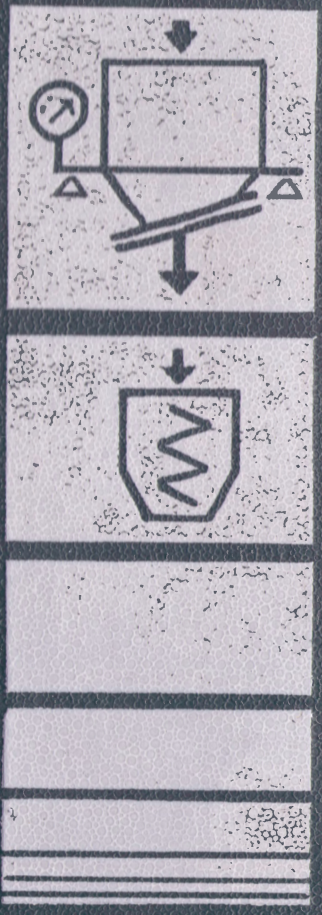
Н.П.Черняев

Производство комбикормов



Н.П.Черняев

Производство комбикормов

МОСКВА
ВО "АГРОПРОМИЗДАТ"
1989

ББК 36.824
Ч-49
УДК 636.085.55

Редактор: *В. И. Чебураков*

Черняев Н. П.
Ч-49 Производство комбикормов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 224 с.: ил.
ISBN 5-10-00511-4

Рассмотрены способы построения технологических схем комбикормовых заводов различной мощности. Впервые изложены вопросы проведения технологической подготовки производства с применением балансового метода, последовательных шагов, построения циклограмм. Даны некоторые направления в технологии производства комбикормов – плющение, экструдирование, микронизация. Рассмотрены вопросы организации и проведения производственного и технохимического контроля, повышение пожаро-взрывобезопасности, проанализированы основные направления реконструкции и технического перевооружения комбикормовых заводов.

Для специалистов-технологов комбикормового производства.

ч $\frac{3707050000-407}{035(01)-89}$ 110-89 ББК 36.824

ISBN 5-10-000511-4

© ВО "Агропромиздат", 1989

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АВМ	– агрегат для приготовления витаминной травяной муки
АКД	– амидоконцентратная добавка (карбамидный концентрат)
АСУП	– автоматизированная система управления производством
АСУТП	– автоматизированная система управления технологическими процессами
БАВ	– биологически активные вещества
БВД	– белково-витаминные добавки
БВК	– белково-витаминный концентрат (кормовые дрожжи, полученные из очищенных жидких парафинов нефти), паприн
БОТ	– бутилокситолуол (антиоксидант)
ВАП	– витаминно-аминокислотный премикс
ВКПВ	– верхний концентрационный предел взрываемости
ВТО	– влаготепловая обработка
ГХИ	– Государственная хлебная инспекция
ЖКЛ	– жидкий концентрат кормового лизина
ЗПЛКП	– зональная производственная лаборатория комбикормовой промышленности
ЗЦМ	– заменитель цельного молока (регенерированное молоко)
ИВЦ	– информационно-вычислительный центр
корм. ед.	– кормовые единицы
ККЛ	– кормовой концентрат лизина
КОК	– кормовой обогатительный концентрат
КРС	– крупный рогатый скот
КХП	– комбинат хлебопродуктов
ЛГН	– лаборатория государственного надзора Госстандарта СССР
МК	– мягкий контейнер
МКЗ	– межхозяйственный комбикормовый завод или межколхозный комбикормовый завод
МКР	– мягкий контейнер разового пользования
МПР	– минеральный премикс
НКПВ	– нижний концентрационный предел взрываемости
НТД	– нормативно-техническая документация
НЧП	– нормативно чистая продукция
ПДК	– предельно допустимые концентрации

ППР – планово-предупредительный ремонт
ПРТС-работы – погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы
ПТЛ – производственно-технологическая лаборатория
РГС – регулируемая газовая среда
РИВЦ – республиканский информационно-вычислительный центр
РПЛКП – республиканская производственная лаборатория комбикормовой промышленности
РСТ – республиканский стандарт
СОМ – сухое обезжиренное молоко
ТО – тепловая обработка
ТП – техническое перевооружение
УТЦК – уровень технологической целостности процесса по качеству выполняемых операций
УТЦП – уровень технологической целостности производства
УТЦПр – уровень технологической целостности процесса по производительности
ЦПС – цех предварительного дозирования – смешивания белково-минерального сырья
ЦПЛКП – Центральная производственная лаборатория комбикормовой промышленности
ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ВВЕДЕНИЕ

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986–1990 годы и на период до 2000 года определены основные задачи агропромышленного комплекса – достижение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, надежное обеспечение страны продуктами питания. В этих целях предусмотрено увеличить производство зерна – основы продовольственного и фуражного фондов страны, улучшить структуру зернофуражного производства в результате повышения валового сбора зернобобовых культур и кукурузы.

Валовой сбор зерна должен быть доведен до 250...255 млн. т. Намечено увеличить производство растительного кормового белка благодаря расширению посевов и увеличению урожайности люцерны, клевера, гороха, подсолнечника, сои, рапса и других культур с большим содержанием протеина. Вместе с тем ставится задача по сокращению расхода зерна на фуражные цели. Направляемое на корм скоту зерно должно быть использовано только в переработанном виде, а в дальнейшем – в виде полноценных комбикормов. Это связано с дальнейшим развитием в нашей стране комбикормовой промышленности – государственной, колхозной и межхозяйственной.

Для сокращения транспортных расходов, потерь зерна при перевозках, снижения расхода горючего, вовлечения в хозяйственный оборот средств колхозов и совхозов предусмотрено строительство элеваторов и комбикормовых заводов на основе межведомственного кооперирования, а в структуре государственной комбикормовой промышленности – небольших комбикормовых цехов мощностью 100...150 т/сут в составе глубинных хлебоприемных предприятий. Цехи будут работать как по полной технологической схеме, так и на основе БВД или кормового обогатительного концентрата (КОК), поставляемых крупными головными заводами.

Главные задачи комбикормовой промышленности – это повышение качества комбикормов и расширение ассортимента продукции на основе развития и совершенствования сырьевой базы. Указанное должно сопровождаться повышением технического уровня заводов – внедрением высокоэффективного оборудования, передовой технологии, электронно-вычислительной техники.

Производство комбикормовой продукции в нашей стране с 1970 по 1985 г. увеличилось только на предприятиях системы Министерства

хлебопродуктов СССР более чем в два с половиной раза. Объем гранулированных комбикормов и БВД составил 22 % общего объема производимых комбикормов. В структуре плана комбикорма для птицы занимают почти 35 % против 25 % в 1970 г., а для молодняка сельскохозяйственных животных соответственно 50 и 3,7. Объем производства комбикормов для крупных животноводческих комплексов достиг в 1987 г. 4,75 млн. т.

Освоено производство премиксов на специализированных предприятиях Министерства хлебопродуктов СССР и Министерства медицинской и микробиологической промышленности СССР. Объем их производства достиг около 80 % всей потребности. Освоено также производство нового вида продукции – карбамидного концентрата, восполнителя растительного протеина для взрослых жвачных животных. Кроме того, в системе Госагропрома СССР созданы большие мощности колхозной и межхозяйственной комбикормовой промышленности при крупных животноводческих комплексах. В системе Минрыбхоза СССР освоено производство специальных гранулированных комбикормов для ценных пород рыбы и построено для этих целей четыре специализированных предприятия.

Предстоящее десятилетие для комбикормовой промышленности должно стать временем глубоких преобразований. Наряду с новым строительством будет обращено внимание на техническое перевооружение и реконструкцию комбикормовых предприятий, механизацию погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ, увеличение выработки комбикормов в гранулированном виде, совершенствование системы технохимического и производственного контроля, развитие централизованных перевозок готовой продукции, применение ЭВМ и микропроцессорной техники для решения задач АСУП, АСУ ТП.

В результате привлечения в сырьевой баланс дополнительных источников белкового, минерального и другого незернового сырья уменьшится в составе комбикормов доля зернового сырья с 68...70 до 58...59 %, а в дальнейшем до 50...53 %.

По мере повышения качества сырья технологические процессы на комбикормовых заводах будут упрощаться – схема движения материальных потоков будет прямоточной, сократится число подъемов компонентов комбикормов. Это приведет к повышению производительности труда, снижению издержек производства, упрощению управления ходом технологического процесса.

Путь достижения поставленных целей лежит через улучшение качества технологического, транспортного и вспомогательного оборудования, создание необходимых типоразмеров машин, переход от разработки отдельных машин к системам машин.

Неоспоримо значение дальнейшего прогресса в области технологии переработки зерна и сырья других видов в комбикорма, БВД, премиксы, карбамидный концентрат, специальные комбикорма. Прогресс здесь связан с возможностями создания гармоничных, рационально построен-

ных технологических схем, соответствующих качеству сырья, с одной стороны, и требованиями к ассортименту и качеству выпускаемой комбикормовой продукции, с другой. При этом должны быть обеспечены минимальные издержки производства, стабильность технологического процесса, удобство управления его ходом, приемлемые удельные капитальные вложения.

По мере развития технологии производства комбикормовой продукции все отчетливее обозначается переход от пассивного (закрытого) ведения технологического процесса к информационному (открытому). Применение высокопроизводительных быстродействующих машин типа ленточных весовых дозаторов, многокомпонентных весовых дозаторов разных типов, усложнение ассортимента и увеличение числа рецептов, находящихся в производстве в течение смены (суток), приводит к необходимости получать и перерабатывать большой объем цифровой информации, находить оптимальные режимы эксплуатации предприятий, построенных по различным технологическим схемам.

Глава 1

СЫРЬЕ, ПРОДУКЦИЯ, РЕЦЕПТУРА, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

ВИДЫ СЫРЬЯ

При производстве комбикормов, БВД, премиксов, карбамидного концентрата используют большое число различных компонентов и добавок, а также биологически активные вещества. Все эти компоненты можно подразделить на отдельные группы:

зерновые – кукуруза, ячмень, пшеница, рожь, овес, сорго, просо и др.;

зернобобовые – горох, бобы кормовые, люпин, нут, чина, чечевица;

мучнистые – отруби и мучка мукомольного и крупяного производств;

шроты и жмыхи – подсолнечниковые, хлопковые, соевые, льняные, арахисовые;

кормовые продукты животного происхождения – мука мясокостная, мясная, кровяная (альбумин), сухое обезжиренное молоко (СОМ); мука рыбная, креветочная, крилевая, крабовая;

продукты микробиологического синтеза – кормовые гидролизные дрожжи и дрожжи из очищенных жидких парафинов нефти (БВК или паприн), природного газа (гаприн), синтетического этилового спирта (эприн), кормовые формы аминокислоты лизина – кормовой концентрат лизина (ККЛ), жидкая товарная форма, нормализованный отрубями – кормолизин, а также кристаллический L-лизин; препараты витаминов B_2, B_{12}, ферментные препараты;

травяные искусственно высушенные корма – витаминная травяная мука, хвойная, мука из древесной зелени водорослевая;

сырье минерального происхождения – соль поваренная, мел молотый кормовой, ракушечная мука и крупа, известняковая и доломитовая мука, костная мука, кормовой обесфторенный фосфат, бентонитовый гликопорошок;

жидкие компоненты – меласса, соленый гидрол, жир животный кормовой, масло растительное, рыбий жир, фосфатидный концентрат, холин-хлорид (B_4); к жидким компонентам можно отнести раствор карбамида в мелассе, рыбный гидролизат, насыщенный раствор поваренной соли, а также воду, в ряде стран используют для достижения технологической влажности комбикорма.

В состав комбикорма для взрослых жвачных животных вводят также карбамид, или синтетическую мочевину, в качестве восполнителя

растительного протеина – соду, а в комбикорма для поросят в условиях промышленных комплексов – сахар.

Грубые корма – это прежде всего свекловичный жом, лузга, соломенная сечка, измельченные стержни початков кукурузы.

Биологически активные вещества также можно подразделить на следующие группы:

кормовые и другие антибиотики;

витаминные кормовые препараты, очищенные витамины фармакопейной чистоты;

соли микроэлементов (железа, меди, цинка, кобальта, марганца, йода и др.);

ферментные препараты (амилолитические, протеолитические и пектолитические);

аминокислоты (лизин, метионин);

антиоксиданты (сантохин, дилудин, бутилокситолуол – БОТ);

успокаивающие вещества–транквилизаторы;

органические кислоты (пропионовая, молочная и др.);

лекарственные препараты.

Кроме того, в комбикорма, ЗЦМ, премиксы вводят кормовую серу, окись магния, красители, отдушки и др.

Перечень используемых компонентов и добавок постоянно расширяется, уточняются свойства многих из них, процент ввода, требования к товарным формам, к упаковке и способам перевозки.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ

Большой резерв пополнения сырьевых ресурсов для производства комбикормов представляют побочные продукты сельского хозяйства и перерабатывающих отраслей промышленности.

В ряде стран (США, Польша) получили распространение продукты промышленной переработки картофеля, в частности сушеный картофель, непригодный для пищевых целей, кормовая картофельная мука, фильтрат – побочный продукт производства крахмала. Все они содержат до 85 % крахмала (в расчете на АСВ), который хорошо усваивается организмом взрослого животного, до 8 % протеина и до 4 % зольного остатка.

