

## Литература

1. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
2. Гибридный регрессионный комплекс «ГРЕК»: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2008614737 от 2.10.2008 / С.В. Агафонов, Д.Ю. Шарпинский, В.А. Русанов, [и др.]. – № 2008613718; заявл. 12.08.2008.
3. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
4. Теория выбора и принятие решений / И.М. Макаров [и др.]. – М.: Наука, 1982. – 328 с.
5. Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активных газовых средах. – М.: Машиностроение, 1979. – 224 с.



УДК 631.354

А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков,  
Ш.С. Иксанов, А.В. Корытко, П.А. Косов

#### К ОБОСНОВАНИЮ СРОКОВ УБОРКИ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР И ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ УБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛЮЩЕНОГО КОРМОВОГО ЗЕРНА

*В статье рассматривается изменение фаз развития спелости зерна и сроков созревания в зависимости от продолжительности уборки. Представлен экспериментальный материал многолетних наблюдений фаз развития спелости и созревания зерна пшеницы в условиях Челябинской области региона Южного Урала, а также недомолота колоса при обмолоте хлебной массы в зерноуборочных комбайнах. Дано технологическое обоснование целесообразной технической оснащённости процесса уборки урожая на кормовые цели.*

**Ключевые слова:** зерно, фаза спелости, уборка, сроки, зерноуборочный комбайн, техническая оснащённость, влажность зерна, недомолот, барабан, молотилка.

A.P. Lovchikov, V. P. Lovchikov,  
Sh.S. Iksanov, A.V. Korytko, P.A. Kosov

#### TO THE SUBSTANTIATION OF FEED GRAIN HARVESTING PERIOD AND TECHNICAL RIGGING OF HARVESTING PROCESS IN PRODUCTION TECHNOLOGY OF FLATTENED FODDER GRAIN

*Phases change of grain ripeness development and ripening period depending on harvesting duration are considered in the article. The experimental material of long-term observation of grain ripeness development and wheat grain ripening period in the conditions of Chelyabinsk region in the South Ural is presented. Insufficient thresh in threshing of ear mass in combine harvesters is given. Technological substantiation of expedient harvesting process technical rigging for fodder purposes is given in the article.*

**Key words:** grain, ripeness phase, harvesting, period, combine harvester, technical rigging, humidity of grain, insufficient thresh, reel, thresher.

Для повышения продуктивности животных в качестве корма используют зернофураж, который получают путем безобмолотной уборки зернофуражных культур. При скармливании такого корма, полученного в поздние фазы спелости созревания, не переваривается до 25 % зерна. В связи с чем была разработана технология раздельной уборки зернофуражных культур в фазе начала восковой спелости (влажность 24–35 %) с содержанием сухого вещества в зерне от 65 до 70 % с последующим его плющением и консервированием, поскольку в таком зерне (ячмень) повышается содержание сахара в 1,7 раза, снижается содержание клетчатки на 22,5 % и

крахмала на 26,0 %, что отражается на продуктивности (удоях и привесах) животных [1].

Во всех способах производства влажного зернокармального сырья плющение производят при влажности зерна от 24–32 до 30–40 % (финский способ) [2, 3]. В предложенном нами способе [4] производства плющеного зерна уборку зернофуражных культур осуществляют прямым комбайнированием при влажности зерна 30–35 %, что соответствует фазе восковой спелости. Широкое применение данного способа уборки урожая сдерживается рядом причин (вопросов), на которые нет ответа. Это, прежде всего, как изменяется созревание зерна в зависимости от срока уборки урожая в различных природно-климатических условиях? Какая должна быть оценка состояния зерна по качественным показателям в момент определения фаз спелости: одно- или многокритериальная? Если возможна более ранняя уборка урожая, то какая должна быть техническая оснащенность комбайнами уборочного процесса и другие.

В связи с чем в качестве объекта в работе приняты процессы созревания зерна злаковых культур и образования потерь зерна за комбайнами.

Целью исследования является обоснование возможности ранней уборки зернофуражных культур и технической оснащенности комбайнами уборочного процесса в технологии производства плющеного кормового зерна.

Для реализации поставленной цели предусматривается решение таких задач, как определение фаз развития спелости зерна зернофуражных культур в условиях зоны Южного Урала и потерь зерна за комбайнами при обмолоте хлебной массы.

В основу методик были положены общепринятые классические приемы определения фаз развития спелости зерна и потерь зерна за комбайнами [6].

Общеизвестно, что созревание в процессе зернообразования условно подразделяют на периоды: начало, середина и конец восковой спелости, начало полной и полная спелость, которые характеризуются влажностью (табл. 1) [5, 6].

