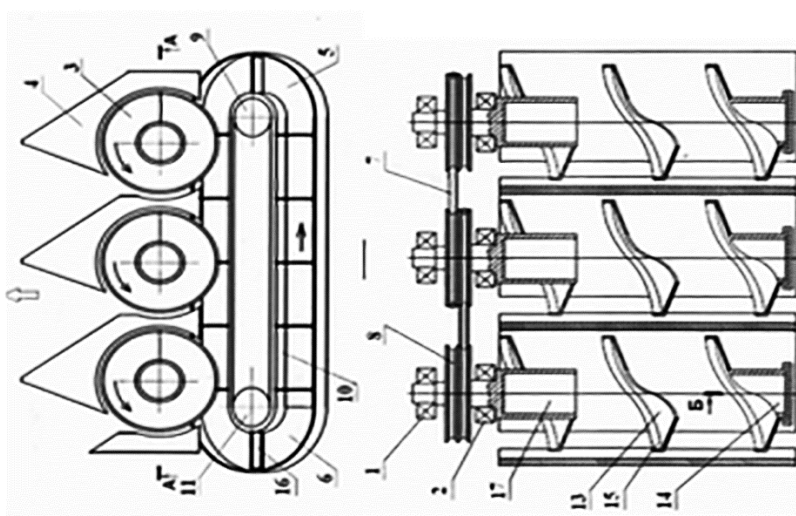
б)



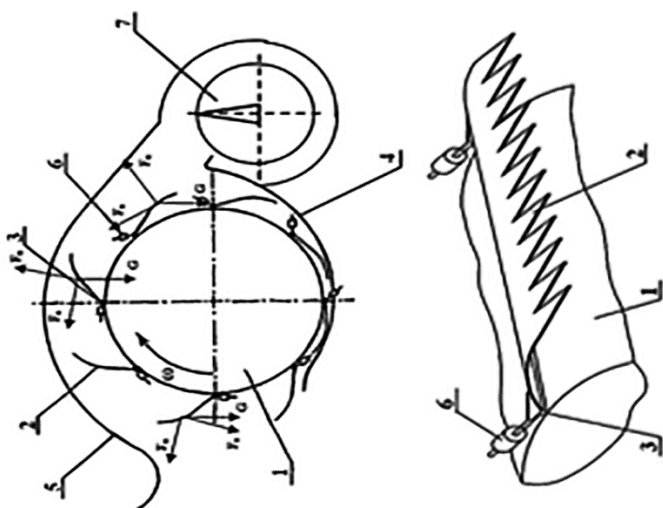
в)

а) «Shelbourne Reynolds»; б) «Озон»; в) «Славянка-УАС»

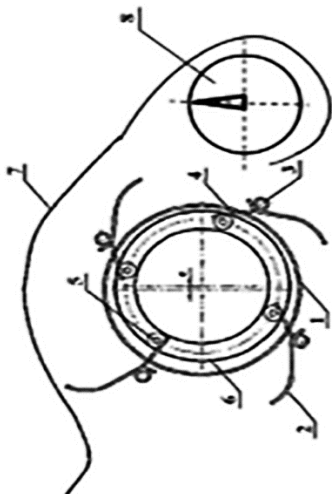
Рисунок 20.20 – Жатки для очеса зерновых культур



в) очесывающее устройство шнекового типа:
 1, 2 – подшипники; 3 – полый шнек; 4 – паз;
 5 – скребковый транспортер; 6 – выгрузное окно;
 7 – клиновой ремень; 8 – шкив; 9 – ведущая звездочка; 10 – цепь; 11 – ведомая звездочка;
 12 – самотек; 13 – спираль; 14 – нижний патрубок; 15 – обечайка шнека; 16 – скребки;
 17 – верхний вал



б) очесывающее устройство с шарнирами: 1 – барабан;
 2 – очесывающие гребенки; 3 – шарниры; 4 – ограничитель;
 5 – обтекатель; 6 – противовесы; 7 – выгрузной шнек;
 ω – частота вращения; F_c – азродинамическая сила;
 F_n – центробежная сила; G – сила тяжести



з) очесывающее устройство с копирами:
 1 – барабан; 2 – очесывающие гребенки;
 3 – шарниры; 4 – поводки; 5 – ролики;
 6 – копиры; 7 – корпус; 8 – шнек

Рисунок 20.21 – Варианты очесывающих устройств

На зерновых культурах исследователям удалось добиться результатов по потерям, соответствующих агротехническим требованиям. Дальнейшие направления совершенствования очесывающих жаток заключаются в использовании высокомолекулярного полиэтилена для покрытия рабочих органов жатки; адаптации под культуры, которые отличаются по своим морфологическим свойствам от строения растений колосовых культур.

Проблемы повсеместного внедрения очесывающих жаток состоят в стоимости, которая больше, чем у классической жатки; сильной зависимости от состояния убираемого стеблестоя.

Учеными Дальнего Востока проводились исследования по применению метода очеса при уборке растений сои. Однобарабанная схема очесывающего устройства позволила добиться уровня потерь в 7,9 %.

Учеными предлагался вариант полевой гусеничной машины для заготовки и сбора зернового вороха [125]. Предложена схема устройства для очеса зерновых растений на корню с утилизацией незерновой части урожая [129].