Перспективными видами сырья следут признать сухую зерно-картофельную барду и обогащенный белковый концентрат из нее, сухую пивную дробину, растительно-животный корм, получаемый на мясокомбинатах, сгущенную и сухую молочную сыворотку, кормовую муку из фруктовых выжимок.

Одним из важных, но плохо используемых компонентов комбикормов по-прежнему остается свекловичный жом. Предприятия сахарной промышленности в основном отпускают его хозяйствам в сыром виде и только около 10 % поставляют сушеным. Наиболее целесообразна поставка комбикормовой промышленности свекловичного жома в гранулированном виде с гранулами ø 12,7 мм и влажностью до 14,5 %.

В комбикорма для крупного рогатого скота (КРС) и овец его можно вводить до 5 %, свиньям – 1 %.

Большое будущее за препаратами аминокислот (метионин и лизин). Потребность в них удовлетворяется пока на 15 и 25 % соответственно. Одновременно с увеличением поставок кормового лизина с наполнителями необходимо увеличить также поставку кристаллического лизина, используемого при производстве премиксов.

Данные современной науки по физиологии и биохимии питания сельскохозяйственных животных свидетельствуют о необходимости балансирования рационов по большому числу факторов: до 20...30 для взрослых животных, до 50...60 для молодняка, а в ряде случаев и до 80. Важнейшие из них – витамины, аминокислоты, соли микроэлементов, ферменты, антибиотики.

БАВ повышают эффективность комбикорма в целом, а недостаток их приводит к перерасходу кормовых единиц на производство животноводческой продукции. Номенклатура препаратов постоянно расширяется. Сейчас в нашей стране при кормлении животных используют БАВ более 60 наименований (всего в мире известно более 200). В частности, со временем будет увеличиваться список используемых аминокислот, должно войти в практику применение красителей и пигментов, например для окрашивания гранул комбикормов для рыб (бета-каротинол, ксантины), стабилизаторы типа агара, пектина, метилцеллюлозы, некоторые консерванты (пропионовая и сорбиновая кислоты, лактат и бисульфит натрия), антикоагулянты (цитраты натрия, кальция), связующие вещества (лигносульфонаты), антиагломераты (стеараты кальция), ароматические вещества, некоторые лекарственные препараты.

БАВ, помимо чисто специфических действенных начал, обладают определенными технологическими свойствами. Например, сыпучестью, распределяемостью, склонностью к пылению, слеживаемостью, гигроскопичностью, способностью истекать. Они должны быть стабильны во времени и позволять поставку в нормализованном виде, т. е. с постоянной активностью, быть совместимы с другими биологически активными веществами и наполнителями.

В этом плане необходимо указать на требование к товарным формам препаратов, которые плохо совмещаются с другими, – это поставка в микрокапсулированном и микрогранулированном виде. Эффективность использования таких препаратов значительно выше, при этом повышается эффективность использования и всего комплекса БАВ.

Для производства комбикормов, премиксов и БВД целесообразно использовать специальные кормовые БАВ – менее очищенные и более дешевые. Их вполне в требуемых дозах усваивает организм животного, без угнетающих побочных явлений и токсикоза. К таким препаратам можно отнести, например, предложенные ВНИИКП ВНПО "Комбикорм" рудные минералы – марганцевые концентраты и сидеритовую руду в качестве источника железа.

Большие резервы заложены в кормах травяных, искусственно

высушенных*. Расчеты показывают, что средний ввод витаминной травяной муки в комбикорма для птицы может составлять 2 %, для свиней – 5, КРС – 6,6, овец – 9,4, для рыбы – 4,3 %. В комбикорма для кроликов ее вводят до 30 %.

Перспективна мука промышленной переработки плодовых и овощных культур, которую можно вводить до 5 % во все виды комбикормов.

Ввод мелассы как источника легкодоступных сахаров, минеральных и азотистых веществ, глютаминовой кислоты и бетаина (провитамина холина – B_4) можно увеличить по крайней мере в 2...3 раза.

Использование жира, поставщика энергии для жизнедеятельности животного, также приводит к экономии белковых и зерновых видов сырья, снижает самосортирование рассыпного комбикорма, улучшает усваиваемость жирорастворимых витаминов, ускоряет обменные реакции в организме. Реальные ресурсы дают возможность ставить задачу по увеличению до 1995 г. ввода в комбикорма 150...200 тыс. т кормовых жиров ежегодно.

Применение карбамида в комбикормах для жвачных животных зависит прежде всего от культуры работы животноводов и подразумевает нормированное кормление, стабильность поставок комбикормов. Ежегодно комбикормовая промышленность может перерабатывать около 250 тыс. т карбамида.

Намного большим может быть расход кормовых фосфатов. Исходя из норм ввода (овцам – 2 %, свиньям и КРС – 0,8 %, птице – 1,1 %), потребность в фосфатах на 1990 г. оценивают в 1,1 млн. т.

Известняковой мукой во многих регионах замещают кормовой мел. Она технологичнее, требует меньших затрат труда при приеме и вводе в состав комбикормов и БВД. При почти полном вытеснении мела известняковую муку только предприятия Министерства хлебопродуктов СССР могут принять 1,6 млн. т уже в ближайшее пятилетие.

Поставка премиксов также должна увеличиться до 0,95...1 млн. т и полностью удовлетворить объемы производимых комбикормов и БВД, включая предприятия Госагропрома СССР и Минрыбхоза СССР.

При введении ряда экономических рычагов можно увеличить поступление для производства комбикормов таких культур, как горох, кормовые бобы, люпин, чина, без ущерба для межхозяйственной комбикормовой промышленности.

В связи с направлением деятельности предприятий на конечные результаты работы агропромышленного комплекса повысилась ответственность и за качество вырабатываемых комбикормов. В большой мере это зависит от привлечения в баланс сырья местных ресурсов. Например, могут быть использованы выработанные сверх плана жмыхи, шроты, кормовые дрожжи, утилизированы побочные продукты и отходы переработки растительного и животного сырья, сокращены прямые потери при хранении и переработке сырья, транспортировании и исполь-

---

* В дальнейшем для краткости будем пользоваться термином "витаминизированная травяная мука" или "травяная мука".

зовании комбикормов. Сюда же можно отнести разработку новых видов сырья для производства комбикормов и премиксов, углубленную переработку традиционных компонентов.

ПРОДУКЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Комбикормовая промышленность вырабатывает следующую продукцию.

Комбикорма полнорационные удовлетворяют полную потребность животных и птицы в питательных веществах, микроэлементах, аминокислотах и витаминах в соответствии с их возрастом, полом и физиологическим состоянием.

Комбикорма-концентраты содержат такие сырьевые компоненты, которые обеспечивают получение запланированных результатов в сочетании с основными кормами – грубыми, сочными. Комбикорма-концентраты выступают в виде добавок, балансирующих питательные вещества в суточном рационе животного. Например, скармливание концентратов в виде гранул молочным коровам в момент их дойки.

Кормовые смеси – это несбалансированная композиция питательных веществ, вырабатываемая в связи с дефицитом сырья белкового происхождения, БАВ, жидких добавок. Скармливание кормовых смесей приводит к перерасходу кормовых единиц.

БВД – высококонцентрированные кормовые средства, содержащие до 30...40 % сырого протеина и предназначенные для использования либо на межхозяйственных комбикормовых заводах, либо на небольших упрощенных предприятиях отрасли Министерства хлебопродуктов.

Получаемые на основе БВД так называемые вторичные комбикорма по своему качеству не должны уступать комбикормам полнорационным или концентратам.

Заменитель цельного молока (ЗЦМ или регенерированное молоко) производят по сухой технологии на основе сухого обезжиренного молока с добавлением, например, экструдированных кормовых дрожжей, премикса, минеральных добавок. ЗЦМ предназначен для выпойки телят, ягнят, поросят.

Жидкие комбикорма – это особый вид кормовых средств, получаемых на основе мелассы с добавлением ряда компонентов: ортофосфорной кислоты, рыбных гидролизатов, кормового животного жира, растворов карбамида, фосфатов, фильтрата барды, лигносульфоната, витаминов, лекарственных веществ. Жидкие комбикорма предназначены для КРС. Главная технологическая трудность заключается в создании устойчивой композиции, которая бы не расслаивалась в процессе хранения и транспортировки. Добавлением аттапульгитовой глины и других добавок преследуется цель создания устойчивого коллоидного раствора.

Отработка технологии производства жидких комбикормов для нашей промышленности – задача недалекого будущего.

Премиксы (универсальные, лечебные, витаминно-аминокислотные,

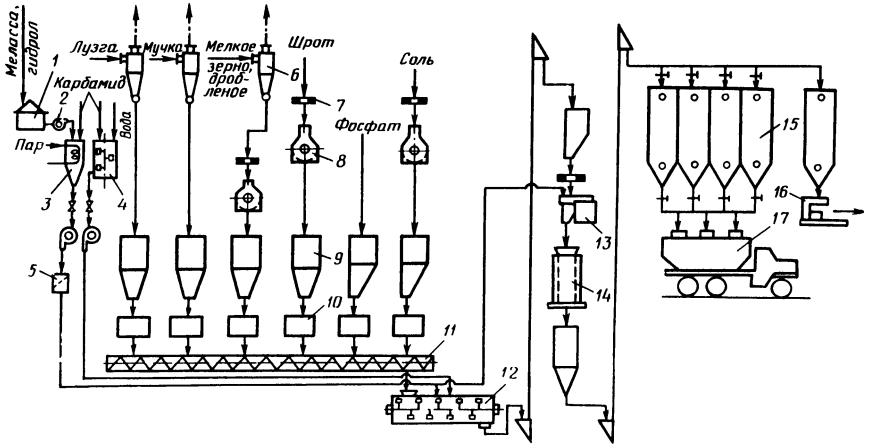


Рис. 1. Технологическая схема производства гранулированных кормовых смесей из побочных продуктов крупяных заводов:

1 – бак для мелассы; *2* – центробежный насос; *3* – бак для растворения карбамида в мелассе; *4* – бак для растворения карбамида в воде; *5* – фильтр; *6* – циклон-разгрузитель; *7* – магнитная колонка; *8* – молотковая дробилка; *9* – бункер; *10* – объемный дозатор; *11* – шнек; *12* – смеситель непрерывного действия; *13* – пресс-гранулятор; *14* – охладительная колонка; *15* – бункера для готовой продукции; *16* – весовыбойный аппарат; *17* – кормовоз.

минеральные, биокомплексы) представляют собой однородную смесь соответствующим образом подготовленных биологически активных веществ с наполнителем, составленную по научно обоснованным рецептам и предназначенную для ввода в комбикорма и БВД.

Универсальные премиксы вводят в комбикорма в количестве 0,5... 1,2 % и БВД – 5...6 %. Минеральные премиксы, кроме микроэлементов, содержат и все необходимые соли макроэлементов (поваренную соль, мел, известняковую, костную муку, кормовые фосфаты). Их изготавливают по специально разработанной рецептуре в специализированных цехах. Перевозят минеральные премиксы в таре или кормовозах и вводят в состав комбикормов в количестве 2...7 % в соответствии с содержанием солей микроэлементов и минеральных веществ в комбикорме. Разновидность минеральных премиксов для крупного и мелкого рогатого скота – брикеты-лизунцы, представляющие собой цилиндрические брикеты диаметром и высотой 150 мм, с центральным отверстием. Лизунцы размещают под навесом на выгонах (в загонах) для свободного доступа животных.

В технологии изготовления ЗЦМ применяют жидкие эмульгирующие премиксы, содержащие масляные препараты витаминов A, D, E, фосфатидный концентрат (лецитин), кормовой жир, холин-хлорид, эмульгатор.

Карбамидный концентрат – кормовое средство, предназначенное

для взрослого крупного и мелкого рогатого скота. Состоит на 70...75 % из измельченного крахмалсодержащего сырья (зерна кукурузы, ячменя), на 15...25 % из карбамида и на 5...10 % из натриевого бентонита. Смесь перерабатывают в экструдерах КМЗ-2, гранулируют, охлаждают, измельчают. Карбамидный концентрат вводят в количестве 6...8 % в состав комбикормов для жвачных животных. При этом исходят из норм суточной дачи 0,25...0,3 г на 1 кг живой массы.

К продукции комбикормовой промышленности можно отнести кормовые смеси, вырабатываемые на основе лузги и мучки крупяных предприятий. Наибольшая утилизация этих побочных продуктов может быть достигнута при создании разветвленной технологической схемы (рис. 1). Полученную смесь гранулируют.

Ряд предприятий вырабатывает пропаренные и плющеные хлопья, взорванное зерно, различные экструдированные продукты.

По приведенной классификации несбалансированные комбикорма следует отнести к кормовым смесям с той лишь разницей, что на них все же установлены показатели качества.

РЕЦЕПТУРА И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Комбикорма, БВД, премиксы, другую продукцию комбикормовых заводов вырабатывают в соответствии с действующей нормативно-технической документацией (НТД), т. е. ГОСТ, ОСТ, РСТ, ТУ. При производстве премиксов, ЗЦМ, комбикормов для лабораторных животных, ценных пород рыб строго придерживаются разработанных рецептов. В большинстве же случаев определяющими служат показатели качества, характеризующие питательность и доброкачественность продукции, рецептурный же состав подчинен этим показателям. Строго говоря, следует придерживаться определенного перечня компонентов и рекомендованных процессов их ввода, выдерживая при этом требования по содержанию кормовых единиц, обменной энергии, протеина, клетчатки. Рецепты комбикормов подразделяют на плановые, применяемые для балансовых расчетов потребностей в сырье на предстоящий год (полугодие, квартал), и исполнительные, рассчитываемые информационно-вычислительными центрами (ИВЦ) по запросу предприятий с учетом имеющегося у него сырья и установленных ограничений по вводу компонентов.