Таблица 1

**Общие закономерности процесса зернообразования злаковых культур**

Этап образования зерна	Фазы развития зерна	Периоды созревания зерна	Влажность зерна, %
Формирование	Студенисто-жидкое состояние	–	80–65
Налив	Молочное состояние Тестообразное состояние	– –	65–50 50–40
Созревание	Восковая спелость	Начало восковой спелости	40–36
		Середина восковой спелости	
		Конец восковой спелости	
		Начало полной спелости	
	Полная спелость	Полная спелость	20–18 17 и менее

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что этапы формирования и налива зерна характеризуются повышенным содержанием влаги, которая существенно уменьшается на этапе созревания. Процесс образования зерна представляет собой постепенный переход от студенисто-жидкого состояния к молочному, затем в тестообразное состояние. К концу фазы молочной спелости (влажность 65–70 %) в зерне накапливается 60–70 % сухих веществ, а в полной 90–92 %. С биологической точки зрения прирост пластических веществ в зерне заканчивается при влажности 36–40 %, то есть в фазе начала восковой спелости [5–7].

При уборке зернофуражных культур традиционным комбайновым способом зерно (пшеницы и других культур) созревает от начала восковой спелости до полной. Общеизвестно, что когда наступает фаза середины восковой спелости зерна (влажность 35–25 %), рекомендуют начинать уборку урожая отдельным способом, а когда 95 % стеблей достигли полной спелости зерна (влажность 20 % и менее), то целесообразно прямое комбайнирование. Рациональным сроком уборки на продовольственное, семенное и кормовое считают период созревания зерна от конца молочной до середины восковой спелости [5–7].

Для обоснования сроков уборки зернофуражных культур с последующим плющением кормового зерна нами были проведены экспериментальные исследования по определению изменения фаз развития спелости и влажности зерна в зависимости от сроков наблюдения и продолжительности созревания в природно-климатических условиях Челябинской области зоны Южного Урала (табл. 2 и 3).

Данные этих таблиц свидетельствуют, что в первой и во второй декадах августа в производственно-климатических условиях Челябинской области региона Южного Урала состояние спелости зерновых культур на момент их свала характеризуется восковой фазой.

Таблица 2

**Влажность зерна (пшеница Саратовская 38), %**

Показатель	Повторность			Дата замера
	1	2	3	
Брединский район, Челябинская область				
На корню:				3.08.2000 г.
в среднем	35,9	32,0	36,1	-
коэффициент вариации	3,8	3,0	3,7	-
На момент скашивания:				9.08.2000 г.
в среднем	25,8	27,1	26,1	-
коэффициент вариации	4,9	2,4	4,4	-

Таблица 3

**Состояние спелости зерна (пшеница Саратовская 38)**

Показатель	100 штук зерен			Дата взятия проб
	Поле			
	№ 1	№ 2	№ 3	
Брединский район (южная зона), Челябинская область				
На момент скашивания восковой спелости:				9.08.2000 г.
начало	18	-	10	-
середина	62	63	69	-
конец	20	37	21	-

Из таблиц 2 и 3 с учетом данных таблицы 1 видно, что через 6 дней наблюдения молочное и тестообразное состояния зерна переходят в восковую фазу, которая наблюдается и в третьей декаде августа в производственно-климатических условиях Челябинской области зоны Южного Урала (табл. 4).

Таблица 4

**Состояние спелости и влажность зерна на корню (пшеница Саратовская 38)**

Дата	Густота, шт/м²	Влажность, %		Фаза спелости, штук из 100 зерен		
		зерно	солома	молочно-восковая	восковая	полная
Троицкий район (центральная зона), Челябинская область						
26.08.2000 г.	329	35,7	45,1	5	75	20
27.08.2000 г.	252	36,2	45,1	7	73	20
28.08.2000 г.	295	22,0	31,1	2	29	69
01.09.2000 г.	399	23,6	21,6	1	40	59
01.09.2000 г.	394	34.4	42.6	7	64	29

В результате многолетних наблюдений (1989–2002 гг.) фаз спелости зерна злаковых культур установлено, что скашивание зернофуражных культур в раздельном способе уборки урожая в производственно-климатических

условиях Челябинской области зоны Южного Урала чаще всего производят в фазах конца восковой спелости и полной, то есть при изменении влажности зерна от 24 до 21 %.

Изменения фаз спелости зерна в зависимости от продолжительности созревания в производственно-климатических условиях Челябинской области свидетельствуют о том, что через трое суток наблюдения восковая фаза спелости зерна постепенно переходит в полную, когда целесообразно прямое комбайнирование зернофуражных и других культур (табл. 5).