Перспективными направлениями дальнейшего совершенствования конструкций очесывающих устройств являются разработка шнекового, транспортерного и других очесывающих устройств [126, 127, 145, 151, 201], имеющих отличный от барабанного очесывающего устройства принцип работы гребенок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В период с 2015 года основными культурами, возделываемыми в АПК Амурской области, являются соя, ранние зерновые и кукуруза на зерно. Их величина в валовом сборе (2015–2022 гг.) в среднем составила: соя – около одного миллиона тонн, зерновые – до 335 тыс. т и кукуруза на зерно – около 58 тыс. т. Средняя величина посевных площадей по сое составила 910 тыс. га, по зерновым – 194 тыс. га, по кукурузе на зерно – 13,7 тыс. га. Особенностью уборки этих культур являются различные периоды выполнения этого сложного технологического процесса. Так, зерновые существующим парком комбайнов можно убрать при средней нагрузке на комбайн 97 га за 3–5 дня. Однако, сою при нагрузке на комбайн 455 га можно убрать за 15–16 рабочих дней, что не отвечает агротехническим требованиям (10–12 дней). Величина и качество обмолота кукурузы лимитируются наступлением заморозков.

2. Структура парка зерноуборочных комбайнов значительно изменилась с 2014 года. Так, существенно увеличился парк зерноуборочных комбайнов завода «Ростсельмаш» (с 10,2 до 29,0 %); на 10 % возросло количество комбайнов завода «Гомсельмаш» (Республика Беларусь), достигнув 28 %; почти на 20 % уменьшилось число комбайнов марки «Енисей», в связи с закрытием завода в г. Красноярске. Парк зерноуборочных комбайнов (фирмы «Claas» и «John Deere») остался на уровне 8–9 %. Вместе с тем, следует отметить желание ряда хозяйств приобретать как более высокопроизводительные и надежные в работе комбайны «Claas» сборки г. Краснодара. Здесь также важно отметить тенденцию увеличения мощности двигателя комбайна, на примере семейства «Ростсельмаш» с 154 л. с. («Vector-410») до 510 л. с. («Torum-780»),

при возможности применения жаток с шириной захвата от 6 до 9 м. Увеличению производительности комбайна способствует увеличение емкости бункера для зерна с 6 000 л («Vector-420»), до 12 000 л («Torum-780»), а также увеличенная скорость выгрузки зерна из бункера – 42 л/с («Vector-420») и 105 л/с («Torum-780»). Проведены исследования по влиянию выгрузного шнека комбайна «Vector-410» на величину дробления семян сои, которая составила 1,1 %. Обязательное выполнение рекомендаций завода и наших исследований – устанавливать на уборке сои пониженный редуктор на приводе барабана молотильно-сепарирующего устройства, обеспечивает снижение дробления семян до 2–3 %.

3. В работе представлены особенности физико-механических свойств сои, зерновых и кукурузы, а также выбор технологических режимов работы молотильно-сепарирующих устройств комбайнов, особенности настройки жатки на уборку сои. Определены аналитические зависимости обмолота бобов сои от характера воздействия на них ударом стального рабочего органа, что характерно для процессов, происходящих в зоне передней части жатки (мотовило, режущий аппарат и шнек жатки). Предложен вариант комплектования жаток на уборке сои сменной звездочкой на приводе шнека жатки. Особенно это эффективно для легко обмолачиваемых сортов сои и в условиях снижения влажности семян до 12–14 %. Установлено, что наличие безподпорного среза растений сои режущим аппаратом нормального резания приводит к разрушению бобов от действия сил инерции зерна (особенно трех- и четырехзерновых) при вибрации стебля. Это явление обосновано теоретически и подтверждено результатами скоростной киносъемки. Разработаны предложения по повышению эффективности обмолота початков кукурузы за счет применения специ-

альных, быстросъемных щитков, устанавливаемых в межбичевое пространство молотильного барабана комбайна.

4. Материал монографии позволит АПК Амурской области лучше определяться с выбором парка комбайнов по их производительности и качеству выполнения технологического процесса путем снижения потерь за жаткой и качества зерна в бункере. В настоящее время в условиях санкций следует стремиться приобретать отечественные зерноуборочные комбайны, которые более эффективны в эксплуатации за счет лучшей обеспеченности запасными частями.

Работа может быть использована при подготовке специалистов направления 35.04.06 «Агроинженерия», 35.03.04 «Агрономия», а также аспирантов по направлению 4.3.1 «Технологические машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдошин Н. В., Лылин Н. А. Совершенствование конструкции очистки зерноуборочного комбайна // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 58–61.
2. Алферов С. А., Панов А. А. Механическая повреждаемость зерна при ударе // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1991. № 3. С. 50–51.
3. Амурский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды : сайт. URL: <https://amurpogoda.com> (дата обращения: 01.02.2022).
4. Астафьев В. Л., Ташмухамедов Р. Ф., Живулько У. В. Обоснование параметров хедеров и жаток-хедеров к зерноуборочным комбайнам различных классов в режиме неполной загрузки молотилки // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 1. С. 34–40.
5. Ашмарин И. П., Васильев Н. Н., Амбросов В. А. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. Л. : Изд-во Ленинградского государственного университета, 1974. 76 с.
6. Бадретдинов И. Д., Мударисов С. Г. Научное обоснование и совершенствование пневматических систем сельскохозяйственных машин на основе моделирования технологического процесса // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. 2019. № 9 (100). С. 5–16.
7. Балабанов В. И. Разработка роботизированного комплекса для растениеводства // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2017. № 6 (82). С. 52–55.
8. Бахтерев А. А., Иовлев Г. А., Несговоров А. Г. Совершенствование процесса обмолота зерновых культур // Теория и практика мировой науки. 2017. № 10. С. 51–60.
9. Бердышев В. Е. Обоснование параметров рабочих органов молотилки

зерноуборочного комбайна с аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой : дис. ... докт. техн. наук. М., 2014. 385 с.

10. Беренштейн И. Б., Воложанинов С. С., Высоцкая Н. Д. Технология трехфазной комбайновой уборки пшеницы и ячменя с послеуборочной обработкой зерна и соломы // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 15 (178). С. 83–96.

11. Беренштейн И. Б., Полуэктова Н. Р. Моделирование потерь зерна при комбайновой уборке пшеницы // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2019. № 17 (180). С. 86–96.