ИВЦ получает от предприятия по телетайпу запрос на расчет какого-либо рецепта. При этом предприятие сообщает уточняющие данные о размере партии в тоннах, ограничениях по имеющимся компонентам, стоимости витаминной травяной муки, кормовых дрожжей, рыбной муки в зависимости от их класса, сорта либо содержания протеина.

Рецептуру рассчитывают по установленным программам на основании "Методических указаний по расчету рецептов комбикормов и БВД с применением ЭВМ", действующих инструкций. Непосредственно в технику расчетов заложены методы линейного программирования. Для оптимальной рецептуры требуется найти такую композицию компонен-

тов сырья, которая имеет количественные и качественные характеристики с регламентируемым НТД содержанием питательных веществ. Метод линейного программирования позволяет проводить расчеты рецептов по минимальной стоимости комбикорма при соблюдении всех установленных требований качества. В полной мере этот механизм выявляется в условиях конкуренции и при плавающих ценах на сырье.

Целевая функция расчета оптимальных рецептов выглядит так:

$$\sum_{j=1}^{j=n} C_j x_j \rightarrow \min, j = 1, 2, \ldots, n;$$

при ограничениях $\sum_{j=1}^{i=n} = a_{ij}\ x_j; i = 1, 2, \ldots, e_i m,$

где x_j – доля j-го компонента в единице искомой смеси; C_j – цена единицы j-го компонента; a_{ij} – содержание i-го питательного вещества в единице j-го компонента; e_i – минимально допустимый уровень i-го полезного вещества; n – число различных компонентов; m – число исследуемых питательных веществ в единице продукта.

При расчетах могут быть учтены также ограничения разового порядка типа лимитов на расход отдельных видов дефицитного сырья.

Для учета решений, проводимых ИВЦ по запросам предприятий, в вычислительном центре ведется накопительная информация по каждому предприятию отдельно, сохраняются копии расчетов. На каждый рецепт заводится своя карточка вариантов решений, что дает возможность в ряде случаев использовать их повторно.

В составе ИВЦ может работать специальная группа работников по взаимодействию с подразделениями управления хлебопродуктов – планово-экономическим, хлебофуражного снабжения, производственным и другими по вопросам ресурсов, цен на продукцию, стоимостным показателям, исполнению ассортимента, заказов потребителя. Это позволяет решить вопросы диспетчеризации, особенно дефицитных видов сырья, осуществлять контроль за выполнением всех планово-финансовых показателей и оказывать предприятиям своевременную помощь, т. е. влиять на конечный результат.

Результатом проведенного расчета является установление формулы рецепта, показателей питательности, стоимостных показателей (табл. 1).

1. БВД-60 для молочных коров

Сырье	Ввод компонента, %	Действующая цена, р/т	
		оптовая	сырья
Ячмень	20,5	91	18,66
Рожь	17,0	133	22,61
Дрожжи кормовые	4,5	640	28,00

Продолжение

Сырье	Ввод компонента, %	Действующая цена, р/т	
		оптовая	сырья
Шрот:			
кориандровый	5,0	13	0,65
соевый тостированный	9,0	25*	2,25
хлопковый	5,0	25*	1,25
Отруби пшеничные	25,0	33	8,25
Фосфат кормовой обесфторенный	2,0	156	3,12
Соль поваренная	1,0	26	0,26
Мука витаминная травяная гранулированная, 3-го класса	11,0	91	10,01
Итого	100		95,86
Оптовая цена предприятия			110
Цена без налога с оборота			112

* Цена на момент расчета.

Показатели качества

Кормовые единицы	92,41
Обменная энергия, ккал/100 г	217,01
Сырой протеин, %	20,04
Сырой жир, %	2,45
Сырая клетчатка, %	9,26
Лизин, %	0,89
Метионин + цистин, %	0,53
Триптофан, %	0,16
Ca, %	1,07
P, %	0,95
Na, %	0,56

Примером может служить и ряд исполнительных рецептов для конкретных комбикормовых заводов.

Комбикорм КК-80-36 для овцематок, % :

Ячмень	11,7
Рожь	20,0
Овес	20,0
Отруби пшеничные	35,0
Кормовой фосфат	1,3
Соль поваренная	1,0
Премикс 80-1	1,0
Итого	100

Показатели качества

Кормовые единицы	88
Обменная энергия, ккал/100 г	221
Сырой протеин, %	13,38
Сырая клетчатка, %	8,75
Лизин, %	0,5

Комбикорм СК-4 для поросят от 43 до 60 дней, % :

Ячмень	17,8
Пшеница	52,5
Шрот подсолнечный	5,1
Отруби	5,0
Мука рыбная	5,7
Мука травяная	2,0
Сахар	2,0
БВК	2,0
СОМ	6,0
Кормовой фосфат	1,3
Мел	0,6
Премикс КС-3	1,0
Итого	100,0

Показатели качества

Кормовые единицы	140,0
Обменная энергия, ккал/100 г	352,8
Сырой протеин, %	21,7
Сырая клетчатка, %	2,46
Лизин, %	1,2
Метионин + цистин, %	0,7
Са, %	1,43
Р, %	1,0
Na, %	0,37

Оптовая цена предприятия 419 р.

ЗЦМ (регенерированное молоко) **Р-2, % :**

Сухое обезжиренное молоко	31,80
Дрожжи кормовые экструдированные	25,11
Ячмень шелушеный пропаренный плющеный	11,82
Кукуруза желтая пропаренная плющеная	10,86
Жир кормовой эмульгированный	16,81
Дикальцийфосфат	1,40
Хлористый кальций	0,47
Соль поваренная	0,38
Бикарбонат натрия (сода)	0,28
Сера кормовая	0,09
Премикс	0,98
Итого	100

Показатели качества

Кормовые единицы	185,0
Сырой протеин, %	25,1
Сырой жир, %	18,0

На межхозяйственных комбикормовых заводах Запорожской области вырабатывают так называемые соломенно-концентратные кормосмеси, содержащие 50...60 % грубых кормов (солому, силос, сено). Например, на Веселовском межхозяйственном комбикормовом заводе вырабатывают кормовые смеси по следующим рецептам, % :

I. Солома	60	II. Травяная мука	15	III. Силос	20
БВД с АКД	20	Сено, солома	50	Солома	40
БВД 65-1 (КРС)	20	БВД 65-1 (КРС)	35	Комбикорм КРС	40
Сырой протеин (эквивалент)	14 %	Сырой протеин	8...9 %	Сырой протеин	5,5...6 %

Ряд предприятий перерабатывает кукурузу в початках (w = 35...40 %), в которую добавляют БВД или комбикорм, получая кормосмесь для КРС. Например, % : кукуруза в початках 50...60; БВД или комбикорм-концентрат 40...50 %.

Дондуковский межхозяйственный комбикормовый завод объединения "Краснодармежхозкомбикорм" вырабатывает комбикорма по различным рецептам без применения ЭВМ для их расчета.

Комбикорм К-65-23 для откорма КРС, % :

Горох	10
Зерновая смесь	5
Травяная мука	15
Отходы от подработки пшеницы	28
Дрожжи кормовые	1
Шрот подсолнечный	20
Жом сухой свекловичный	1
БВД 65-5-49	20
Итого	100

Показатели качества

Кормовые единицы	85,0
Сырой протеин, %	22,2
Сырая клетчатка, %	8,4

Цена за 1 т комбикорма-концентрата для хозяйств-пайщиков 190 р.

Рецепт комбикорма для поросят-сосунов применительно к комбикормовым заводам, построенным при техническом содействии фирмы "Джиза" (Италия), по твердо установленному соотношению компонентов, % :

Кукуруза экструдированная	19,0
Ячмень шелушеный экструдированный	40,0
Шрот соевый экструдированный	9,0
СОМ	15,0
Дрожжи кормовые экструдированные	10,0
Костная мука	0,3
Дикальций фосфат	1,0
Углекислый кальций	0,3
Соль поваренная	0,3
Бикарбонат натрия (сода)	0,05
Сернокислый магний	0,05
Жиры кормовые эмульгированные и стабилизированные	4,0
Премикс КС-3	1,0
Итого	100

Примечание. Состав жира кормового эмульгированного стабилизированного, % : жир говяжий – 48, свиной – 30, растительное масло – 17,23, фосфатидный концентрат – 4,27, холин-хлорид – 0,48, антиокислитель – 0,02.

Показатели качества	
Кормовые единицы	147,0
Сырой протеин, %	21,1
Сырая клетчатка, %	2,6
Сырой жир, %	6,3
Лизин, %	1,25
Фосфор, %	0,67

Из примеров видно, что комбикормовая промышленность выпускает как сложные по составу комбикорма, так и простые кормовые композиции, применяя для их решения ЭВМ и пользуясь жестко сформулированной рецептурой, разработанной в результате длительных зоотехнических опытов, учитывающих условия содержания животных, их породные генетические свойства, предусматриваемую продуктивность.

Качество комбикормов, БВД, кормовых смесей характеризуется большим числом показателей, конкретный перечень которых зависит от вида и назначения комбикорма и определяется НТД. Основные из них следующие: содержание кормовых единиц, обменной энергии, сырого протеина, жира, клетчатки, кальция, фосфора, натрия, лизина, метионина и цистина (в сумме); влажность; крупность размола, прочность, крошимость, водостойкость гранул (для рыб); содержание металломагнитных примесей; санитарная чистота (по наличию диаспор в 1 г продукта); отсутствие токсичности. Содержание основных элементов питания ограничивается в НТД "Не более" или "Не менее" или определяется пределами. Биологически активные вещества указывают точно по содержанию их в премиксах. Одни показатели, такие как влажность, сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, натрий (или поваренная соль), кальций, фосфор, могут быть точно указаны в сопроводительном документе о качестве, по данным химических анализов ПТЛ, другие – расчетно, по табличным данным (кормовые единицы, обменная энергия, лизин).

Таблицы показателей питательности всех основных видов сырья для подсчета их в комбикормах и БВД систематически уточняют.

Глава 2

ПОСТРОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОМБИКОРМОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ

Существует несколько принципов построения технологического процесса на комбикормовом заводе.

Последовательно-параллельная подготовка всех компонентов и одноразовое дозирование.

Компоненты к дозированию готовят раздельно, в одних линиях пос-

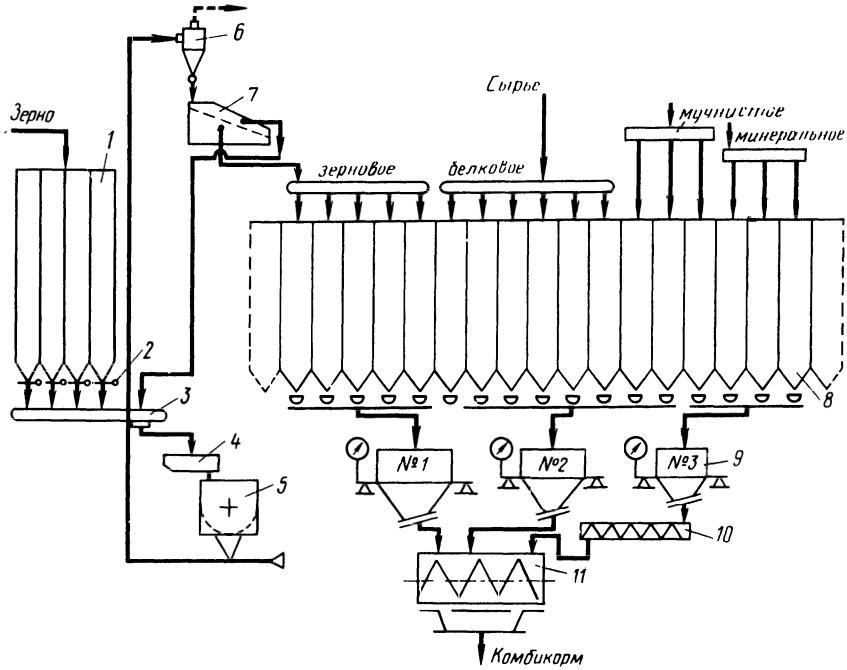


Рис. 2. Классическая технологическая схема:

1 – силосный корпус зернового сырья; *2* – задвижка; *3* – цепной конвейер; *4* – магнитный сепаратор; *5* – молотковая дробилка; *6* – циклон-разгрузитель; *7* – просеивающая машина; *8* – наддозаторные бункера; *9* – многокомпонентный весовой дозатор; *10* – шнек; *11* – смеситель порционного действия.

ледовательно, а в других – параллельно. Размещают их в наддозаторных бункерах (рис. 2). Этот способ иногда называют классическим, распространен он во многих странах. Отличается большим числом наддозаторных бункеров, способных вместить запас компонентов на 8...36 ч работы узла основного дозирования. Подготовительных линий в этом случае от 10 до 12 и более, коммуникации протяженные. Основной алгоритм работы можно сформулировать так:

стремиться к постоянному заполнению всех наддозаторных бункеров исходными компонентами на текущую выработку согласно исполняемому рецепту;

параллельно готовить дополнительные компоненты под следующую партию (рецепт) комбикормов, чтобы свести к минимуму потери времени при переходе с одного рецепта на другой.