Таблица 5

**Фаза спелости зерна в зависимости от продолжительности созревания  
в условиях Челябинской области зоны Южного Урала**

Номер опыта	Дата замера	Фаза спелости, штук из 100 зерен		Влажность зерна, %
		восковая	полная	
Культура – мягкая пшеница				
1	21.08. 2000 г.	78	22	-
	26.08. 2000 г.	36	63	19,5
2	21.08. 2000 г.	78	0	-
	26.08. 2000 г.	68	23	23,6
3	21.08. 2000 г.	74	0	-
	26.08. 2000 г.	50	19	-
4	21.08. 2000 г.	87	0	-
	26.08. 2000 г.	57	20	32,0
5	20.08. 2000 г.	60	0	-
	25.08. 2000 г.	44	9	32,9
6	20.08. 2000 г.	46	0	-
	28.08. 2000 г.	48	52	20,0
7	23.08. 2000 г.	76	0	-
	27.08. 2000 г.	65	13	27,0
Культура – твердая пшеница				
1	23.08. 2000 г.	0	0	-
	12.09. 2000 г.	25	74	22,0
2	23.08. 2000 г.	8	0	-
	12.09. 2000 г.	1	99	18,0
3	23.08. 2000 г.	0	0	-
	12.09. 2000 г.	0	100	18,0

Данные таблиц 4, 5 показывают, что зерноуборочные процессы у сельхозтоваропроизводителей Челябинской области зоны Южного Урала сориентированы на получение товарного и кормового зерна по традиционной схеме организации уборочных работ. Кроме того, фазы развития спелости зерна свидетельствуют, что влажность зерна 30–35 % наступает в первых числах (первая декада) августа, что позволяет организовывать уборку зернофуражных культур на 2–4 недели раньше в сравнении с принятой организацией уборки урожая и подтверждает другие исследования.

Уборка зернофуражных культур раньше обычных сроков, то есть в фазе середины восковой спелости зерна (влажность 30–35%), увеличивает выход сухого вещества с одного гектара на 30%. Такое зерно имеет повышенное содержание протеина, большое количество питательных веществ и сахара и низкий уровень крахмала [1–3].

Известно, что с увеличением влажности растительной массы снижаются производительность зерноуборочного комбайна и показатели качества обмолота хлебной массы [8]. Снижение производительности – это рост сроков уборки урожая, а следовательно, и увеличение сезонных потерь урожая как количественных, так и качественных, и затрат на его уборку. В связи с чем к выбору технической оснащенности комбайнами уборочного процесса в технологиях производства плющеного кормового зерна необходимо подходить более обоснованно и взвешенно, поскольку влажность хлебной массы и показатели качества обмолота урожая взаимосвязаны. Так, экспериментальные исследования обмолота хлебной массы (влажность зерна 22,7%)

комбайнами «Дон-1500Б» (класс 4) и СК-5М «Нива» (класс 3) прямым комбайнированием свидетельствуют об изменении потерь зерна недомолотом колоса в зависимости от диаметра барабана молотилки (табл. 6).

Таблица 6

**Недомолот зерна в колосе при прямом комбайнировании зернофуражных культур  
(влажность зерна 22,7 %)**

Показатель	В 100 колосьях, шт.	Вес зерна, г
<i>Комбайн «Дон-1500Б»</i>		
В среднем	61	1,77
Коэффициент вариации, %	36,1	43,5
<i>Комбайн СК-5М «Нива»</i>		
В среднем	175	5,05
Коэффициент вариации, %	6,3	4,9

Экспериментальные данные таблицы 6 показывают, что в комбайнах, оснащенных молотилкой с барабаном диаметром 800 мм («Дон-1500Б», «Дон-Вектор» и «ACROS-530»), наблюдается уменьшение потерь зерна недомолотом колоса в сравнении с комбайнами СК-5М «Нива», «Енисей» и другими, в которых установлена молотилка с барабаном диаметром 600 мм.

Расчет вероятности недомолота зерна из колоса в молотильном аппарате комбайнов с диаметром барабана молотилки 800 мм показывает уменьшение ее в 2,1–5,6 раза в сравнении с комбайнами, в которых диаметр барабана молотилки равен 600 мм. Так, результаты статистической обработки экспериментальных данных говорят о том, что вероятность невымолота одного и двух зерен из колоса в первом случае составляет 21,6 и 5,0 %, а во втором 45,0 и 28,3 %.

Известно, что при большой влажности зерна и хлебной массы затрудняется выделение зерна из вороха и наблюдается повышенное его механическое повреждение в комбайнах, что негативно отражается на технологических свойствах продовольственного и семенного зерна. Однако данная проблема опускается в технологиях уборки с последующим плющением кормового зерна. При этом остается открытым вопрос: как будет протекать технологический процесс очистки комбайнов в связи с обмолотом зернофуражных культур при влажности зерна 30–35 %?