12. Бледных В. В. Принципы и подходы к обеспечению АПК сельскохозяйственной техникой для возделывания и уборки зерновых культур // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур и их маркетинг в современных условиях : тезисы докладов регион. науч.-практ. конф. Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 1996. С. 48–50.

13. Богус А. Э., Шаповалова Ю. Г. Повреждение семян сельскохозяйственных культур при уборке // Наука, образование, молодежь: горизонты развития : материалы наци. науч.-практ. конф. Керчь : Керченский государственный морской технологический университет, 2021. С. 106–110.

14. Бояршинова А. К., Фишер А. С. Теория инженерного эксперимента. Текст лекций. Челябинск : Изд-во Южно-Уральского государственного университета, 2006. 85 с.

15. Бумбар И. В. Совершенствование технологического процесса работы зерноуборочного комбайна на уборке сои : дисс. ... докт. техн. наук. Благовещенск, 1992. 238 с.

16. Бумбар И. В. Уборка сои : монография. Благовещенск : Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2006. 257 с.

17. Бумбар И. В., Петренко А. Н., Лазарев В. И. К оценке безподпорного среза растений сои аппаратом нормального резания // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 2 (38). С. 81–87.

18. Буклагина Г. В. Эффективность использования сельскохозяйственных комплексов в Красноярском крае (сравнительные испытания зарубежной техники и расчеты экономической эффективности) // Инженерно-техническое обеспечение АПК. 2001. № 2. С. 533.

19. Бурьянов А. И., Горячев Ю. О., Бурьянов М. А. Эффективность технологии уборки зерновых культур комбайновым очесом // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 34–39.

20. Валеев Г. А. Качественная оценка обмолота зерновых культур на основе исследования напряженно-деформированного состояния модели растительной массы : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1983. 21 с.

21. Василенко И. Ф. Развитие теории и конструкции зерноуборочного комбайна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М. : Изд-во Министерства сельского хозяйства СССР, 1959. С. 23–45.

22. Взаимодействие уборочно-транспортных машин при использовании большегрузного прицепа-перегрузателя / В. В. Тихоновский, Ю. Н. Блынский, Ю. А. Гуськов, К. В. Тихоновская // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 2. С. 63–71.

23. Высокопродуктивные сорта сои селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои // Региональный отраслевой информационно-публицистический журнал. 2021. № 4. С. 41–45.

24. Вязьмин М. И. Моделирование среза растений сои ножом жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 5. С. 37–39.

25. Вязьмин М. И. Повышение эффективности работы жатвенной части зерноуборочного комбайна «John Deere 1048» на уборке сои в условиях Амурской области : дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2011. 150 с.

26. Вязьмин М. И., Бумбар И. В., Кузнецов Н. С. Исследование среза растений сельскохозяйственных культур методом моделирования реального процесса // Дальневосточный аграрный вестник. 2009. № 3 (11). С. 75–79.

-
27. Гладцын А. Ю. Анализ текущего состояния и тенденции сельскохозяйственного машиностроения в России // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. 2015. № 10 (53). С. 21–26.
28. Головков А. Н., Московский М. Н., Борзенко С. И. Оценка основных показателей зерноуборочного комбайна «Nova» по итогам полевых испытаний // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 7 (107). С. 991–998.
29. Гольдсмит В. У. Теория и физические свойства соударяемых тел. М. : Стройиздат, 1965. 448 с.
30. Гольдяпин В. Я. Зарубежный комплекс машин для уборки зерновых культур с обработкой невялого вороха на стационаре // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 5. С. 51–52.
31. Горячкин В. П. Собрание сочинений. М. : Колос, 1965. Т. 1. 436 с.
32. ГОСТ Р 54779–2011. Комбайны кукурузоуборочные. Методы испытаний. М. : Стандартинформ, 2012. 35 с.
33. ГОСТ 28301–2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. М. : Стандартинформ, 2015. 36 с.
34. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы : постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 // Министерство сельского хозяйства РФ. URL: https://www.mcx.ru/documents/iile_document/show/23220.html (дата обращения: 12.09.2022).
35. Государственный реестр селекционных достижений // Госсорткомиссия. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/> (дата обращения: 24.04.2021).
36. Грек А. И. Вопросы обмолота. Владивосток, 1970. 32 с.
37. Гречачин Н. П. Исследование двухфазного способа обмолота сои : дисс. ... канд. техн. наук. Омск, 1971. 191 с.
38. Данилин А. В., Гончаров Р. Д., Моршнева А. Ю. Технические решения

при уборке сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики : материалы нац. (всерос.) науч.-практ. конф. Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, 2020. С. 114–121.

39. Дзуганов В. Б. Современные технологии и комплексы машин для уборки сельскохозяйственных культур : учебное пособие. Нальчик : Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Коква, 2016. 359 с.

40. Дидманидзе Г. Р., Андреев О. П. Программа и методика экспериментальных исследований транспортных процессов многофазной уборки // Наука без границ. 2020. № 4 (44). С. 37–41.

41. Докин Б. Д., Алетдинова А. А. Анализ прошлого и будущего автоматизации растениеводства с развитием технологий точного земледелия // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 1 (41). С. 10–14.

42. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник. М. : Агропромиздат. 1985. 351 с.

43. Дрожжина С. А., Тугуз К. М. Новые сельскохозяйственные зерноуборочные машины как основа механизации сельскохозяйственного производства на стратегическом пути высоких и стабильных урожаев // Новые технологии. 2008. № 5. С. 19–23.

44. Емельянов А. М. Гусеничные зерноуборочные комбайны (основы теории и конструктивно-технологические устройства) : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2013. 285 с.

45. Ерохин Г. Н., Коновский В. В. Об уровне использования парка зерноуборочных комбайнов // Наука в Центральной России. 2016. № 5 (23). С. 14–19.