К недостаткам классического принципа построения технологической схемы следует отнести большие затраты времени на подготовительные операции в начале смены, если наддозаторные бункера были пус-

тыми (например, до 2 ч 15 мин на комбикормовом заводе мощностью 500 т/сут в Славянске-на-Кубани).

Кроме того, при проведении сменных (декадных) зачисток очень сложно учесть массу остатков сырья в бункерах. Поэтому зачистку производственного корпуса проводят один раз в год.

На предприятиях, построенных по такому принципу, просматривается общая задача: как получить достоверную информацию об оперативном наличии сырья в наддозаторных бункерах, с тем чтобы синхронизировать его подачу и выработать стандартную готовую продукцию при зачистке (при переходе на выработку комбикорма по другому рецепту)?

Одно из решений, правда, громоздкое и малонадежное, - установка автоматических весов на всех потоках.

Классические схемы из-за многочисленных параллельных технологических линий насыщены основным, транспортным и вспомогательным оборудованием, в том числе аспирационным, работа которого требует больших затрат энергии.

Управлять работой производства, в современном понятии этого слова, становится сложнее, так как требуется получать и перерабатывать огромный объем информации.

Формирование предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья с повторным дозированием. Каждая из смесей обрабатывается в своем технологическом потоке. При использовании этого принципа могут возникать следующие варианты:

создается одна (две) из упомянутых смесей, что связано с конкретными задачами развития производства и очередностью проведения

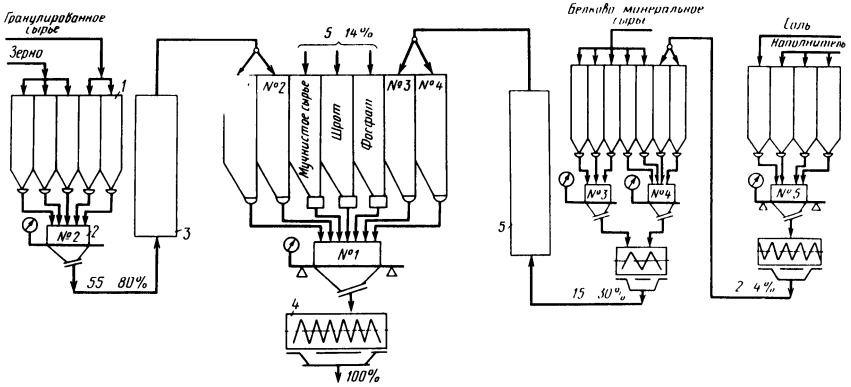


Рис. 3. Технологическая схема с формированием предварительных смесей:

1 – наддозаторные бункера; *2* – многокомпонентный весовой дозатор; *3* – обработка предварительной смеси; *4* – порционный смеситель; *5* – обработка предварительной смеси белково-минерального сырья.

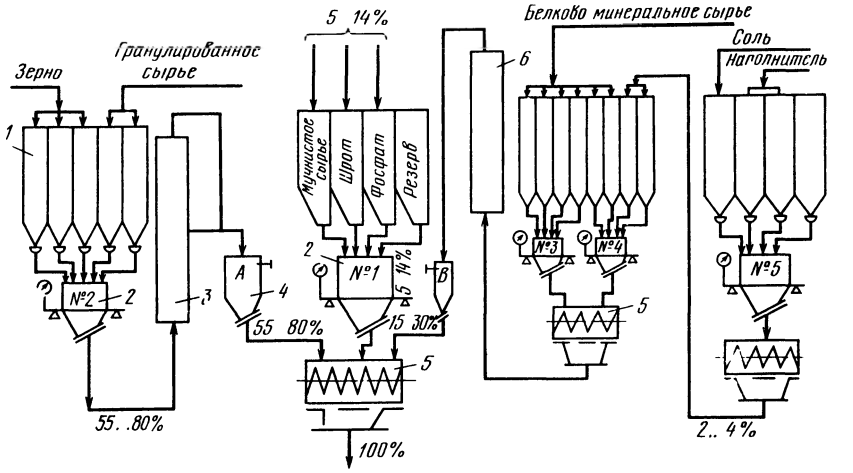


Рис. 4. Технологическая схема с формированием предварительных смесей с одноразовым дозированием и порционной обработкой этих смесей:

1 – наддозаторные бункера; *2* – многокомпонентный весовой дозатор; *3* – обработка предварительной смеси зернового и гранулированного сырья; *4* – бункер для предварительной смеси, устанавливаемый параллельно главному весовому дозатору (А – для подготовленного зернового и гранулированного сырья; В – то же, для белково-минерального); *5* – порционный смеситель; *6* – обработка предварительной смеси белково-минерального сырья.

работ по модернизации производства; остальные компоненты продолжают подготавливать на основе первого принципа;

сформированную смесь (смеси) направляют в наддозаторные бункера и далее на повторное дозирование через линию основного дозирования – смешивания (рис. 3). В этом случае предварительные смеси обрабатывают в потоке (измельчают, просеивают, отбирают металломагнитные примеси). Вместимость наддозаторных бункеров для предварительных смесей должна быть не менее 20...30 т.

К недостаткам схем с подготовкой предварительных смесей и их повторным дозированием (если при работе не используют правила кратности, синхронизацию работы линий и другие методы технологической подготовки производства) относят возникновение неучтенных остатков предварительных смесей, так называемых хвостов. Все это усложняет переход на выработку комбикорма с одного рецепта на другой, а также учет и отчетность.

Формирование предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья без повторного дозирования. Смесь (смеси) формируют в строгом соответствии с фактической вместимостью основного смесителя, т. е. порционно. Обработку в технологическом потоке проводят также порциями, в связи с чем неизбежна работа молотковых дробилок в нестационарном режиме, с холостым ходом в каждом цикле (рис. 4).

Полученную порцию (или порции) предварительных смесей, минуя повторное дозирование, через оперативный бункер малой вместимости (2...3 т) направляют непосредственно в основной смеситель. При таком построении технологического процесса бывшая основная линия дозирования атрофируется, в ней остается 2...3 компонента (мучнистое сырье, шроты, возможно, кормовые фосфаты) и несколько бункеров, выходящих на один многокомпонентный дозатор.

Достоинства технологических схем с явно выраженной порционной работой – в малой инерционности, быстрой реакции на управляющее воздействие, отсутствии неучтенных остатков сырья, в возможности перехода на выработку комбикорма по другому рецепту с минимальными потерями времени.

К недостаткам схем, построенных по третьему принципу, относят периодическую работу дробилок на холостом ходу в каждом цикле. Это обстоятельство повышает вероятность возникновения "хлопка" в дробилках, так как согласно теории в каждом цикле дважды, при выходе на режим и при сходе с него, образуются взрывоопасные концентрации измельчаемого продукта.

Для устранения этого недостатка можно работать с неявно выраженными циклами (опыт Раменского комбината хлебопродуктов), не допуская выхода дробилок на холостой ход. В этом случае нагрузка главного электродвигателя снижается до 30 % номинальной, отвес компонентов следует за отвесом с минимально возможным интервалом, а в случае нарушения ритма датчики верхнего уровня, вмонтированные в бункера *А* и *В* (см. рис. 4), заблокируют работу многокомпонентных весовых дозаторов № 1 или № 3 и 4. Ситуация, когда в бункерах *А* и *В* окажется по два отвеса при хорошо отлаженном производстве, может сложиться только в случае аварийной остановки одной из дробилок.

По сравнению с аналогичной схемой, в которой использовано повторное дозирование, практически при том же числе оборудования производительность технологического потока при данном построении ниже на 34...47 %. Эти данные получены при анализе возможностей технологической схемы Клинского комбикормового завода мощностью 1000 т/сут. Усовершенствование метода управления ходом технологического процесса может несколько улучшить эти данные, но они останутся все же на 25 % меньше производительности схем с непрерывным измельчением и повторным дозированием.

Прямоточный метод. Все компоненты дозируют и обрабатывают в потоке вплоть до выпуска порции готовой продукции. Схема (рис. 5) максимально прямоточна, рассчитана на использование очищенного технологического сырья. Строится она сверху вниз, хорошо вписывается в высокие здания, отличается минимумом подъемов и малыми удельными энергозатратами на производство 1 т комбикорма. В схеме может быть реализовано одно- и двухступенчатое измельчение; смеситель-усреднитель может отсутствовать, если конструкция молотковых дробилок позволяет одновременно с измельчением выполнять и смешивание.

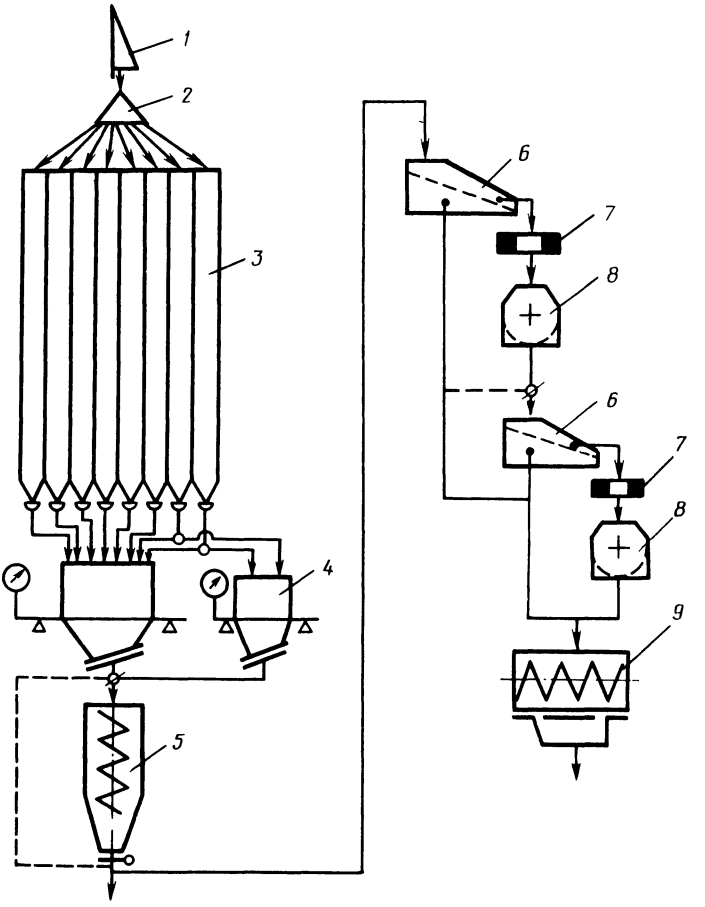


Рис. 5. Прямоточная технологическая схема:

1 – **нория;** *2* – **поворотный круг;** *3* – **силосы;** *4* – **многокомпонентный весовой дозатор;** *5* – **смеситель-эгализатор (усреднитель);** *6* – **просеивающая машина;** *7* – **магнитная колонка;** *8* – **молотковая дробилка;** *9* – **смеситель порционного действия.**

Достоинство – это полное использование принципа прямоточности в зданиях большой высоты. К недостаткам следует отнести необходимость применения полностью подготовленного, очищенного сырья.

Общая тенденция в развитии технологии производства комбикормов – движение от схем первого принципа к схемам четвертого через различные варианты второго и третьего. Оценочным показателем в выборе той или иной схемы следует считать возможность создания надежного и простого управления технологическими процессами.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ СХЕМ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Наиболее типичная задача технологических схем классического принципа заключается в рациональной организации измельчения (и подготовки) зернового сырья.

Пример. Требуется выработать партию комбикорма по рецепту ПК-4 в размере 300 т. Согласно данным ИВЦ в исполнительный рецепт входят (%): ячмень – 38, пшеница – 19, овес – 10, рожь – 5, рис-крупа I сорта – 4 (всего 76 %). Из схемы (рис. 6) видно, что пять компонентов необходимо подать по двум параллельным линиям, в шесть наддробильных бункеров, измельчить в четырех молотковых дробилках А1-ДДР и передать в наддозаторные бункера. Привязка бункеров к дробилкам не представляется оптимальной.

Ставятся следующие пять задач:

свести время подготовительных операций к минимуму, с тем чтобы высвободить максимум времени для выпуска продукции на основной линии;

обеспечить рациональную загрузку молотковых дробилок, сведя их работу на холостом ходу к минимуму;

установить рациональную очередность подачи компонентов на измельчение;

определить алгоритм работы наддробильных и наддозаторных бункеров;

рассчитать время, необходимое для выполнения задания.

