

ЛИНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОМБИКОРМОВ С ПЛЮЩЕННЫМ ЗЕРНОМ

В. АФАНАСЬЕВ, д-р техн. наук, генеральный директор ОАО «ВНИИКП»

А. ОСТРИКОВ, В. ВАСИЛЕНКО, доктора техн. наук,

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Одно из главных условий экономного и эффективного расходования корма сегодня — это подготовка его перед скармливанием с целью повышения усвояемости. Перспективным направлением является влаготепловая обработка зерна, доля которого в составе комбикормов не ниже 60–70%. Как известно, зерно злаковых культур содержит свыше 50% крахмала — ценного углевода, однако ферментативная система пищеварительного тракта молодняка сельскохозяйственных животных мало адаптирована к перевариванию растительных кормов. Поэтому возникает необходимость в предварительном расщеплении биополимеров корма и переводе их в соединения, доступные действию пищеварительных ферментов.

Наиболее приемлема обработка, заключающаяся в увлажнении, пропаривании и плющении зерна. Такое зерно можно эффективно использовать в рационах поросят и телят. Однако технология плющения до настоящего времени не нашла широкого применения на комбикормовых предприятиях из-за отсутствия отечественного оборудования. В связи с этим разработка технологии и оборудования для выработки хлопьев из зерна, используемых в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных, является актуальной.

Выбором оптимальных параметров гидротермической обработки и плющения зерна можно влиять на физико-химические свойства крахмала и белка, добиваться инактивации антипитательных веществ, прогнозировать увеличение переваримости питательных веществ, снижение содержания клетчатки, разрушение ферментов, катализирующих расщепление жиров, влиять на уровень микрофлоры в зерне. Технологические свойства (объемная масса, толщина, прочность) и качество готовых хлопьев, а также технико-экономические параметры процесса плющения определяются видом перерабатываемого зерна, соотношением влажности, температуры и времени гидротермической обработки, величиной зазора между валками плющилки.