46. Ерохин Г. Н., Сазонов С. Н., Коновский В. В. Об оценке коэффициента готовности зерноуборочных комбайнов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 1. С. 173–178.

47. Жалнин Э. В. Методологические аспекты механизации производства

в России : монография. М. : Полиграф-Сервис, 2012. 367 с.

48. Жалнин Э. В. Обмолот зерновых культур. От теории к практике // Сельский механизатор. 2012. № 3. С. 18–19.

49. Жалнин Э. В. Перспективная система зерноуборочных машин // Сельский механизатор. 2012. № 11. С. 8–9.

50. Жалнин Э. В. Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. 2013. № 8. С. 10–12.

51. Журавлев А. В., Чирков Г. Н., Высоцкий Н. Ю. Согласование технической оснащенности уборочных процессов со структурой севооборота // Идеи молодых ученых – агропромышленному комплексу: агроинженерные и сельскохозяйственные науки : материалы студен. науч. конф. Челябинск : Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2020. С. 34–39.

52. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В. И. Зотиков, Т. С. Наумкина, Н. В. Грядунова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 6–13.

53. 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 : Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2005. 486 с.

54. Зыкин Е. С., Курдюмов В. И., Субаева А. К. Перспективы развития парка сельскохозяйственной техники в современных условиях // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 772.

55. Иванченко П. Г., Султанов И. И. Система картирования урожайности и ее элементы при внедрении технологии точного земледелия // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (33). С. 57–61.

56. Иванченко П. Г., Табулденов А. Н. Результаты сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов «Essil-730» и «Nova-340» на уборке пшеницы // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (37). С. 69–73.

57. Ильичева Ю. В., Васильев С. А., Холоденина Т. С. Осуществление автоматической уборки урожая сельскохозяйственных культур технологиями компьютерного зрения // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием. Курган : Курганская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 360–363.

58. Интегрированная система точного земледелия с использованием беспилотных летательных аппаратов / С. Чижик, С. Антошук, Е. Галушко [и др.] // Наука и инновации. 2020. № 10 (212). С. 63–67.

59. Интенсивная технология производства кукурузы : монография / Н. В. Тудель [и др.]. М. : Россельхозиздат, 1991. 271 с.

60. Иовлев Г. А., Несговоров А. Г., Голдина И. И. Исследование работы и формирование состава уборочно-транспортного комплекса из зерноуборочных комбайнов зарубежного производства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 49–56.

61. Испытания жатки соевой унифицированной ЖСУ-700 в условиях Амурской области / А. Н. Панасюк, А. В. Липкань, И. В. Бумбар, В. И. Лазарев // Техника и оборудование для села. 2016. № 10. С. 26–28.

62. Исследование параметров воздушного потока в камере очистки зерноуборочного комбайна / А. В. Майоров, Н. В. Януков, Д. В. Лукина, А. И. Волков // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. Т. 4. № 3 (15). С. 45–52.

63. Итоги выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в 2020 году // Министерство сельского хозяйства Амурской области. URL: <https://agro.amurobl.ru/pages/nauchno-tekhnicheskoe-obespechenie-apk/itogi-vypolneniya-nauchno-issledovatel'skikh-i-opytно-konstruktor'skikh-rabot-v-2020-godu/> (дата обращения: 24.04.2021).

64. Катаев В. С. Некоторые аспекты совершенствования процесса коррек-

тировки технологических регулировок зерноуборочного комбайна // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 83. С. 200–214.

65. Каталог гибридов кукурузы компании «Syngenta» // Syngenta. URL: <https://www.syngenta.ru/products-seeds-corn> (дата обращения: 15.09.2021).

66. Каталог сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои : коллективная монография / Н. Д. Фоменко, В. Т. Синеговская, Н. С. Слободяник [и др.]. Благовещенск : Одеон, 2015. 96 с.

67. Киприянов Ф. А. Использование цифровых технологий при оценке климатических условий сельскохозяйственного производства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 70–74.

68. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М. : Колос, 1994. 750 с.

69. Клинк Г. В., Попескул А. Н. Оптимизация затрат при уборке зерновых культур посредством применения современных средств мониторинга урожайности // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. 2011. № 3 (39). С. 97–101.

70. Клочков А. В., Шундалов Б. М., Гусаров В. В. Использование зерноуборочных комбайнов в Республике Беларусь в 2020 году // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 156–160.

71. Комбайн зерноуборочный роторный на гусеничном ходу / М. В. Канделя, Н. М. Канделя, В. Л. Земляк, И. В. Бумбар // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 4 (52). С. 117–124.

72. Комбайн самоходный гусеничный зерноуборочный / М. В. Канделя, Н. М. Канделя, А. В. Липкань, В. В. Самуйло // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 3 (47). С. 117–122.

73. Компания «Case IH» : сайт. URL: <https://www.caseih.com> (дата обращения: 12.12.2021).

74. Компания «Claas» : сайт. URL: <https://www.claas.ru> (дата обращения:

15.09.2021).

75. Компания «Fendt» : сайт. URL: <https://www.fendt.com> (дата обращения: 06.09.2021).

76. Компания «John Deere» : сайт. URL: <https://www.deere.ru> (дата обращения: 10.08.2021).

77. Компания «MacDon» : сайт. URL: <https://www.macdon.com/ru> (дата обращения: 23.01.2022).

78. Компания «Massey Ferguson» : сайт. URL: <https://masseyferguson.ru> (дата обращения: 29.10.2021).

79. Компания «New Holland» : сайт. URL: <https://agriculture.newholland.com> (дата обращения: 25.08.2021).

80. Компания «Гомсельмаш» : сайт. URL: <https://www.gomselmash.by> (дата обращения: 28.04.2021).