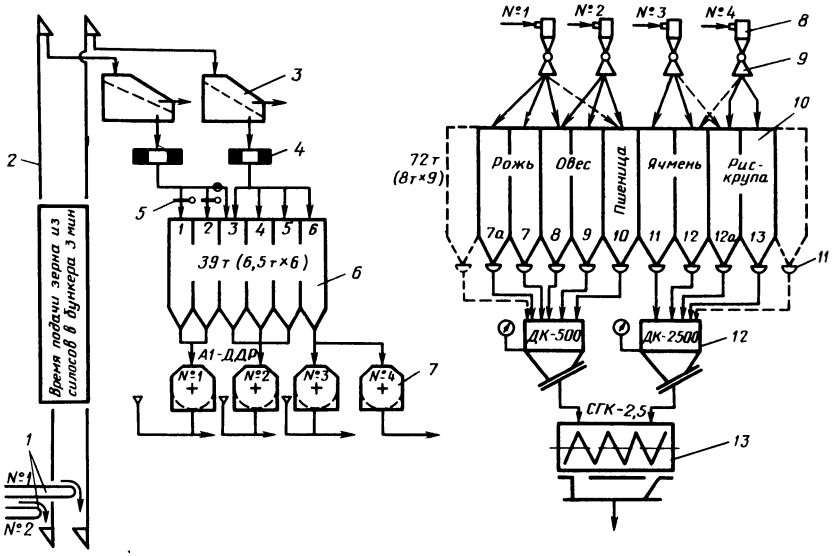


Рис. 6. Пример построения технологической схемы по классическому принципу:

1 – конвейеры; *2* – нория; *3* – сепаратор; *4* – магнитная колонка; *5* – задвижка; *6, 10* – бункера; *7* – молотковая дробилка А1-ДДР; *8* – циклон-разгрузитель; *9* – поворотная труба; *11* – питатель; *12* – многокомпонентный весовой дозатор; *13* – смеситель СГК-2,5.

Решение. Для выработки 300 т комбикорма по рецепту ПК-4 необходимо взять из силосного корпуса определенное количество зерна, без учета механических потерь и усушки (табл. 2).

2. Расчет количества компонентов

Компонент	Ввод, %	Расход компонента, т	Производительность, т/ч	
			подачи из корпуса	измельчения в А1-ДДР
Ячмень	38	114	45	8,5
Пшеница	19	57	50	10,0
Овес	10	30	40	7,0
Рожь	5	15	45	8,0
Рис-крупа I сорта	4	12	50	9,5
Всего	76	228		

С учетом производительности подачи и данных о работе молотковых дробилок время, требуемое на передачу и измельчение компонентов, приведено в таблице 3.

3. Время на передачу и измельчение компонентов

Компонент	Время на перекачку, ч	Техническое время на измельчение, ч
Ячмень	2,53	13,40
Пшеница	1,14	5,70
Овес	0,75	4,28
Рожь	0,33	1,88
Рис-крупа I с.	0,24	1,26
Всего	4,99 ≈ 5 ч	26,52 дробилко-час

Работу по передаче сырья в производственный корпус можно строить:

точно учитывая расход компонентов под выданное задание на автоматических порционных или ленточных весах, управлять которыми целесообразно дистанционно, с центрального пульта или при помощи ЭВМ;

количество подаваемого сырья учитывать приблизительно, стремясь, чтобы поддозаторные бункера были полными; в этом случае при переходе на выработку комбикорма по другому рецепту часть бункеров будет заполнена ненужными для этого рецепта компонентами, осложнятся вопросы учета.

Для расчета алгоритма работы бункеров необходимо знать часовой расход на дозирование каждого компонента (для точного решения второй части задачи). Чтобы

выполнить задание (300 т), смеситель СГК-2,5 при загрузке по 2,4 т должен сделать 125 замесов. При стандартном цикле замеса 6 мин выполнение задания потребует 12,5 ч чистого времени дозирования – смешивания, производительность линии составит 24 т/ч. Расход зерновых компонентов на дозирование, т/ч:

ячмень	9,12	рожь	1,2
пшеница	4,56	рис-крупа I с.	0,96
овес	2,4		
		Всего	18,24

Начнем подготовку с малых компонентов, чтобы затем упростить задачу и свести ее к меньшему числу переменных.

После предварительной оценки, связанной с построением схемы, можно принять следующие первоочередные действия:

рис-крупу подавать по конвейеру № 2 в бункер № 6, измельчать в двух дробилках № 3 и 4 и разместить все 12 т в бункерах № 12а и 13;

рожь в количестве 15 т подавать по конвейеру № 1 в бункер № 1 и измельчать в дробилке № 1. Затем полностью разместить в наддозаторных бункерах № 7а и 7, вместимостью 16 т.

Для измельчения 12 т риса-крупы необходимо 0,63 ч (12 : 19), а для подачи в надробильные бункера – 0,24 ч. Если считать, что молотковые дробилки № 3 и 4 будут включены в работу через 5 мин после начала подачи зерна по коммуникациям (включая 3 мин перемещения до попадания в бункер № 6), заполнение этого бункера произойдет за время

$$t = \frac{E - E_x}{q_1 - q_2},$$

где $E = 6{,}5$ т; $E_x = 1{,}7$ (заполнение за 2 мин); $q_1 = 50$ т/ч – подача в бункер; $q_2 = 19$ т/ч – производительность двух дробилок при измельчении риса-крупы.

$$t = \frac{6{,}5 - 1{,}7}{50 - 19} = 0{,}15 \text{ ч}.$$

Следовательно, непрерывная подача невозможна. С опережением на 3 мин до полного заполнения бункера следует закрыть подсилосную задвижку (рис. 7), а затем вновь ее открыть (точки *A* и *B*). Через 35 мин линия будет готова для подачи следующего компонента, а через 45 мин высвободятся дробилки № 3 и 4, через 47 мин бункера № 12а и № 13 будут заполнены (12 т). К этом времени необходимо подготовиться к измельчению следующего компонента – 30 т овса.

Параллельно проводилась работа по подготовке 15 т ржи. Время работы дробилки № 1 должно быть 1,9 ч. Поскольку бункеров над дробилкой два (13 т), подачу можно произвести за один раз, так как максимальное заполнение бункеров № 1 и 2 ожидается 13,2 т. Через 2 ч 04 мин с начала смены рожь будет полностью подготовлена к дозированию, через 2 ч дробилка № 1 будет высвобождена для выполнения другой операции.

Овес подается по конвейеру № 2 (точка *1*) в бункера наддозаторные № 3, 4 и 5 (19,5 т) и далее в дробилку № 2, бункера № 8 и 9. Производительность подачи 40 т/ч, измельчения – 7 т/ч. Для измельчения необходимо всего 4,3 ч. Поскольку вместимость наддозаторных бункеров № 8 и 9 всего 16 т, можно ожидать появления крити-

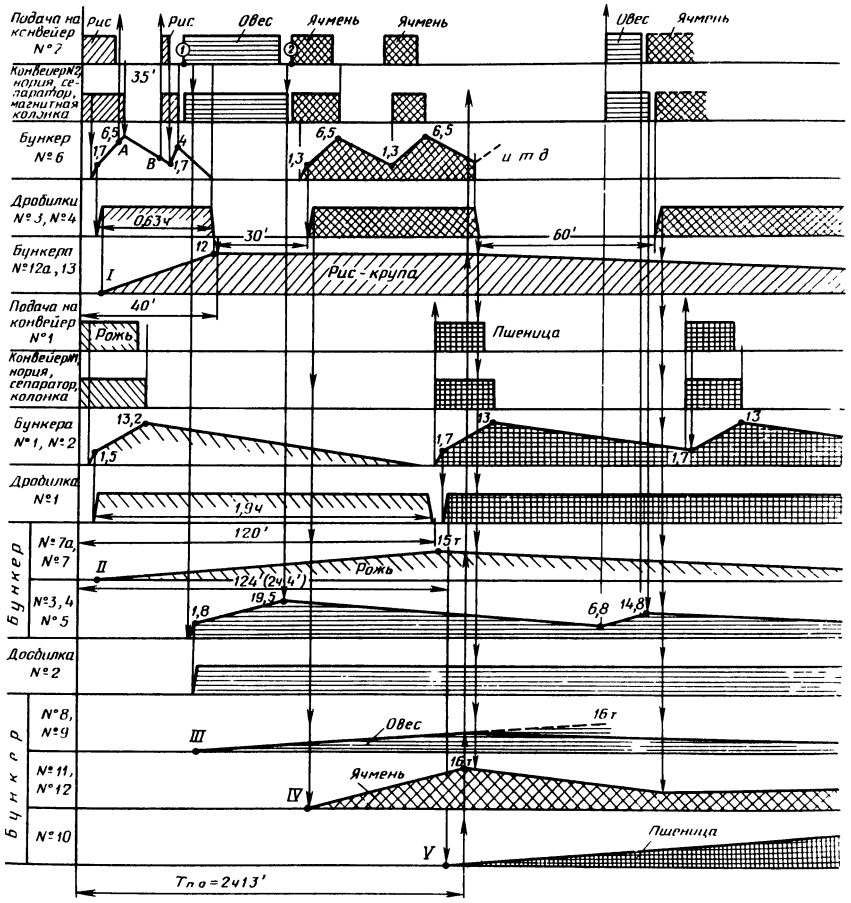


Рис. 7. Циклограмма подготовки зернового сырья по классической схеме.

ческой ситуации через 2,3 ч, если дозирование еще не будет начато. Если оно уже начнется, критическая ситуация отодвинется.

Время до заполнения наддробильных бункеров $t = (6{,}5 \cdot 3 - 1{,}33) : (40 - 7) = 0{,}55$, или 33 мин.

В это время подача овса на конвейер № 2 должна быть остановлена и возобновлена, например, через 1 ч 52 мин, когда в бункерах останется всего 6,8 т и они смогут принять остаток овса в 8 т.

Теперь задача свелась к двум переменным: подготовка 114 т ячменя и 57 т пшеницы. Ячмень целесообразно направить через бункер *6* (конвейер № 2) на дробилки № 3 и 4 (№ 3 – в бункер *11*; № 4 – в бункер *12*), а пшеницу через бункер *10*.

В соответствии с представленной циклограммой время проведения подготовительных операций составило 2 ч 13 мин.

Рациональную загрузку молотковых дробилок организовать при данной схеме невозможно. Это относится прежде всего к дробилкам № 3 и 4, которые после измельчения риса-крупы имели холостой ход (или останов) 30 мин, а затем при измельчении ячменя из-за переполнения бункеров *11* и *12* также переведены в режим холостого хода. При включении в работу узла дозирования эти бункера будут практически полными. Дробилки можно остановить, например, на 1 ч. После этого повторная критическая ситуация наступает через $t = (16 - 9{,}12) : (10 - 9{,}12) = 7{,}8$ ч.

Рациональная подача компонентов сводится к упрощению задачи управления. Для этого необходимо в первую очередь подготовить компоненты, входящие в рецепт в небольших количествах, причем лучше всего использовать линии с большей производительностью дробилок и бункера большой вместимости. Компоненты, входящие в рецепт в больших количествах, подготавливать в последнюю очередь, используя бункера меньшей вместимости и уравнивая подачу зерна и его расход.

Общее время выполнения задания сложится из подготовительного (2 ч 13 мин) и времени дозирования – смешивания (12 ч 30 мин), т. е. примерно 14 ч 45 мин, что соответствует производительности завода 430...450 т/сут.

Разбор примера показал трудности эксплуатации схем данного типа. В конкретном случае эти трудности усугубляются малой вместимостью наддробильных и особенно наддозаторных бункеров, неудачными коммуникационными привязками. Существует и некоторое противоречие между большой производительностью транспортного оборудования (40...50 т/ч) и небольшой – дробилок.

Анализ схем этого типа приводит к еще одному выводу: чем больше подготовительное время, тем производительнее должен быть узел основного дозирования – смешивания, так как потерянное при подготовительных операциях время целесообразно компенсировать.

В схемах с формированием предварительных смесей также приходится решать следующие задачи: организация работы без неучтенных остатков; сокращение до минимума времени выполнения подготовительных операций; условия возможности работы узла (линии, цеха) приготовления белкового и минерального сырья в 1...2 смены; влияние соотношения компонентов в предварительной смеси (поваренная соль – наполнитель) на точность дозирования; обеспечение точного ввода премиксов, карбамида, метионина, лизина; расчет оптимальной загрузки дозаторов и смесителей, числа замесов (отвесов), позволяющий работать без "хвостов"; оптимальная загрузка молотковых дробилок; обоснование вместимости и числа бункеров.

По существу все задачи можно объединить в две: первая – поиск оптимальных режимов работы для конкретной технологической схемы со всеми ее недостатками и вторая – поиск рациональных технологических решений при проектировании или совершенствовании схемы.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Полный перечень технологических линий комбикормового предприятия определен Правилами организации и ведения технологического процесса, периодически пересматриваемыми и уточняемыми. Основные из них такие: 1) зернового сырья (может быть несколько параллельных); 2) отделения пленок от овса и ячменя; 3) мучнистого сырья (отруби, мучки); 4) витаминной травяной муки (рассыпной или гранулированной раздельно); 5) кормовых продуктов пищевых производств; 6) шротов; 7) прессованного и кускового сырья; 8) обработки сырья в таре; 9) подготовки поваренной соли; 10) подготовки кормового мела и другого сырья минерального происхождения; 11) ввода мелассы (гидрола, жидкого концентрата кормового лизина); 12) ввода кормового жира (растительного масла, рыбного жира); 13) ввода премиксов (приготовления и ввода обогатительных смесей); 14) ввода карбамида (в сухом виде, в виде раствора мелассы с карбамидом, карбамидного концентрата); 15) дозирования и смешивания; 16) гранулирования; 17) влаготепловой (тепловой) обработки сырья; 18) размещения, хранения и отпуска готовой продукции; 19) предварительных смесей белковых трудносыпучих компонентов; 20) предварительных смесей зернового, гранулированного и другого сырья.