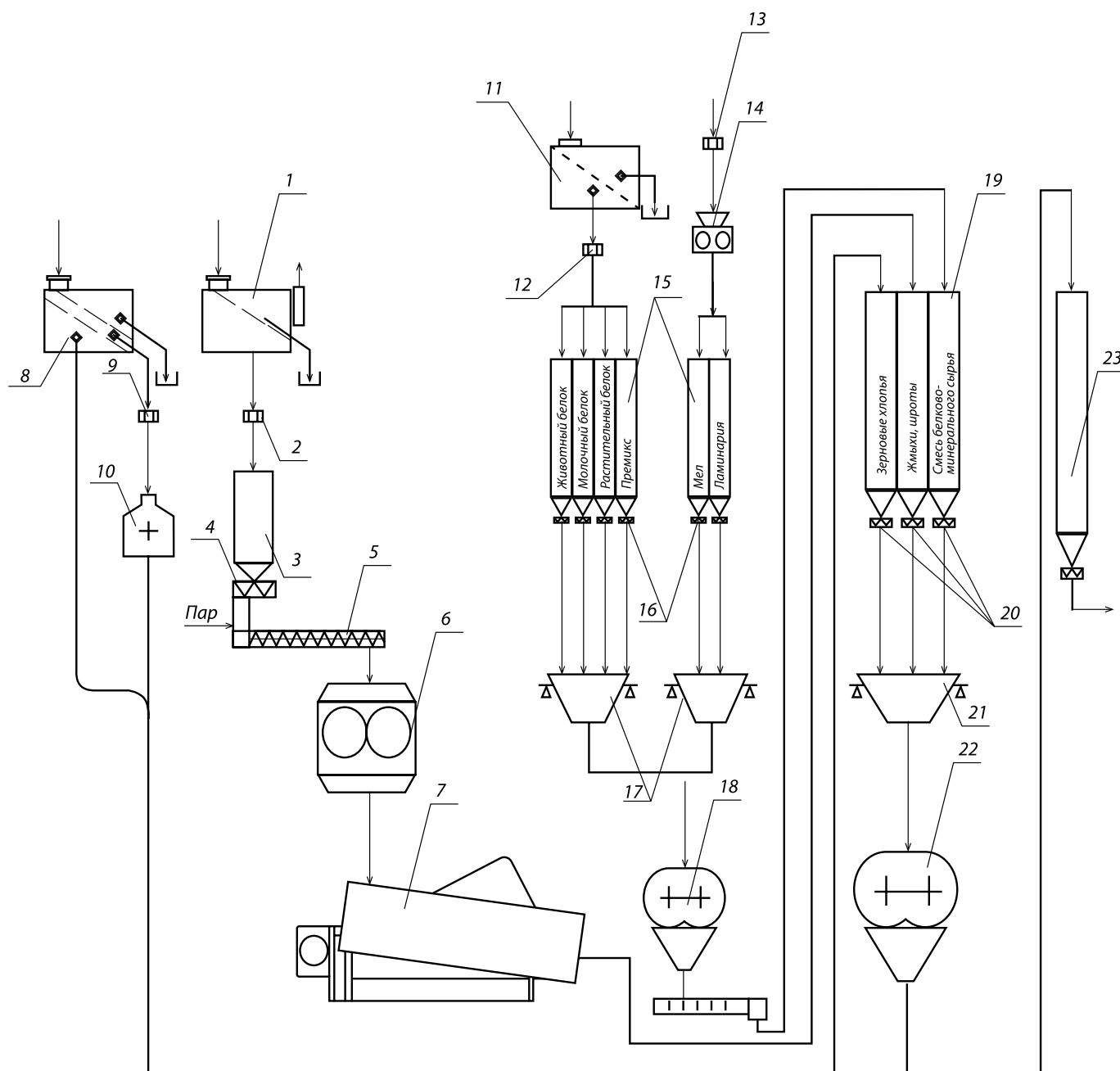
Объектами наших исследований являлось зерно ячменя, овса, кукурузы, пшеницы, гороха. Исследование процесса плющения проводили с предварительным увлажнением зерна водой или пропариванием. Увлажняли зерно водой при изменении начальной температуры с 20 до 100°C, а длительности обработки — с 1 до 10 мин до достижения

зерном влажности 18–20%, то есть до влажности, при которой обеспечивается стабильное качество хлопьев. Пропаривание зерна проводили при давлении пара близком к атмосферному в течение 1–20 мин. Установлено, что пропаривание при избыточном давлении 0,05–0,35 МПа не позволяет повысить влажность обрабатываемого зерна до 18–20% без предварительного замачивания.

Проверку установленных режимов плющения производили в стендовом корпусе ВНИИ комбикормовой промышленности на специально оборудованной линии, обеспечивающей реализацию следующих процессов подготовки зерна: увлажнение зерна водой и отволаживание; пропаривание увлажненного зерна; плющение пропаренного зерна; сушка и охлаждение хлопьев. Давление пара регистрировали манометром МСС-610, расход пара — дифманометром ДП-710Р, расход воды — по массе, температуру пропаренного зерна и хлопьев — термпарой и ртутным термометром.

С целью определения режимов обработки зерна, обеспечивающих получение хлопьев требуемого качества, были разработаны и изготовлены экспериментальные установки для увлажнения, пропаривания и плющения зерна, из которых была смонтирована экспериментальная линия по производству комбикормов из зерновых хлопьев, изображенная на рисунке.

Линия работает следующим образом. Зерно злаковых и бобовых культур, перед вводом в комбикорма, очищается от крупных и металломагнитных примесей на скальператоре 1 и на магнитном сепараторе 2. Очищенное зерно поступает в бункер 3, откуда питателем 4 подается в кондиционер-пропариватель 5, где обрабатывается паром давлением 0,2–0,4 МПа до влажности 17–21%, температуры — 80–100°C и выдерживается в течение 10–20 мин для перераспределения влаги по объему зерновки и придания ей пластичности. Кондиционер-пропариватель 5 выполнен в виде двух соединенных между собой горизонтальных цилиндров со шнеками внутри, приводимыми во вращение электродвигателем. Путем пропаривания и кратковременного кондиционирования обеспечивается размягчение зерна для его плющения на двухвалковой плющильной машине 6. Она оснащена системой регулирования числа оборотов валков и давления прижима валков для получения хлопьев различной толщины. Валки эксплуатируются без охлаж-