81. Компания «Ростсельмаш» : сайт. URL: <https://rostselmash.com> (дата обращения: 21.02.2018).

82. Компьютерное моделирование процесса разделения зерна и половы на фракции в системе очистки зерноуборочного комбайна / И. А. Баран, В. Б. Попов, А. Н. Выровский, С. В. Труханович // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. 2016. № 3 (66). С. 3–9.

83. Концептуальные подходы к технологии уборки сои очесом на корню и устройства для ее осуществления : монография / под ред. А. Н. Панасюка. Благовещенск : Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2018. 127 с.

84. Кувшинов А. А. Совершенствование обмолота кукурузы в условиях Амурской области : дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2018. 105 с.

85. Кувшинов А. А., Бумбар И. В. К оценке обмолота початков кукурузы бильным барабаном зернового комбайна // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 183–191.

86. Кувшинов А. А., Бумбар И. В., Лонцева И. А. Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном в условиях Амурской области // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1.

87. Кувшинов А. А., Сахаров В. А., Мазнев Д. С. Результаты модернизации технического средства для уборки сои // Техника и оборудование для села. 2018. № 6 (252). С. 18–21.

88. Кукурузоуборочные машины: конструкции, результаты испытаний, проектирование и расчет / К. В. Шатилов, М. Л. Вайсман, Б. Д. Козачок [и др.]. М. : Машиностроение, 1967. 343 с.

89. Куликов Л. А., Волков А. И/. Кириллов Н. А. Опыт возделывания кукурузы на зерно в Чувашии // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2014. Т. 2. № 7. С. 140–143.

90. Лазарев В. И., Лонцева И. А., Бумбар И. В. Комбайн зерноуборочный КЗС «Палессе GS-812С» : учебное пособие. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2012. 216 с.

91. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1973. 343 с.

92. Липкович Э. И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов. Зерноград : Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 1973. 168 с.

93. Липкович Э. И. Совершенствование мобильных энергетических средств // Техника и оборудование для села. 2014. № 10. С. 2–8.

94. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Зерноуборочный комбайн: из прошлого – к новому поколению : монография. СПб : Изд-во Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, 2015. 316 с.

95. Липовский М. И., Перекопский А. Н. На пути к новому поколению зерноуборочных комбайнов // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 3. С. 14–18.

96. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Унифицированный молотильный аппарат // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 9. С. 47–54.

97. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П. Основы расчета параметров зерноуборочных комбайнов : учебное пособие. Ульяновск : Зebra, 2017. 143 с.

98. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П., Поздеев Е. А. Агротехническая оценка работы измельчителей-разбрасывателей соломы комбайнов при уборке зерновых культур прямым комбайнированием // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 55–57.

99. Лонцева И. А. Оптимизация технологических процессов в АПК : учебное пособие. Благовещенск : Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2016. 263 с.

100. Лонцева И. А. Повышение эффективности работы зерноуборочных комбайнов на уборке зерновых и сои в условиях Амурской области с использованием систем точного позиционирования : дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2012. 174 с.

101. Лонцева И. А., Соболева Н. В. Модель для прогнозирования потерь сои за жаткой // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 93–98.

102. Марченко А. П. Анализ путей снижения потерь зерна в жатвенной части зерноуборочного комбайна // Научное обозрение. 2015. № 9. С. 14–16.

103. Масиенко И. В. Обзор патентных разработок измельчителей незерновой части урожая // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, 2020. С. 326–334.

104. Маслов Г. Г., Хейфец А. Б. Техническое совершенствование технологий производства зерновых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 115. С. 1089–1110.

105. Минин П. С., Ловчиков А. П. Современное состояние развития конструкций режущих аппаратов сельскохозяйственных машин для уборки зерновых культур // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы междунар. науч.-техн. конф. Челябинск : Челябинская государственная агроинженерная академия, 2011. С. 94–100.

106. Министерство сельского хозяйства Амурской области : сайт. URL: <https://www.agroamur.ru> (дата обращения: 10.06.2020).

107. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации : сайт. URL: <https://www.mcx.ru> (дата обращения: 10.06.2020).

108. Моисейченко В. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М. : Колос, 1996. 336 с.

109. Музылев Д. А., Бережная Н. Г. Определение рациональной структуры уборочно-транспортного комплекса // Научное обозрение. 2015. № 24. С. 461–469.

110. Муратов Д. К. Относительное перемещение компонентов зернового материала по лепесткам жалюзи жалюзийного решета // Вестник Донского государственного технического университета. 2012. Т. 12. № 7 (68). С. 115–119.

111. Назаренко В. В. Исследование механической повреждаемости зерна сои при обмолоте и пути его снижения : дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 1974. 175 с.

112. Научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России / Е. В. Рудой, М. С. Петухова, С. В. Рюмкин [и др.]. Новосибирск : Золотой колос, 2021. 138 с.

113. Обоснование режима работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна при уборке сои / А. М. Гиевский, А. В. Чернышов, Д. Л. Маслов, В. Ю. Мильгунов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 1 (60). С. 50–56.

114. Овчинникова Н. И. Некоторые аспекты уборки зерновых культур в Иркутской области // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 42. С. 100–104.

115. Окунев Г. А., Кузнецов Н. А., Канатпаев С. С. Ресурсосберегающие технологии – резерв повышения эффективности земледелия // Агропромышленный комплекс России. 2017. Т. 24. № 1. С. 136–141.

116. Окунев Г. А., Рахимов И. Р., Кузнецов Н. А. Тенденции развития механизированных процессов в земледелии // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 68. С. 53–59.

117. Орлянский А. В., Михайленко П. А., Орлянская И. А. Имитационное моделирование уборочного процесса с применением бункера-перегрузчика зерна // Агро.Снаб.Форум. 2017. № 5 (153). С. 73–75.