Кроме указанных, могут быть и другие линии, например линия приготовления предварительной смеси поваренной соли с наполнителем; линия ввода поваренной соли в виде насыщенных растворов, линия приема и ввода минеральных премиксов (МПР) или витаминно-аминокислотных (ВАП).

В целом число линий на предприятии зависит от принципа построения схемы, мощности предприятия, ассортимента вырабатываемой продукции, перерабатываемого сырья и его товарных форм.

Практически каждая из указанных линий может быть построена несколькими различными способами в зависимости от применяемого оборудования, назначения вырабатываемой продукции, требований к его качеству, наконец, традиций.

Линия подготовки зернового сырья. Может включать одно- или двухступенчатое измельчение, специально выделенные молотковые дробилки для тонкого измельчения. Практикуется измельчение каждого вида зерна в отдельности или смеси зернового и гранулированного сырья, что благоприятно влияет на загрузку молотковых дробилок.

Линия отделения пленок от овса и ячменя. Строят по одному из таких способов:

измельчение зерна с последующим отсеиванием пленок;

шелушение в обоечных машинах или шелушильных поставах с последующим отвеиванием пленок в аспираторах;

шелушение в универсальных машинах с непосредственным удалением пленок.

Линия витаминной травяной муки. Мука поступает в рассыпном либо гранулированном виде. В первом случае она приходит в бумажных

мешках и после трехсуточной отлежки под навесом ее перемещают в склад.

В складе напольного типа должна быть оборудована приемная точка всасывающей пневмотранспортной установки с растарочным шкафом, прессом для тюкования бумаги. На ряде предприятий стимулируют возврат бумажной тары в оборот, доплачивая рабочим за возврат годной тары.

Гранулированную муку принимают по зерновой линии и хранят в складе силосного типа. Переработку организуют либо в смеси с зерновым сырьем, либо самостоятельно. В последнем случае применяют двухэтапное измельчение: на первом этапе – валковый измельчитель, на втором – молотковую дробилку.

Линия шротов. Целесообразно предусмотреть просеиватель для разделения на крупную и мелкую фракции, магнитное сепарирование, молотковую дробилку для измельчения сходов. В ряде случаев отсутствует разделение шротов на фракции, при этом весь продукт направляют в молотковую дробилку. Если при этом комбикорм гранулируют, такое решение можно признать приемлемым. Если комбикорм выпускают в рассыпном виде, налицо переизмельчение продукта, неоправданный перерасход электроэнергии.

Линия подготовки прессованного и крупнокускового сырья. В ней предусматривают установку специальных измельчающих машин для предварительного, грубого измельчения – жмыхоломачей, а затем обычных молотковых дробилок. Эта линия встречается все реже, поскольку крупнокусковое и прессованное сырье (например, брикеты рыбной муки) нетехнологично и уступает место гранулированному сырью.

Линия сырья в таре. Обработку сырья в бумажных мешках целесообразно вести с применением мешкорастарочных машин. Устанавливают их в транспортной цепи после выгрузки мешков из железнодорожных вагонов. Растаренный продукт можно хранить в небольших оперативных бункерах по 10...12 т, расположенных в складе.

Другой вариант предусматривает заполнение внутрискладских оборотных контейнеров, которые перемещают затем электропогрузчиками или тельферами. Если сырье поступает большими партиями и оперативных бункеров недостаточно, мешки складывают на поддоны, транспортируют на хранение погрузчиками, а затем вновь подвозят по мере необходимости к точкам растаривания.

Сырье в льняных и джутовых мешках складывают и перемещают на поддонах, растаривают вручную в специальных шкафах.

Линия подготовки поваренной соли. Соль выгружают из железнодорожных вагонов машинами МВС и хранят в отсеках склада. После грубого измельчения ее можно подсушивать горячим воздухом в пневмотрубе, смонтированной непосредственно над молотковой дробилкой. Такое решение позволяет применять пневмоклассификацию. В этом случае молотковая дробилка может работать без сита, так как выход соли осуществляется вверх.

Сушат соль и в барабанных сушилках топочными газами, и в сушилках виброкипящего слоя горячим воздухом, подогреваемым паром в калориферах. Кроме того, применяют контактную сушку – смешивание с сухим наполнителем (шротами, отрубями). Однако лучшим решением следует считать поставку соли кормовой в технологичном виде – в смеси со специальными добавками.

Линия мела кормового. Мел может поступать сухомолотый либо влажный, требующий сушки. Для этого применяют различные сушилки. Переход на использование известняковой муки снимает проблемы сушки и выдвигает новые – применение аэрозольного транспорта, бункерное хранение, герметизацию.

Линии ввода мелассы. Состоят из приемных резервуаров (как правило, заглубленных), мелассопровода, расходных вместимостей, фильтров, насосов, счетчиков-расходомеров. Меласса при нормальной и пониженной температуре – вязкотекучая жидкость. При подогреве выше 50 °С в ней идут сахароаминные реакции, которые приводят к закупорке материалопроводов. При более высоких температурах происходит карамелизация сахаров. Работа с мелассой трудоемка. Одна из задач – приближение мелассохранилищ к производственным корпусам. Например, можно использовать заводскую цистерну, курсирующую между мелассохранилищем и оперативной емкостью. В этом случае не нужны межцеховые трубопроводы.

Для ввода мелассы в комбикорм на современных предприятиях используют мелассосмесители непрерывного действия, устанавливаемые после порционных смесителей перед гранулированием. Смесители могут быть вертикальные каскадного типа либо быстроходные горизонтальные. Мелассосмесители устанавливают также непосредственно перед отпуском рассыпного комбикорма на транспорт.

Заслуживает распространения опыт Оренбургского комбикормового завода по хранению мелассы в подземных железобетонных резервуарах большой емкости, максимально приближенных к производственному корпусу.

Линия приемки, подготовки и ввода кормового жира. Она включает перекачку расплавленного жира из изотермических транспортных цистерн в танки хранения либо вытапливание жира из бочек в жиротопках; подогрев жира и его подачу в расходные вместимости, очистку в фильтрах-ловушках, впрыскивание в прессы-грануляторы, основной порционный смеситель либо на поверхность гранул. В линию включают насосы-дозаторы, расходомеры, подогреватели, термометры, средства автоматизации и управления.

При вводе в прессы-грануляторы жир можно распылять паром в смесителе-кондиционере или даже в питателе, что увеличивает время контакта жира с комбикормом и улучшает качество гранул.

Линия ввода премиксов. Бумажные мешки с премиксами растаривают вручную в специальных шкафах, премикс транспортируют в надозаторные бункера и дозируют на многокомпонентных весах либо объемными дозаторами (на заводах старого типа). Если премиксы

доставляют комбикормовозами бестарным способом или в контейнерах (предприятия Латвийской ССР, Болшевский комбикормовый завод), их принимают в оперативные бункера с последующей передачей в наддозаторные. Центральные вопросы в использовании премиксов: точность дозирования с оценкой не ниже "хорошо" и соблюдение правил хранения и использования, гарантирующих ввод их в комбикорма строго по назначению.

Линия ввода карбамида. Может быть трех вариантов:

первый – ввод сухого карбамида – смешивание гранул карбамида с наполнителем, например мелом. Смесь измельчают в молотковой дробилке и вводят с применением весовых или объемных дозаторов строго по расчету. Это наиболее простой вариант, не требующий специального оборудования. При соответствующей дисциплине и ответственности обслуживающего персонала, а также выработки комбикормов с карбамидом по определенным дням в течение месяца он дает положительный результат;

второй – ввод карбамида с мелассой. Карбамид растворяют в подогретой мелассе (можно добавлять ортофосфорную кислоту) с использованием специального оборудования порционного или непрерывного действия;

третий – производство карбамидного концентрата экструзией крахмалсодержащего сырья, карбамида и бентонита натрия в соотношении 75:20:5. Полученный продукт охлаждают, измельчают и в дальнейшем вводят в состав комбикорма для взрослых жвачных животных.

Последний способ предпочтительнее, поскольку позволяет несколько увеличить норму скармливания карбамида животным.

Линия дозирования – смешивания. Это – центральная линия всего комбикормового производства. При соответствующем качестве сырья ее работа во многом определяет качество выпускаемой продукции. В зависимости от принципа построения схем может быть один или несколько узлов дозирования – смешивания. В каждом из узлов устанавливают один дозатор либо батарею из двух–четырех многокомпонентных весов; в линии (потоке) может быть один-два смесителя, установленных последовательно или параллельно.

От компоновки узла дозирования – смешивания зависит его производительность, которая во многом определяет производительность завода (цеха) в целом.

Линия гранулирования. При сухом способе влажность прессуемой массы достигает 18 %. Построение его трафаретно – пресс-гранулятор, охладитель (вертикальная колонка, горизонтальный двух- или четырехъярусный охладитель, каскадный аппарат), валковый измельчитель, просеиватель для отбора крошки либо классификатор для получения крупки одного или нескольких номеров. Линия состоит из ряда параллельно установленных машин, что позволяет обеспечить от 30 до 100 % гранулирования рассыпного комбикорма. Наиболее правильным следует считать установку такого числа прессов, которое обеспечило бы гранулирование в потоке всех рассыпных комбикормов. Например, на

Алитусском комбикормовом заводе в Литовской ССР установлено 10 прессов ДГ-I, что дает возможность гранулировать 50...60 т/ч продукции. Исключение составляют те комбикормовые предприятия, от которых требуют комбикорма только в рассыпном виде, например для свиноводческих комплексов, использующих влажный способ кормления.

Различаются линии гранулирования конструкциями прессов, их техническими и эксплуатационными характеристиками (производительностью, диаметром и качеством гранул, возможностью ввода жира, удобством замены матриц и роликов).

При влажном способе влажность прессуемой массы достигает 30...32 %. В этом случае применяют более длительное кондиционирование паром и горячей водой одновременно, вместо матричных прессов-грануляторов используют варочные экструдеры с удлиненным рабочим трактом. Поскольку гранулы выходят с повышенной влажностью, их сушат в виброкипящем слое и только потом охлаждают.

Влажное гранулирование применяют при производстве комбикормов для рыб, пушных зверей, домашних животных (кошек и собак). Способ позволяет, в частности, получать "легкие" плавающие и зависающие в толще воды гранулы.

Линия влаготепловой и тепловой обработки (ВТО, ТО). В аппаратурном оформлении ее много вариантов, зависящих прежде всего от самого принципа ВТО. Различают, кроме гранулирования, которое тоже относится к этому разделу, следующие варианты ВТО и ТО:

поджаривание ячменя (с увлажнением, пропариванием или без него);

экструдирование зерна, зернобобовых, зерна и отрубей совместно;

пропаривание и плющение зерна;

взрыв в кипящем слое или пневмотрубе – получение "взорванных" хлопьев;

микронизация – обработка инфракрасными лучами зерновых и зернобобовых компонентов с последующим плющением рифлеными вальцами;

сухая экструзия – одноразовое или двухразовое гранулирование очищенного целого зерна без увлажнения в матричных прессах с последующим измельчением гранул;

тостирование соевого шрота в специальных аппаратах-тостерах для инактивации ядовитого соина и антипитательных веществ, ингибиторов пищеварительных ферментов пепсина и трипсина;

агломерация рассыпного комбикорма для укрупнения его пылевидных частиц, повышения санитарной чистоты, уменьшения распыла.

Каждый из упомянутых способов ВТО и ТО требует специальных аппаратов, машин, вспомогательного оборудования. Те линии, в которых применяют открытое пламя: микронизация (по одному из вариантов сжигания природного газа в самом аппарате), поджаривание и "взрыв", – выполняют в отдельных помещениях, удаленных от основного производства.

Линии размещения, хранения и отпуска готовой продукции. Главное

при размещении – не допустить смешивания комбикормов различного назначения. Хранение согласно нормам технологического проектирования должно предусматривать запас силосов и напольных складов на пять суток работы предприятия. Наиболее слабое звено рассматриваемой линии – отпускные устройства. Это связано с использованием комбикормовозов различных конструкций – АСК-5, АСК-10, АСП-25. В ряде мест применяют двухбаночные муковозы, кормовозы местных конструкций, используют автотранспорт общего назначения, принадлежащий колхозам и совхозам. Грузоподъемность этих автотранспортных средств необходимо использовать полностью с точным установлением массы отпускаемых комбикормов.

Самым прогрессивным решением следует считать отпускные устройства проездного типа со встроенными в них автомобильными весами большой грузоподъемности и автоматической регистрацией массы тары, брутто, нетто. При загрузке железнодорожных вагонов через верхние люки необходимо также взвешивать подаваемый комбикорм, например на ленточных весах непрерывного действия. Эти вопросы разработаны недостаточно.

Представляет проблему и упаковка комбикормов в тару для досрочного завоза в районы Крайнего Севера, а также для продажи населению. Их надо решать с учетом комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ (ПРТС-работ).