Технологическая линия по производству комбикормов из зерновых хлопьев:

1 — скальператор; 2, 9, 12 и 13 — магнитные сепараторы; 3 — оперативный бункер; 4, 16 и 20 — питатели; 5 — кондиционер-пропариватель; 6 — плющильная машина; 7 — сушилка-охладитель, 8 и 11 — просеивающие машины; 10 и 14 — дробилки; 15 и 19 — наддозаторные бункера; 17 и 21 — весовые дозаторы; 18 и 22 — смесители; 23 — бункер для хранения готовой продукции

дения водой. Прижим валков и поддержание требуемого зазора производится гидравлическим устройством. Зазор между валками при плющении пшеницы, ячменя, овса составляет 0,5–1,0 мм, при плющении кукурузы, гороха — 0,8–1,0 мм. Толщина зерновых хлопьев, предназначенных для кормовых целей, должна быть в пределах 0,8–1,5 мм. Равномерность подачи зерна и распределение его по длине валков плющильной машины осуществляется посредством валкового питателя с регулируемой частотой оборотов.

Продукт, выходящий из плющильной машины, направляется в сушилку-охладитель 7 с псевдоожиженным слоем. Эта установка выполнена в едином корпусе и разделена на две зоны — зону сушки и зону охлаждения. Воздух, поступающий в зону сушки, подогревается в паровом калорифере. Охлаждение хлопьев осуществляется воздухом, забираемым из помещения. Ожижение слоя достигается с помощью вибраторов. Высушенные до влажности не более 14% и охлажденные до температуры, не превышающей

температуру окружающего воздуха более чем на 10°C, хлопья имеют удовлетворительную сыпучесть, не слеживаются. Объемная масса их составляет 280–400 кг/м³. Готовые зерновые хлопья направляются в наддозаторные бункера 19 основного узла дозирования и смешивания компонентов.

Гранулированное сырье (травяная мука, кормовые дрожжи), жмыхи и шроты подаются на просеивающую машину 8 для очистки от крупных примесей и разделения на фракции. Крупная фракция измельчается в дробилке 10 и, соединяясь с мелкой фракцией, направляется в наддозаторные бункера 19. Белковое сырье (рыбная и мясная мука, сыворотка, кукурузный глютен, экструдированная соя) очищается от крупных не кормовых и металломагнитных примесей на просеивающей машине 11 и магнитном сепараторе 12, а минеральное сырье (кормовой мел, соль, высушенная ламинария) очищается на магнитном сепараторе 13 и измельчается в дробилке 14. Белковые и минеральные компоненты, а также растаренные премиксы поступают в наддозаторные бункера 15, откуда питателями 16 подаются на весовые дозаторы 17, а далее — в смеситель 18 узла дозирования и смешивания белково-минерального сырья. Затем эта смесь направляется в наддозаторные бункера 19.

Все подготовленные компоненты (зерновые хлопья, жмыхи, шроты, белково-минеральная смесь и др.) из наддозаторных бункеров 19 питателями 20 подаются на многокомпонентный весовой дозатор 21, где поочередно взвешиваются в соответствии с рецептом, и направляются в основной смеситель 22 для смешивания. Готовый комбикорм хранится в бункере 23.

ОСОБЕННОСТИ ПЛЮЩЕНИЯ

Методом пропаривания и плющения обрабатывается зерно не только злаковых — кукуруза, пшеница, ячмень и овес шелушенные, рожь, тритикале, но и бобовых и масличных культур, таких как горох, соя и рапс. В процессе пропаривания молекулы воды, образующие насыщенный или перегретый пар, располагая большим запасом кинетической энергии, беспрепятственно преодолевают влагодерживающие слои зерна. В результате оно увлажняется и набухает быстрее, чем при обработке водой.