118. Оробинский В. И., Баскаков И. В., Чернышев А. В. Снижение травмирования зерна при уборке : монография. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2017. 161 с.

119. Оробинский В. И., Шацкий В. П., Корнев А. С. К вопросу повышения эффективности работы очистки зерноуборочного комбайна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (39). С. 70–73.

120. Освоение новых видов техники // Компания «Гомсельмаш». URL: <https://www.gomselmash.by/news/novosti.html> (дата обращения: 22.09.2021).

121. Основы теоретического обоснования продолжительности выполнения механизированных работ в растениеводстве / В. А. Завора, С. Н. Васильев, Н. С. Маликова, И. И. Бауэр // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 138–141.

122. Особенности некоторых отечественных зерноуборочных комбайнов / Л. Л. Фалькович, В. Н. Грицкевич, А. В. Тикахин, Е. В. Демчук // Роль научно-исследовательской работы обучающихся в развитии АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2020. С. 303–307.

123. Патент № 166427 U1 Российская Федерация. Жалюзийное решето очистки : № 2016122639/13 : заявл. 08.06.2016 : опубл. 27.11.2016 / Н. В. Ал-

Список использованной литературы

дошин, А. А. Золотов, Н. А. Лылин [и др.] // Яндекс. Патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU166427U1_20161127 (дата обращения: 12.02.2021).

124. Патент № 2649626 С1 Российская Федерация. Зерноуборочный агрегат : № 2017126014 : заявл. 19.07.2017 : опубл. 04.04.2018 / Э. И. Липкович, Ю. Г. Кормильцев, В. И. Черноиванов // Яндекс. Патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2649626C1_20180404 (дата обращения: 11.09.2020).

125. Патент № 2601819 С1 Российская Федерация. Машина полевая гусеничная для заготовки и сбора зернового вороха : № 2015132233/13 : заявл. 03.08.2015 : опубл. 10.11.2016 / М. В. Канделя, П. А. Шилько, В. Л. Земляк, В. И. Лазарев // Google. Patents. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2601819C1/ru> (дата обращения: 15.05.2020).

126. Патент № 2756983 С1 Российская Федерация. Очесывающее устройство транспортерного типа : № 2020140760 : заявл. 09.12.2020 : опубл. 08.10.2021 / А. Н. Панасюк, В. А. Сахаров, А. А. Кувшинов [и др.] // Google. Patents. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2756983C1/ru> (дата обращения: 28.10.2021).

127. Патент № 2742836 С1. Очесывающее устройство шнекового типа : № 2020118363 : заявл. 25.05.2020 : опубл. 11.02.2021 / А. Н. Панасюк, В. А. Сахаров, А. А. Кувшинов [и др.] // Яндекс. Патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2742836C1_20210211 (дата обращения: 16.03.2022).

128. Патент № 2519855 С2 Российская Федерация. Способ и многофункциональный агрегат уборки сельскохозяйственных культур : № 2012111005/13 : заявл. 22.03.2012 : опубл. 20.06.2014 / Г. Г. Маслов, А. В. Палапин, О. С. Марченко // Яндекс. Патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2519855C2_20140620 (дата обращения: 18.12.2019).

129. Патент № 2762432 С1 Российская Федерация. Устройство для очеса зерновых растений на корню с утилизацией незерновой части урожая : № 2020129287 : заявл. 03.09.2020 : опубл. 21.12.2021 / Е. В. Труфляк, А. Н. По-

тебня, В. А. Коровина, И. С. Труфляк // Яндекс. Патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2762432C1_20211221 (дата обращения: 12.04.2022).

130. Петерс И. А., Шмырева И. А. Система прогрессивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур // Теория и практика современной науки. 2016. № 11 (17). С. 634–637.

131. Петров С. В., Бумбар И. В Сравнительные исследования производительности гусеничных и колесных комбайнов в условиях КФХ Курбанов Р. Н. // Студенческие исследования – производству : материалы 28-й студ. науч. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. С. 171–174.

132. Повышение эффективности оценки функциональных характеристик зерноуборочных комбайнов / В. Ф. Федоренко, В. Е. Таркинский, Н. В. Трубицын, Е. С. Воронин // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 15–19.

133. Полищук Ю. В., Лаптев Н. В., Комаров А. П. Применение систем автоматического и параллельного вождения в сельскохозяйственном производстве Республики Казахстан и эффективность их использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 5 (196). С. 11–19.

134. Получение зерна высокого качества при уборке сельскохозяйственных культур зерноуборочными комбайнами : методические рекомендации / Е. В. Герасимов [и др.]. Ставрополь : Агрус, 2016. 80 с.

135. Поляков Г. Н., Перевалов В. М., Синько М. В. Сельскохозяйственные машины, технологии, технические системы для уборки зерновых колосовых культур и послеуборочной обработки зерна : учебно-методическое пособие. Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, 2019. 77 с.

136. Попов А. А. Определение оптимального числа транспортных средств в уборочно-транспортном комплексе / А. А. Попов, И. В. Бумбар // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 99–105.

137. Присяжная И. М., Присяжная С. П. Технология энергосберегающей

уборки сои // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 6–3 (60). С. 160–163.

138. Присяжная С. П., Присяжный М. М., Дыкин А. П. Совершенствование технологии и технических средств для сбора половы при комбайновой уборке сои // Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сб. науч. тр. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2006. С. 82–88.

139. Пухов Е. В. Моделирование процессов функционирования транспортных и технологических машин на примере уборки зерновых культур // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 19–25.

140. Пути совершенствования технологии уборки зерновых культур и сои / М. В. Канделя, Н. М. Канделя, В. Л. Земляк, И. В. Бумбар // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 2 (50). С. 98–109.

141. Расчет уборочно транспортного звена / Д. И. Тимшин, А. О. Ушаков, Р. Ф. Курбанов, В. Е. Саитов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 6–2. С. 205–210.