Линия предварительных смесей. Особенность ее заключается в рациональном использовании наддробильных и наддозаторных бункеров. В старых схемах "классического" типа много небольших бункеров. В схемах с линиями предварительных смесей, наоборот, нужно несколько бункеров большой вместимости. Использование линий предварительного дозирования – смешивания требует в принципе изменения объемно-планировочных решений.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

Производство комбикормов, БВД, премиксов, карбамидного концентрата состоит из ряда технологических операций, выполняемых с отдельными видами сырья, смесями, полупродуктами и готовой продукцией. Некоторые операции встречаются лишь один раз, другие выполняют параллельно и многократно в различных технологических линиях. Основные технологические операции следующие:

прием и размещение сырья на хранение: сюда относят разгрузку грузов в таре, растаривание, укладку на поддоны, формирование штабелей, операции с высвободившейся тарой, размещение сырья по бункерам, отсекам, складам, силосам в зависимости, например, от показателей качества, прием и размещение сырья, прибывающего россыпью, с применением различных средств механизации;

отбор проб от поступающих партий сырья, входной контроль качества по установленным показателям (силами ПТЛ);

передача сырья в производство с оформлением документов;

сепарирование – это очистка сырья от посторонних и случайных примесей, просеивание, выделение металломагнитных примесей, разделение на фракции для дальнейшей раздельной переработки, ситовой контроль качества продуктов измельчения, гранул, крупки, готового рассыпного комбикорма;

измельчение сырья с применением молотковых дробилок, жмыхоломачей, камнедробилок, реже дезинтеграторов, вальцовых станков, валковых измельчителей, зубчатых, штифтовых и других машин ударно-истирающего действия; в ряде случаев используют специальные машины для тонкого измельчения, струйные мельницы (для солей микроэлементов);

дозирование с применением объемных, весовых дозаторов непрерывного и дискретного действия;

смешивание в смесителях непрерывного и дискретного действия, вертикальных и горизонтальных, быстроходных и тихоходных; смешивают сухие компоненты или сухие с добавлением жидких;

сушка, охлаждение – это этапы одного процесса сушки соли, мела, экструдата, гранул, отрубей, в ряде случаев зерна;

гранулирование, экструдирование; основная их цель – получение готового продукта;

шелушение пленчатых культур – овса, ячменя;

ввод жидких компонентов – мелассы, гидрола, жира, растительного масла, рыбного жира, гидролизатов, растворов мелассы и карбамида, насыщенного раствора поваренной соли, воды;

влаготепловая и тепловая обработка отдельных видов сырья – поджаривание, экструдирование, пропаривание и плющение, сухая экструзия, микронизация и т. д.;

упаковка готовой продукции;

складирование, хранение и отпуск потребителям готовой продукции в рассыпном (бестарном) и упакованном виде;

контроль качества выработанной продукции по гостируемым показателям.

От качества выполнения технологических операций зависит качество готового продукта, формирование показателей, определенных нормативно-технической документацией, потребительские свойства комбикормовой продукции, удельные затраты тепловой и электрической энергии, себестоимость выпускаемой продукции.

Каждая технологическая операция (процесс) изучена в той или иной степени, известны закономерности их протекания, оптимальные режимы, влияние на ход процесса и конечный результат различных факторов, общая технологическая эффективность. Мы располагаем данными о возможностях управления большинством технологических операций. В ряде случаев для этого используют локальные пульты с ручным или автоматизированным управлением.

В отличие от технологических операций построение и функционирование технологических линий в первую очередь зависит от их пропускной способности, производительности. Вопросы качества в работе

линий заключены в технологических режимах. Например, качество процесса смешивания в порционном смесителе типа А9-ДСГ (БСГ) определяется в основном временем смешивания, устанавливаемым в пределах 4 мин; качество гранул, вырабатываемых прессом-гранулятором типа ДГ, – составом комбикорма, крупностью размола компонентов, давлением и расходом пара, качеством пара, рабочим зазором между роликами и матрицей, степенью их износа, вводом жидких добавок. При условии стабилизации известных параметров качество операции должно быть гарантировано.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Прежде чем приступить к производству комбикормовой продукции, проводят инженерную (технологическую) подготовку производства. Она предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий, выполняемых до включения производства в работу.

Обычно до начала работы сырьем заполняют оперативные силосы, подготавливают перфокарты для управления многокомпонентными весами, устанавливают в молотковых дробилках сита с отверстиями требуемого диаметра, заменяют матрицы в прессах-грануляторах. Необходимо проконтролировать исправность всего технологического, транспортного и вспомогательного оборудования, работу силовых цепей и цепей управления.

Инженерная (технологическая) подготовка производства включает и такие понятия, как расчет-прогнозирование хода технологического процесса в течение смены (суток) для выявления места и времени появления критических ситуаций, нахождения способов их избежания или "смягчения", сокращения непроизводительных внутрисменных простоев, и в итоге – оптимизацию хода процесса.

Оптимизация хода производства применительно к комбикормовым заводам может быть сведена к трем основным факторам: максимальной выработке продукции по данному рецепту за анализируемый период времени (смену, сутки);

минимальному времени, затрачиваемому на выработку установленного задания (в тоннах) по данному рецепту;

минимальным потерям времени при переходе с выработки комбикорма одного рецепта на другой.

При проведении расчетов, направленных на поиск оптимальных режимов работы, можно решать и ряд задач практического значения:

сведение к минимуму работы транспортного оборудования на холостом ходу;

сведение к минимуму работы энергоемкого измельчающего оборудования на холостом ходу или обоснование режима работы с максимальной загрузкой дробилок;

сведение к минимуму времени подготовительных операций, предшествующих включению в работу линии основного дозирования – смешивания, а также линий подготовки предварительных смесей;

оценка возможности работы цеха предварительного дозирования – смешивания белкового и минерального сырья (ЦПС) в одну либо две смены (дневную и вечернюю);

определение алгоритма работы бункеров в реальном масштабе времени, с тем, чтобы избежать их перевыполнения или опустошения.

Универсальным инструментом проведения необходимых подготовительных расчетов, включенных в понятие технологической подготовки, служит графоаналитический метод, составные части которого такие:

балансовый метод расчетов;

метод последовательных шагов в реальном масштабе времени, заключающийся в логическом воспроизведении возможного протекания технологического процесса, и подкрепленный расчетами хода и состояния технологических и транспортных операций;

построение циклограмм всего технологического процесса либо наиболее "трудной" его части. Строить циклограммы целесообразнее параллельно расчетам;

нахождение решения и его оценка;

представление данных в удобном для дальнейшего использования виде.

Технологическими расчетами должны овладеть один-два человека на каждом комбикормовом заводе, инженеры и техники-технологи, прошедшие необходимое обучение. В перспективе такие расчеты будут проводиться на ЭВМ, в том числе с применением персональных компьютеров.

В итоге технологическая подготовка производства в приведенной трактовке сводится к имитации протекания технологического процесса, построенного по конкретной технологической схеме, в течение 8...24 ч работы при выпуске партии конкретной продукции по заданному рецепту. Это возможно благодаря тому, что все протекающие на предприятии процессы рассматриваются в реальном масштабе времени с единой точки отсчета, в качестве которой выбрано начало смены или операции.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

По мере развития комбикормовой промышленности в результате нового строительства, а также из-за многократных модернизаций и реконструкций в эксплуатации оказалось большое число предприятий с различными типовыми и индивидуальными технологическими схемами, оценить которые однозначно не всегда просто. Постепенно пришли к выводу, что технологические схемы комбикормовых заводов могут быть объектами специального исследования.

Исследование технологической схемы означает переход от ее графического изображения, фиксирующего статическое состояние, к ее работе, т. е. к пониманию динамического действия. В итоге выявляются сильные и, главное, слабые стороны схемы. Просматриваются два основных направления применения таких исследований.

1. Поиск для технологической схемы даже с явными недостатками и

упущениями таких режимов работы, которые позволяют получить максимум продукции стабильного качества при минимуме эксплуатационных затрат и без каких-либо нарушений времени смешивания, пересортицы.

2. Обоснование правильного построения новых технологических схем при проектировании. Можно отметить несколько методов анализа схемы. Самый распространенный, но далеко не лучший – метод экспертного анализа. Он заключается в оценке достоинств и недостатков схемы с позиций опыта анализирующего, сопоставления схем с Правилами организации и ведения технологического процесса производства комбикормов, белково-витаминных добавок, премиксов и карбамидного концентрата*, передовым производственным опытом.

Недостаток такого подхода заключается в субъективизме, что можно в определенной мере компенсировать проведением двух-трех экспертных анализов параллельно и сопоставлением полученных результатов.

Представляет интерес аналитический метод расчета производственных потоков, предлагаемый профессором А. Н. Филипповым (МТИПП). Недостаток метода – в разобщенности анализа отдельных линий и потоков, их отрыве от общих ориентиров хода производства, вневременном, т. е. как бы безмасштабном обсуждении. При этом не затрагиваются вопросы качества.

С позиций системного анализа рассматривают ход технологического процесса другие исследователи (например, А. Ю. Винаров), справедливо полагая, что технологический процесс в целом – сложная система с десятками взаимообусловливающих и влияющих на конечный результат связей. Практических результатов такого подхода еще следует ожидать.

На кафедре "Технология и оборудование мукомольно-крупяного и комбикормового производства" ВЗИПП разрабатывают метод анализа технологических схем, условно обозначаемый как метод построения циклограмм. В зависимости от конкретных задач отдельные его элементы включают:

анализ работы схемы, начиная с передачи сырья в производство (склад силосного типа, элеватор, ЦПС), на конкретном виде вырабатываемой продукции (рецептура, размер партии, время на выполнение задания);

хронометрирование продолжительности всех технологических и транспортных операций (для действующего предприятия) либо аналитические расчеты их протекания на основании паспортных и других данных (для проектируемого);

балансовые расчеты с использованием правила кратности;

расчеты материальных потоков, числа замесов-отвесов, времени включения и выключения оборудования, расчет времени окончания технологических операций, возникновения критических ситуаций, входящие в понятие инженерной (технологической) подготовки;

---

* В дальнейшем просто Правилами.

собственно построение циклограмм в реальном масштабе времени на миллиметровой бумаге на глубину 8...12 ч и более с нахождением всех основных критических точек процесса, нахождением времени начального и установившегося циклов;

анализ полученных циклограмм и расчет по ним продолжительности холостых пробегов и ожиданий, внутрисменных простоев, коэффициентов использования парка дробилок, эффективности загрузки дробилок, времени проведения подготовительных операций;

формулирование задач по совершенствованию технологической схемы, изменению объемно-планировочных решений;

обоснование оптимального режима работы завода (цеха) по данной технологической схеме (алгоритма) при выработке продукции по заданным рецептам;

оценка работы смесителей при смешивании предварительных смесей и в линии основного дозирования – смешивания при паспортных режимах (4 мин) и несколько меньшей продолжительности смешивания, проводимая по расчету коэффициента неоднородности (для действующих предприятий).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Оценивать эффективность построения схем можно по качеству выпускаемой продукции и по производительности предприятия.

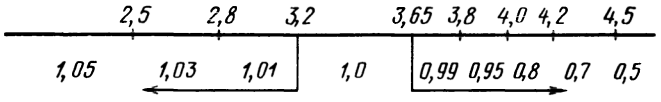
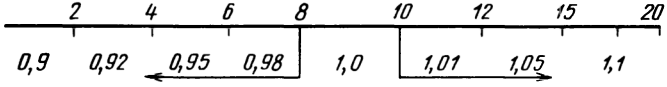
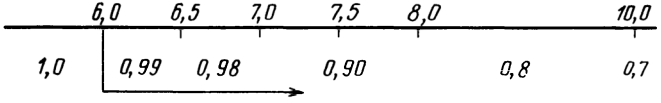
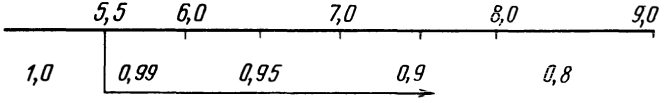
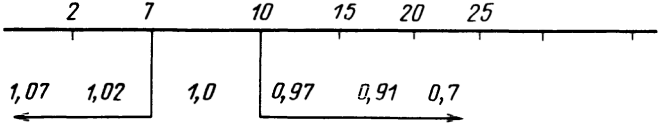
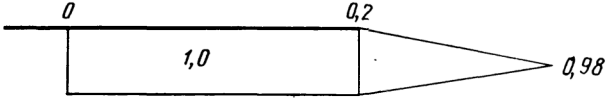
Анализ технологических схем по качеству продукции. От правильного выполнения технологических операций зависит качество конечной продукции, в том числе по нормируемым показателям. Примем для оценки качества выполнения каждой операции какую-либо шкалу. Например, если операция выполнена так, что конечная продукция соответствует показателю стандарта, присвоим ей индекс 1. Если операция выполнена хуже, оценка ее должна непропорционально быстро снижаться. Если чрезмерно тщательное выполнение операции связано с излишним расходом энергии, износом рабочих органов машин, дополнительными трудозатратами и не приводит к росту потребительской стоимости, оценка по шкале не должна возрастать быстро. Возникает особая непропорциональная шкала. При реальном ведении технологического процесса необходимо по каждому нормируемому показателю иметь некоторый запас по параметру (3...5 %), с тем чтобы при обычном разрегулировании процесса обеспечить все же выполнение этих показателей.

Применительно к комбикормовому производству можно говорить об уровне технологической целостности процесса по качеству выполняемых операций (УТЦК), понимая под этим влияние каждой технологической операции на конечное качество готовой продукции:

$$\text{УТЦК предприятия} = m \times \text{УТЦ операций},$$

где m – число операций в технологической схеме; УТЦ операций – уровень технологической целостности каждой операции.