При этом отмечены изменения физико-механических и биохимических свойств зерна. Так, температура зерна после пропаривания возрастает до 85–90°C, объемная масса снижается. С увеличением длительности обработки паром растет степень клейстеризации крахмала и создаются условия для превращения крахмала в декстрины (табл. 1).

При расплющивании пропаренного зерна между валками происходит механическое разрушение структуры набухших крахмальных зерен — деструкция, которая совместно с действием тепла, влаги и давления приводит к клейстеризации крахмала, определяемой разрывом оболочек крахмальных гранул. С уменьшением величины зазора между валками степень клейстеризации увеличивается.

По сравнению с исходным ячменем скорость перевариваемости крахмала хлопьев из пропаренного ячменя с высокой степенью клейстеризации повышается в 2–3,5 раза. Однако уменьшение зазора между валками приводит к значительному перерасходу электроэнергии, требуемой для работы установки.

Результаты наших исследований показали, что процесс перевариваемости крахмала ячменя *in vitro* длится не менее 5 часов. Как в необработанном, так и в пропаренном ячмене наибольшее количество глюкозы при гидролизе в присутствии глюкоамилазы образуется в первые 1–2 часа реакции, то есть процесс протекает с затуханием во времени. Крахмал хлопьев из пропаренного ячменя со 100%-ной клейстеризацией расщепляется с образованием глюкозы уже через 4 часа. Отмечается закономерность повышения перевариваемости крахмала с увеличением длительности пропаривания ячменя перед плющением. В целом перевариваемость *in vitro* крахмала ячменя, плющенного после обработки паром при атмосферном давлении, повышается по сравнению с исходным зерном в 2 раза.

В пропаренном ячмене при одних и тех же режимах обработки можно получить различную степень клейстеризации крахмала, зависящую от величины зазора между валками плющильного станка, то есть от толщины хлопьев. Это влияет и на их питательную ценность. Результаты наших исследований показали, что количество образовавшейся глюкозы при гидролизе крахмала ячменных хлопьев увеличивается при уменьшении зазора между валками, то есть при уменьшении толщины хлопьев.

Изучено влияние пропаривания зерна при атмосферном давлении с последующим плющением на содержание и фракционный состав его белка. Установлено, что плющение практически не изменяет суммы азотных веществ в ячмене, однако влияет на их состав, приводя к изменениям в соотношении белковых фракций. Потеря белком растворимости свидетельствует о денатурационных изменениях. При этом наиболее мобильные — альбумины.

Таблица 1. Влияние расхода пара и длительности пропаривания на степень клейстеризации крахмала ячменя

Длительность пропаривания, мин	Расход пара, кг/ч (кг/кг·мин)				
	10 (0,110)	20 (0,220)	30 (0,330)	40 (0,440)	50 (0,550)
	Степень клейстеризации, %				
3	3	3	3	3	3
5	5	7	6	5	5
7	8	8	6	8	7
10	13	12	12	12	13
20	23	25	25	23	24
30	38	38	36	40	40
60	83	80	85	82	86
70	100	100	100	100	100