142. Результаты производственной проверки прямого комбайнирования с высоким срезом зерновых культур / А. П. Ловчиков, В. П. Ловчиков, Ш. С. Иксанов, О. С. Шагин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 75–77.

143. Ресурсосберегающая технология возделывания и уборки сельскохозяйственных культур : учебно-методическое пособие / А. С. Старцев [и др.]. Саратов : Амирит, 2017. 68 с.

144. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в растениеводстве : учебное пособие / Р. А. Булавинцев, А. В. Волженцев, А. М. Полохин [и др.]. Орел : Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парихина, 2021. 158 с.

145. Ридный С. Д., Фусточенко А. Ю. К вопросу об уборке зерновых методом очесывания на корню // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. С. 244–248.

146. Ряднов А. И., Федорова О. А. Технические и технологические решения снижения потерь зерна при уборке : монография. Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2015. 136 с.

147. Ряднов А. И., Федорова О. А., Бариль В. А. К обоснованию некоторых конструктивных и режимных параметров режущего аппарата жатки с бесконечным контуром // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 357–368.

148. Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Совершенствование конструкции режущего аппарата жатки // Научный журнал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 1. С. 226–239.

149. Садретдинов Д. Р. Взаимосвязь длины измельчения соломы и конструкционного исполнения измельчителя-разбрасывателя // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 5. С. 42–45.

150. Сайфетдинов А. Р., Сайфетдинова Н. Р., Трубачева Е. А. Эффективность формирования и обновления комбайнового парка сельскохозяйственных организаций // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : материалы IX всерос. конф. молодых ученых. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2016. С. 1101–1102.

151. Сахаров В. А., Кувшинов А. А. Возможности улучшения качества очеса при уборке сои // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 35–40.

152. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / под. ред. Г. Е. Листопада. М. : Агропромиздат, 1986. 560 с.

153. Семин А. Н. Эффективное агропроизводство – центральное звено продовольственной безопасности государства: проблемы и решения // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2010. № 1.

С. 22–24.

154. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под общ. ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 184 с.

155. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года : монография / Ю. Ф. Лачуга, И. В. Горбачев, А. А. Ежевский [и др.]. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2012. 212 с.

156. Скорляков В. И., Юрина Т. А. Совершенствование оценок качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов // Наука в Центральной России. 2016. № 2 (20). С. 58–66.

157. Совершенствование комбайна двухфазного обмолота для получения качественных семян сои / И. М. Присяжная, С. П. Присяжная, В. Т. Синеговская [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4 (48). С. 277–283.

158. Совершенствование технологии сбора половы с измельчением и разбрасыванием соломы при комбайновой уборке сои : монография / С. П. Присяжная, М. М. Присяжный, А. Н. Панасюк, И. М. Присяжная. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2012. 209 с.

159. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии : учебник / под. ред. А. И. Завражнова. СПб. : Лань, 2013. 496 с.

160. Современные специализированные жатки и адаптеры для уборки сои / А. И. Ряднов, М. Е. Чаплыгин, С. В. Тронеv, С. А. Давыдова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 389–402.

161. Соловьева Н. Ф. Опыт применения и развития систем точного земледелия : научно-аналитический обзор. М. : Росинформагротех, 2008 100 с.

162. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хо-

зяйства России на период до 2020 года / Ю. Ф. Лачуга [и др.]. М. : Росинформагротех, 2009. 80 с.

163. Тенденции развития зерноуборочных комбайнов в России / Н. В. Ткач, И. Р. Тухбатулин, Е. И. Мальцева, С. П. Прокопов // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : материалы междунар. науч.-исслед. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет, 2020. С. 256–259.

164. Технология возделывания кукурузы на зерно в Амурской области : науч.-метод. рекомендации / под. ред. А. Н. Панасюка. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2018. 91 с.

165. Технология и комплекс машин для производства зерновых культур и сои в Амурской области : коллективная монография / В. А. Тильба, В. Т. Синеговская, А. Н. Панасюк [и др.]. Благовещенск : Агромакс-Информ, 2011. 134 с.

166. Трубилин Е. И., Абликов В. А. Машины для уборки сельскохозяйственных культур. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2010. 325 с.

167. Трубилин Е. И., Абликов В. А. Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкция, теория, расчет) : учебное пособие. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2010. 325 с.

168. Трубилин Е. И., Палапин А. В. Комплексная уборка полевых культур многофункциональными агрегатами // Техника и оборудование для села. 2013. № 3. С. 11–12.

169. Труфляк И. С. Жатка зерноуборочного комбайна нового типа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101. С. 2298–2310.

170. Труфляк Е. В., Кравченко В. С. Модель механического повреждения початка // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 3 (12). С. 190–195.

171. Труфляк Е. В., Труфляк И. С., Разгонов Г. В. Оптимизация геометрических размеров и кинематических характеристик шнекового режущего аппарата // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 136. С. 36–54.

172. Уборка урожая с применение систем точного земледелия / С. Д. Ридный, Е. В. Герасимов, Г. Г. Шматко, С. В. Авилов // Сборник научных трудов SWorld. 2014. Т. 9. № 3. С. 73–75.

173. Халилов Ш. А., Никишанов А. Н. Полосовая технология возделывания кукурузы и сои на зерно // Фермер. Поволжье. 2019. № 7 (84). С. 56–61.

174. Худякова Е. В., Клочкова К. В. Оптимизация технико-экономических параметров организации процесса уборки зерновых культур на основе имитационного моделирования // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 60–64.

175. Целуйко О. А., Медведева В. И. Влияние агротехнических приемов на урожайность культур зернотравяных севооборотов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (43). С. 29–31.

176. Чаплыгин М. Е., Жалнин Э. В. Определение качества работы зерноуборочных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 4. С. 71–76.