### Выводы

Многолетние полевые наблюдения фаз развития спелости зерна в производственно-климатических условиях Челябинской области зоны Южного Урала свидетельствуют, что уборку зернофуражных культур с последующим плющением кормового зерна возможно начинать на 2–4 недели раньше, чем традиционного.

В технологии производства плющеного кормового зерна при контроле качества важнейшее значение имеет наличие сахара, а не крахмала в сухом веществе. В связи с чем при определении фаз развития спелости зерна перед уборкой целесообразно одновременно отслеживать и такой показатель, как наличие сахара.

При уборке зернофуражных культур (влажность зерна 22,7% и выше) с последующим плющением целесообразно использовать зерноуборочные комбайны с диаметром барабана молотилки 800 мм, так как в этом случае существенно снижаются потери зерна в виде недомолота колоса.

При этом остаются открытыми вопросы, как будет протекать технологический процесс очистки комбайнов в связи с обмолотом зернофуражных культур при влажности зерна 30–35% и как будут изменяться потери зерна. Все эти вопросы требуют дальнейшего исследования.

### Литература

1. Попов В. Корма из зернофуражных культур: новые решения в повышении качества // Аграрное обозрение. – 2010. – № 6. – С. 12–15.
2. Агнютзянов С. Как экономно подготовить корма для КРС // Комбикорма. – 2004. – № 5. – С. 21–23.
3. Плющилка для влажного зерна // Комбикорма. – 2004. – № 2. – С. 17–19.

4. Пат. Российская Федерация № 2 286664 С1, А 01 D 91/ 04. Способ отдельной уборки зерновых культур и производства зернокармowego сырья для животноводства / А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков. Оубл. 10.11.2006. Бюл. № 31.
5. Коренев Г.В. Биологическое обоснование сроков и способов уборки зерновых культур. – М. : Колос, 1971. – 159 с.
6. Пугачев А.П. Контроль качества уборки зерновых культур. – М.: Колос, 1980. – 235 с.
7. Алесейчик Н.А. Поточная уборка зерновых. – Минск: Ураджай, 1967. – 150 с.
8. Ловчиков В.П. Совершенствование уборки зерновых культур при обмолоте хлебной массы в стационарных условиях: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск: Изд-во ЧИМЭСХ, 1990. – 160 с.



УДК 630.323

В.В. Побединский, А.В. Берстенов

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПНЕВМОГИДРОПРИВОДА КОРОСНИМАТЕЛЯ РОТОРНОГО ОКОРОЧНОГО СТАНКА

*Разработана математическая модель пневмогидропривода короснимателя роторного окорочного станка. Благодаря учету различных нелинейностей (люфтов, дисбаланса масс, «паразитных» объемов, утечек и др.) обеспечивается корректность физического описания процессов и точность предложенной модели. Модель ориентирована на реализацию в виде имитационной модели для численных методов решения.*

**Ключевые слова:** роторный окорочный станок, гидропривод, пневмопривод, ротор, окорочный инструмент, математическая модель.

V.V. Pobedinsky, A.V. Berstenev

### MATHEMATICAL MODEL OF BARK REMOVER PNEUMOHYDRAULIC DRIVE OF ROTOR BARKING MACHINE

*The mathematical model of a pneumohydraulic drive of rotor barking machine is developed.*

*Due to various nonlinearities registration (backlashes, mass misbalance, "parasitic" volumes, leaks, etc.) the correctness of processes physical description and accuracy of the offered model is provided. The model is focused on realization in the form of imitating model for numerical methods of solution.*

**Key words:** rotor barking machine, hydraulic drive, pneumatic drive, rotor, barking tool, mathematical model.

---

Для комплексной и эффективной переработки древесного сырья в отечественном производстве и мировой практике применяются роторные окорочные станки (РОС). В процессе окорки определяющую роль играет механизм режущего инструмента (МРИ) с короснимателем, представляя собой узел, наиболее подверженный нагрузкам со стороны обрабатываемого ствола. По этой причине в ранее проводимых исследованиях самое пристальное внимание ученых уделялось исследованиям окорочного инструмента. В настоящее время также разработка новых конструкций, модернизация окорочных станков в значительной степени связана с совершенствованием МРИ. Зарубежный опыт показал, что одним из самых перспективных направлений совершенствования станков является использование гидро- и/или пневмопривода в рабочих органах. Реализовать все возможности гидропривода позволяет только использование систем автоматического регулирования. Однако автоматически управляемый коросниматель с новыми типами приводов в мировой практике не был создан.

В результате исследований, проводимых УГЛТУ, предложено конструктивное устройство короснимателя с автоматическим управлением пневмогидропривода (рис. 1,а), но для дальнейшей разработки и обоснования основных параметров нового привода необходимо выполнить исследования работы такого механизма на основе методов моделирования.