Таблица 2. Показатели процесса плющения зерна при производственной проверке

Состояние и параметры обработки зерна	Ячмень	Овес	Ячмень шелушенный	Овес шелушенный	Пшеница	Кукуруза	Горох
<i>Влажность зерна, %</i>							
Исходное	12,2	11,0	11,6–12,4	10,6–11,2	11,6	13,4	12,5
Увлажненное	15,0–17,0	14,0–15,0	15,8–16,2	13,6–14,6	16,0–17,0	18,0–20,0	18,0–20,0
Пропаренное	18,4–19,5	17,0–18,5	18,2–19,0	17,2–17,6	18,6–19,8	21,4–23,5	21,0–23,0
<i>Влажность хлопьев, %</i>							
После плющения	18,0–19,0	16,5–17,5	17,8–18,6	14,6–16,8	18,0–19,0	21,0–23,0	20,5–22,5
После охлаждения	12,0–14,0	12,0–14,0	12,5–13,0	9,4–13,2	12,0–14,0	13,0–14,0	12,0–13,0
<i>Температура, °C</i>							
Пропаренное зерно	100	100	100	100	100	95–100	95–100
Хлопья после плющения	—	—	82–83	81–82	—	—	—
Готовые хлопья	22–25	22–25	16–25	21–25	22–25	22–25	22–25
Давление пара, МПа, подаваемого в пропариватель	0,18–0,22	0,18–0,22	0,20	0,20–0,28	0,18–0,22	0,18–0,22	0,18–0,22
сушилку	0,55–0,70	0,55–0,70	0,54–0,60	0,55–0,57	0,55–0,70	0,55–0,70	0,55–0,70
Время отволаживания, ч	3,0–4,0	3,0–4,0	2,5–3,5	2,5–3,5	2,5–3,5	4,0–5,0	3,5–4,5
Время пропаривания, мин	30	30	30	30	30	30–40	30–40
Зазор между валками, мм	0,5–0,6	0,5–0,6	0,3–0,5	0,3–0,5	0,5–0,6	0,8–1,0	0,8–1,0

Таблица 3. Качество исходного зерна и хлопьев из него

Продукт	Влажность, %	Объемная масса, кг/м³	Угол естественного откоса, град.	Содержание растворимых углеводов		Атакуемость крахмала глюкоамилазой		Общая бактериальная обсемененность		Общая грибная обсемененность	
				%	% к исход.	мг/г	% к исход.	м.к./г	% к исход.	м.к./г	% к исход.
Пшеница	11,6	810	22,2	4,2	100,0	69,1	100,0	119 400	100,0	320,0	100,0
Хлопья пшеничные (толщина 0,98 мм)	14,0	314	42,5	5,6	133,3	101,6	147,0	5015	4,2	3,5	1,1
Ячмень	12,2	690	26,0	4,3	100,0	53,0	100,0	371 140	100,0	1680	100,0
Хлопья ячменные (толщина 1,22 мм)	13,8	365	41,7	5,8	134,9	86,6	163,4	19 928	5,1	99,1	5,9
Кукуруза	13,4	760	22,0	3,9	100,0	40,0	100,0	125 700	100,0	1114	100,0
Хлопья кукурузные (толщина 0,54 мм)	10,8	375	40,5	5,6	143,5	131,4	328,5	4777	3,8	44,6	4,0
Овес	11,0	518	29,0	3,5	100,0	56,3	100,0	422 500	100,0	1380	100,0
Хлопья овсяные (толщина 2,0 мм)	12,8	314	43,8	4,4	125,7	77,1	136,9	24 505	5,8	71,8	5,2
Горох ¹	12,5	830	21,3	5,9	100,0	72,2	100,0	89 360	100,0	188	100,0
Хлопья гороховые ² (толщина 0,73 мм)	10,0	440	41,0	8,0	135,6	102,6	142,1	1787	2,0	—	—
Ячмень шелушенный	12,0	780	25,0	5,6	100,0	97,5	100,0	434 220	100,0	1120	100,0
Хлопья шелушеного ячменя (толщина 1,17 мм)	12,5	450	40,5	7,35	130,6	130,0	133,4	20 842	4,8	62,7	5,6
Овес шелушенный	11,2	685	27,0	4,3	100,0	65,0	100,0	375 340	100,0	950	100,0
Хлопья шелушеного овса (толщина 0,64 мм)	13,2	412	40,7	5,6	130,2	89,0	136,9	15 014	4,0	45,6	4,8

¹ Трипсинингибиторная активность (ТИА) — 1,5–2,6 мг/г; атакуемость белков трипсином — 94–105 мг/г;

² ТИА=0,11–0,20 мг/г; атакуемость белков трипсином — 107–111 мг/г.