177. Чаплыгин М. Е., Ценч Ю. С., Беспалова О. Н. История развития комбайностроения в России // История науки и техники. 2019. № 12. С. 56–69.

178. Шантыко А. С. Развитие наукоемкого сельскохозяйственного уборочного машиностроения в ОАО «Гомсельмаш» // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (27). С. 72–74.

179. Шепелев С. Д., Окунев Г. А., Маринин С. П. Рекомендации по совершенствованию технологических процессов уборки сельскохозяйственных культур (на примере уборки зерновых и силосных культур) : монография. Челябинск : Челябинская государственная агроинженерная академия, 2010. 39 с.

180. Шойкин А. А. Повышение качества обмолота при уборке сельскохозяйственных культур за счет совершенствования молотильно-сепарирующего устройства // Наука и молодежь: новые идеи и решения : материалы XIII международ. науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет, 2019. С. 353–354.

181. Щегорец О. В. Соеводство : монография. Краснознаменск : Типография Парадиз, 2018. 600 с.

182. Ягельский М. Ю., Иванушкина Н. М., Родимцев С. А. Анализ взаимодействия частиц НЧУ с вогнутой поверхностью направляющей пластины разбрасывателя и выбор рациональной конструкции рабочих органов измельчителя зерноуборочного комбайна // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (41). С. 80–85.

183. Ягельский М. Ю., Родимцев С. А. Тенденции развития и классификация соломоизмельчителей-разбрасывателей современных зерноуборочных комбайнов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (60). С. 73–87.

184. Ягельский М. Ю., Родимцев С. А. Типы и классификация ножей измельчителей-разбрасывателей соломы зерноуборочных комбайнов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (52). С. 114–122.

185. A model for the yield losses estimation in an early soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivar depending on the cutting height at harvest / K. Rebilas, A. Klimek-Kopyra, M. Bacior, T. Zając // Field Crops Research. 2020. Vol. 254.

186. Articulated-Action. Harvester prototype can capture 1-mile's worth of com // Implement and Tractor. 2013. Vol. 4/5. P. 31.

187. Beim Dreschen die Spreusammeln // Lohnuntemehmen. 2011. Vol. 6. P. 40.

188. Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? / P. C. De Menezes, R. P. da Silva, F. M. Carneiro [et al.] // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2018 Vol. 22 (10). P. 732–738.

189. Comparative harvest efficiency of soybeans between cropping systems affected by first pod height and plant length / M. Beiküfner, B. Hüsing, D. Trautz, I. Kühling // *Organic Farming*. 2019. Vol. 5 (1). P. 3–13.

190. Craiy Air Reel // Crary. URL: <https://www.crary.com/agriculture/harvesting/65/airreel> (Accessed 24 April 2021).

191. Design and experiment on floating corn single panicle threshing device / X. Li, S. Xiong, Z. Du [et al.] // *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*. 2017. Vol. 48 (7). P. 104–111.

192. Dzhamburshin A. S., Turymbetova G. D. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops in Kazakhstan // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. P. 691–698.

193. Finite element analysis and experimental validation of the compression characteristics to green soybean / Y. Zhao, S. Liu, H. Xiao [et al.] // *International Agricultural Engineering Journal*. 2018. Vol. 27 (3). P. 290–300.

194. Harvest solutions for all makes // *Awsairreels*. URL: <https://www.awsairreels.com> (Accessed 24 April 2021).

195. Mahdrescher ohne Reinigung? // *Lohnuntemehmen*. 2013. Vol. 2. P. 46–49.

196. Modernization of engineering support of crop cultivation // G. G. Maslov, E. M. Yudina, D. A. Ushakov, G. E. Samurganov // *IOP Conference series: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness*. IOP Publishing Ltd., 2021. P. 012107.

197. Muzylev D. A., Berezhnaya N. G. Methods of determining the optimal structure of the harvesting and transport fleet // *Agro-industrial Complex Development: Problems and Solutions*. 2018. Vol. 1. P. 31–36.

198. Optimization of agrotechnical terms of harvesting of crops, design and operating parameters of crop-harvesting machines under conditions of the Amur region, Russian Federation / I. V. Bumbar I.V., V. V. Epifantsev, A. A. Kuvshinov [et al.] // *Plant Archives*. 2018. Vol. 2 (18). P. 2567–2572.

199. Optimization of working parameters of soybean combine harvester / C. Jin, F. Guo, J. Xu [et al.] // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2019. Vol. 35 (13). P. 10–22.

200. Physical and physiological quality of soybean seeds at three speeds of the harvester / C. S. Paixao, C. P. Chrispin, R. P. Silva R P [et al.] // Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental. 2017. Vol. 21 (3). P. 214–218.

201. Sakharov V. A., Kuvshinov A. A. Determination of stripping zones and axle spacing between the cylinders in two-cylinder stripping reaper (header) // IOP Conference Series: Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2020). IOP Publishing Ltd., 2021. P. 012032.

202. The experimental research of combine harvesters // L. Spokas L, V. Adamcuk, V. Bulgakov [et al.] // Research in Agricultural Engineering. 2016. Vol. 62. P. 106–112.

203. The future of harvesting // Tribine. URL: <https://www.tribine.com> (Accessed 24 April 2021).

Научное издание

Бумбар Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор

Тихончук Павел Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Кувишинов Алексей Алексеевич, кандидат технических наук

Вязьмин Михаил Игоревич, кандидат технических наук

Лонцева Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УБОРКИ
СОИ, ЗЕРНОВЫХ И КУКУРУЗЫ
В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Монография

Подписано в печать 23.05.2023 г.

Формат 60x90/16. Уч.-изд. л – 8,49. Усл. печ. л. – 16,33.

Тираж 500 экз. Заказ 28.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного
аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86