Таблица 4. Изменение переваримости протеина *in vitro* при плющении гороха

Состояние зерна	Влажность, %	Содержание протеина, %		Коэффициент переваримости протеина, %
		сырого	переваримого	
Исходное	12,0	21,4	17,3	80,8
Хлопья	12,4	21,4	17,2	80,5
Исходное	12,8	20,8	16,2	77,9
Хлопья	13,2	20,7	16,1	77,8
Исходное	12,5	21,1	16,7	79,1
Хлопья	10,0	20,9	16,4	78,5

Денатурация водорастворимых белков при обработке зерна паром при атмосферном давлении в течение 5 мин — 28%, через 10 мин — 47,2%, спустя 60 мин — 87,7%.

Для выявления влияния нагрева при пропаривании и плющении гороха на изменение белкового комплекса были проведены опыты по определению атакуемости белка трипсином *in vitro*. Содержание сырого протеина во всех образцах гороховых хлопьев находилось на одном уровне, содержание непереваримого протеина в горохе, обработанном паром при атмосферном давлении в течение 5–30 мин, практически не отличалось от исходного зерна. Незначительное снижение атакуемости белка трипсином наблюдалось при пропаривании гороха более 45 мин. Обработка в течение 60 мин повышала количество непереваримого протеина. Поэтому длительность пропаривания гороха при атмосферном давлении не должна превышать 30 мин. Пропаривание, кондиционирование и плющение снизило уровень антипитательных веществ в горохе: ингибиторов трипсина — с 1,5–2,6 мг/г до 0,11–0,20 мг/г, ингибиторов химотрипсина — с 2,0–2,9 мг/г до 0,24–0,30 мг/г.

Технологические параметры процесса плющения зерна злаковых и бобовых культур представлены в таблице 2, показатели качества хлопьев — в таблице 3. Как показывают данные таблицы 3, содержание растворимых углеводов в хлопьях увеличивается на 25,7–43,5% по сравнению с исходным зерном. Отмечается также увеличение на 33,4–63,4% атакуемости крахмала глюкоамилазой после плющения зерна пшеницы, ячменя, овса и гороха. Следует отметить, что атакуемость крахмала кукурузы после обработки возросла более чем в 3 раза. Кроме того, улучшилось санитарное состояние зерна. Так, общая бактериальная обсемененность после его обработки путем увлажнения, пропаривания и плющения снизилась на 94,2–98,0%, общая обсемененность спорами микроскопических грибов — на 94,1–98,9%.

Следует отметить, что объемная масса зерна после плющения снижается с 518–830 кг/м³ до 314–450 кг/м³, причем большую объемную массу имеют хлопья из гороха, из шелушенных ячменя и овса, то есть после плющения

зерно становится легковесным, а это отрицательный момент данной обработки. Кроме того, угол естественного откоса хлопьев выше, чем исходного зерна, что свидетельствует об ухудшении их сыпучести. И хотя плющение негативно сказывается на технологических свойствах зерна, но в то же время этот метод обработки способствует повышению его переваримости, что особенно важно для молодняка сельскохозяйственных животных, у которых еще неразвита ферментативная система.

Для оценки изменения белковой фракции в процессе обработки зерна определяли переваримость белка гороха под действием пепсина *in vitro* (табл. 4). Увлажнение гороха до 18–20%, дальнейшее его пропаривание в течение 30 мин до температуры 100°C и плющение на машине с зазором между валками 0,8–1,0 мм не снижает переваримость белка, о чем свидетельствует коэффициент переваримости протеина. При увеличении времени

Таблица 5. Рецепты комбикормов для поросят в возрасте 9–42 дня

Компонент	СК-3-1 (контрольная)	СК-3-2 (1 группа)	СК-3-3 (2 группа)	СК-3-4 (3 группа)	СК-3-5 (4 группа)
Ячмень без пленок	45,0	—	—	—	—
Овес без пленок	15,0	—	—	—	—
Ячменные хлопья	—	—	41,0	44,0	45,0
Овсяные хлопья	—	—	15,0	10,0	5,0
Гороховые хлопья	—	—	5,0	14,0	20,0
Ячменные хлопья измельченные	—	41,0	—	—	—
Овсяные хлопья измельченные	—	15,0	—	—	—
Гороховые хлопья измельченные	—	5,0	—	—	—
Шрот соевый	11,9	10,3	10,3	12,3	18,0
Мука рыбная	6,0	6,0	6,0	3,0	1,0
Сухое молоко	10,0	10,0	10,0	6,0	—
Сахар	2,5	2,5	2,5	—	—
Дрожжи кормовые	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
Травяная мука	1,0	1,0	1,0	1,0	—
Трикальцийфосфат	2,0	2,0	2,0	2,5	2,8
Соль	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Мел	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Премикс	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Жир	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5
Питательная ценность					
Кормовые единицы в 100 кг	136,0	133,6	133,6	133,0	132,1
Обменная энергия в 1 кг, МДж	295,0	296,2	296,2	287,0	280,8
Сырой протеин, %	20,62	20,54	20,54	19,93	20,20
Сырая клетчатка, %	2,88	2,95	2,95	3,40	3,71

пропаривания отмечается незначительное снижение коэффициента переваримости, что обусловлено образованием сложных соединений, устойчивых к ферментативному гидролизу.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛЮЩЕНОГО ЗЕРНА

Для определения эффективности скармливания хлопьев из гороха и из шелушенных ячменя и овса в составе комбикормов с пониженным уровнем ввода сахара, сухого молока и других белковых компонентов растительного и животного происхождения были выработаны одна контрольная и четыре опытные партии стартерных кормов для поросят в возрасте 9–42 дней (табл. 5).

Поедаемость комбикормов во всех группах была практически одинаковой. Отмечалось незначительное ее снижение в 4 опытной группе, в комбикорме которой меньше всего содержалось рыбной муки. Замена ее гороховыми хлопьями снизила также энергетическую ценность корма, повысила долю клетчатки, что отразилось на приросте живой массы поросят в этой группе (табл. 6). Наибольший среднесуточный прирост живой массы получен в 1 и 2 опытных группах — выше контроля на 13,6% и 4,4%, соответственно, что подтверждает целесообразность использования зерновой части корма в виде измельченных или неизмельченных хлопьев.

Таблица 6. Динамика прироста живой массы поросят

Время учета	Группа				
	контроль-ная	1 опыт-ная	2 опыт-ная	3 опыт-ная	4 опыт-ная
<i>Живая масса, кг</i>					
При постановке на опыт	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
На 21-й день опыта	6,9	7,6	7,2	7,0	6,7
При снятии с опыта	16,8	18,7	17,4	16,2	15,7
<i>Валовой прирост поросенка, кг</i>					
Через 21 день опыта	4,0	4,7	4,3	4,1	3,8
Через 31 день опыта	9,9	11,1	10,2	9,2	9,0
За период опыта	13,9	15,8	14,5	13,3	12,8
<i>Среднесуточный прирост, г</i>					
Через 21 день опыта	190,5	223,8	204,8	195,2	181,0
Через 31 день опыта	319,4	358,1	329,0	296,8	290,3
За период опыта	267,3	303,8	278,8	255,8	246,2

Таким образом, результаты изучения процесса влаготепловой обработки зерна с последующим плющением подтверждают, что разработанные режимы обеспечивают повышение доступности его питательных веществ действию пищеварительных ферментов, увеличение переваримости крахмала, улучшение санитарного состояния. ■

Элеваторстройдеталь МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЗЕРНОВЫЕ ХРАНИЛИЩА



Производство силосов с конической воронкой для хранения трудносыпучих продуктов

Силосы с конической воронкой под углом 45 град.:
- диаметр 3,64 ÷ 10,9 м
- вместимость 45 ÷ 1545 куб. м

Силосы с конической воронкой под углом 60 град.:
- диаметр 3,64 ÷ 7,27 м
- вместимость 50 ÷ 600 куб. м

Силосы с конической воронкой под углом 70 град.:
- диаметр 3,64 ÷ 7,27 м
- вместимость 57 ÷ 640 куб. м



350018, г. Краснодар, ул. Сормовская, 3
тел./факс (861) 234-47-01, 234-47-02
www.silos.ru; e-mail: www@silos.ru; info@silos.ru