4. Коэффициенты оценки УТЦК технологических операций

Операции	Оцениваемый показатель	Коэффициенты оценки $K_к$
Шелушение ячменя	Содержание клетчатки, %	
Обжаривание шелушенного ячменя	Содержание декстринов, %	
Комбикорм СК-1 (2; 3; 4; 5)	Остаток на ситах с отверстиями ø 2 и 3 мм, %	
Комбикорм СК-6 (7)	То же	
Смешивание	Коэффициент вариации V_c, %	
Измельчение белково-минеральной смеси	Остаток на сите с отверстиями ø 2 мм (для СК) и 3 мм (для К)	

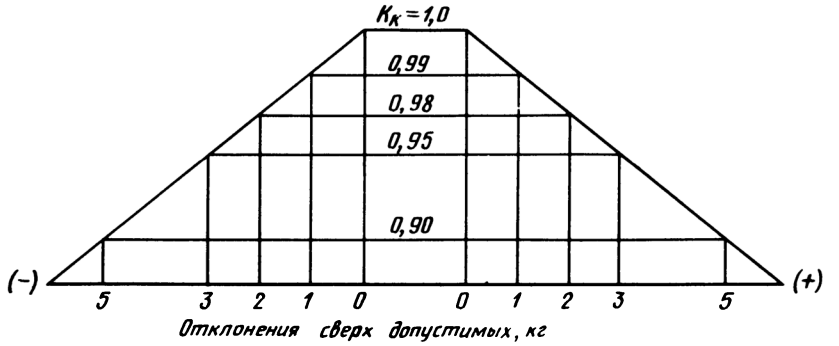


Рис. 8. Коэффициенты оценки линии основного дозирования.

При введении неравномерной оценочной шкалы значимость некорректно выполненных операций будет выше, чем выполненных лучше требуемого. Поэтому произведение m x УТЦ операций будет всегда меньше 1.

Проведенная кафедрой оценка выполнения ряда основных технологических операций на Кузнецовском экспериментальном комбикормовом заводе на операциях шелушения и обжаривания ячменя, дозирования – смешивания, измельчения показала, что коэффициент УТЦК (по восьми операциям) не превышал 0,85, т. е. эти технологические операции должны быть усовершенствованы. Для оценки уровня были разработаны оценочные коэффициенты (табл. 4).

Для операции дозирования отклонения возможны как в плюсовую, так и в минусовую стороны (рис. 8).

Приведенные коэффициенты оценки в зависимости от структуры технологической схемы, ассортимента выпускаемой продукции и других условий производства могут быть изменены. Главное их назначение – проиллюстрировать логику оценки уровня технологической ценности по качеству выполнения отдельных операций.

По результатам анализа и оценки выполнения отдельных операций получены следующие данные:

Линия подготовки зернового сырья	
шелушение ячменя (содержание клетчатки 2,8...3 %)	1,01
обжаривание ячменя (содержание декстринов 2...4 %)	0,92
Итого	1,01 x 0,92 = 0,93
Линия приготовления предварительной смеси	
дозирование	0,97
измельчение	0,97
Итого	0,97 x 0,97 = 0,94

Линия приготовления белково-минерального сырья	
смешивание (V_c до 7 %)	1,0
измельчение (остаток на сите с отверстиями ø 2 мм 0,1 %)	1,0
Итого	1,0 x 1,00 = 1,0
Линия основного дозирования – смешивания	
дозирование	0,99
смешивание	0,995
Итого	0,99 x 0,995 = 0,985

Всего УТЦК операций = 0,93 x 0,94 x 1,0 x 0,985 = 0,85

Анализ технологических схем по производительности предприятий. Аналогично можно оценить каждую технологическую линию по производительности и сопоставить полученные значения с установленной суточной производительностью предприятия. Применяя неравномерные шкалы, можно выявить также оценочные коэффициенты и для этого случая. Причем плохо оснащенные линии с недостаточной производительностью будут доминировать в общей оценке.

Для примера была рассмотрена работа комбикормового завода мощностью 500 т/сут в Славянске-на-Кубани с применением хронометража, построения и анализа циклограмм при выработке 174 т комбикорма по рецепту ПК-4, что соответствует сменному заданию. Установлено, что время проведения подготовительных операций достаточно велико и составляет 2 ч 18 мин (ПК-4) и 1 ч 50 мин (другие рецепты). Кроме того, основное измельчающее оборудование – молотковые дробилки работали с холостыми пробегами и технологическими простоями более 25 % рабочего времени. Это происходило из-за несовершенных коммуникационных привязок и малой емкости наддробильных бункеров.

Анализ показал, что технологическая схема построена несовершенно, отдельные ее линии не подчинены основной задаче – обеспечению выработки конечного продукта с той производительностью, которая соответствовала бы установленной мощности предприятия.

За оставшееся для выполнения задания время – 5 ч 42 мин (8 ч – 2 ч 18 мин) – приходится заведомо нарушать длительности цикла дозирования – смешивания, которое теперь по расчету составит всего 4 мин 42 с вместо 5 мин 50 с...6 мин, в том числе время смешивания должно быть установлено менее 3 мин в каждом цикле вместо установленных 4.

При выполнении планового задания в этом случае обязательно ухудшится качество смеси и снизится коэффициент оценки за эту операцию. Таким образом, улучшая коэффициент оценки производительности линии, мы одновременно снижаем коэффициент оценки качества выполнения операции.

Уровень технологической целостности по производительности (УТЦПр) на основании приведенных и других данных анализа работы комбикормового завода в Славянске-на-Кубани в изучаемый период был оценен в пределах 0,78...0,82, что явно ниже допустимого.

В общем виде уровень технологической целостности производства (УТЦП) равен произведению двух сомножителей, выражающих диалектическую связь количества с качеством:

$$УТЦП = m \times УТЦК \times n \times УТЦПр,$$

где m – число анализируемых (выполняемых) на комбикормовом заводе операций; n – число технологических линий, участвующих в выработке данной продукции.

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЦИКЛОГРАММ

Все технологические операции (процессы) комбикормового завода изучены теоретически и практически. Известна достижимая в каждой из них технологическая эффективность, способы регулирования, факторы, влияющие на конечный результат. Можно утверждать, что оптимальные параметры их режимов известны.

Производительность каждой технологической линии подсчитывается также достаточно точно. Для этого надо знать материальные потоки, эксплуатационную производительность основного технологического и транспортного оборудования, специфические условия эксплуатации.

Однако распространено мнение, что общей теории комбикормового производства не существует. В определенной мере это справедливо. Фундаментом общей теории, на котором бы базировалась технология производства, может явиться рассмотрение всех происходящих на комбикормовом предприятии событий (операций, включений и выключений оборудования, наполнения и опорожнения бункеров, открытия и закрытия задвижек, шиберов, клапанов, срабатывания датчиков, управляющих реле) с единой точки отсчета в реальном масштабе времени с учетом их влияния друг на друга и на конечный результат. За начальную точку отсчета можно принять начало суток, смены, начало работы линии или выполнения операции в зависимости от условий задачи. При привязке к началу координат можно строго фиксировать начало и окончание всех операций (технологических, транспортных), выражать математическими зависимостями длительность их протекания, простои, холостые пробеги. Очередность и последовательность событий начинает подчиняться строгим логическим рассуждениям и переходам.

Формулирование каких-либо условий приводит к однозначным результатам. Случайные и стихийные операции выпадают из общего строя, требуя замены более совершенными. При этом проявляется жесткая или программируемая логика событий, которая заставляет пересмотреть традиционные схемные решения комбикормовых предприятий и заменить их новыми, поддающимися управляющим воздействиям. Одновременно появляется возможность поиска оптимальных

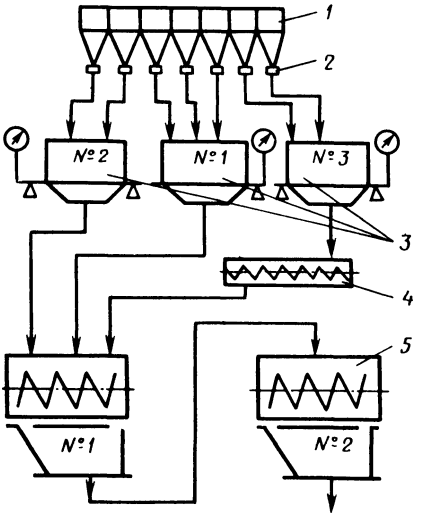


Рис. 9. Принципиальная схема узла дозирования – смешивания:
1 – бункера; *2* – шнековый питатель; *3* – батарея многокомпонентных весовых дозаторов (№ 1 – ДК-2500; № 2 – ДК-500; №3 – ДК-200); *4* – винтовой конвейер; *5* – смеситель СГК-2,5.

режимов работы в результате сокращения холостых пробегов, времени подготовительных операций.

Для получения готовой продукции требуемого качества надо, с одной стороны, надежными конструкторскими решениями, качеством изготовления машин и локальными средствами автоматики стабилизировать основные операции – сепарирование, измельчение, смешивание, гранулирование, шелушение, ввод жидких компонентов, прием и отпуск, а с другой – строго выдерживать основные параметры в работе линий – очередность подачи компонентов на дозирование, продолжительность операции смешивания.

Рассмотрение всех событий с единой точки отсчета времени лучше проводить графоаналитическим методом расчета работы предприятия, линии, узла – методом построения циклограмм.

Циклограмму строят на миллиметровой бумаге в масштабе. По оси абсцисс откладывают время, по оси ординат – выполнение всех наблюдаемых операций. Каждой единице оборудования, бункеру, клапану выделяют отдельную ось.

Циклограммы называют теоретическими, если они построены на основании расчетных данных, и практическими, если при их построении использованы данные хронометрирования. Первые строят при проектировании схем либо поиске решений по их совершенствованию, вторые – при поиске оптимальных режимов эксплуатации действующих предприятий.

Метод построения циклограмм – мощный инструмент, позволяющий при минимальных затратах времени и труда находить оптимальные решения функционирования и построения технологических схем комбикормовых предприятий.

Пример. Рассмотрим работу линии дозирования – смешивания с установкой двух смесителей СГК-2,5 последовательно (рис. 9). Циклограмма работы линии построена при таком условии: загрузка дозатора № 1 (ДК-2500) продолжается 150 с; № 2 – ДК-500 – 90 с, № 3 – ДК-200 – 60 с; разгрузка 30 с; смешивание по 120 с в каждом смесителе; разгрузка смесителя 40 с, транспортирование в шнеке 30 с (рис. 10). В результате построения получена новая информация, которую можно использовать для расчета технической производительности линии:

время начального цикла $T_{н.ц}$	9 мин
время установившегося цикла $T_{ц}$	3 мин 50 с
число циклов в час	15,65
производительность:	
часовая $G_{ч}$	39,1 т/ч
суточная $G_{сут}$	821,1 т/сут

Кроме того, непосредственно с циклограммы считывают информацию, позволяющую наметить пути совершенствования процесса дозирования – смешивания. Так, дозатор ДК-2500 простаивает 25...30 с в каждом цикле ($t_{ож}$ начиная со второго цикла), поскольку смеситель № 1 не готов принять очередную порцию компонентов. В то же время у смесителя № 2 15...20 с холостого хода.

Разумно поискать такой режим работы, при котором простой ведущего и дорогостоящего оборудования (многокомпонентных весовых дозаторов) был бы сведен к минимуму при одновременном сокращении холостого хода смесителя № 2. Таким решением может стать режим работы смесителей с несимметричными циклами (рис. 11). В нечетных циклах общее время смешивания делится на 1 мин 40 с в верхнем и 2 мин 20 с в нижнем смесителях, в четных – остается по 2 мин. В резуль-

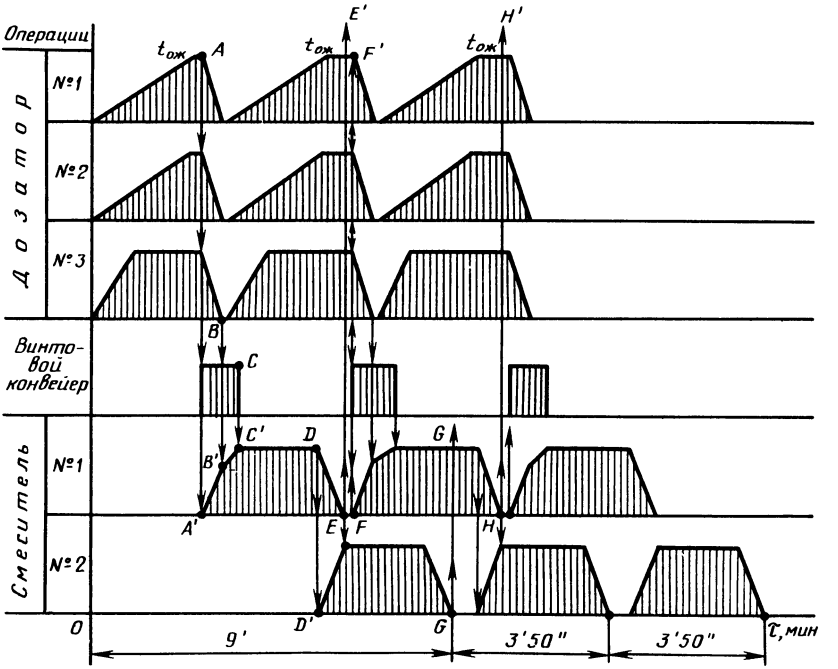


Рис. 10. Циклограмма работы узла дозирования – смешивания (жесткая логика).

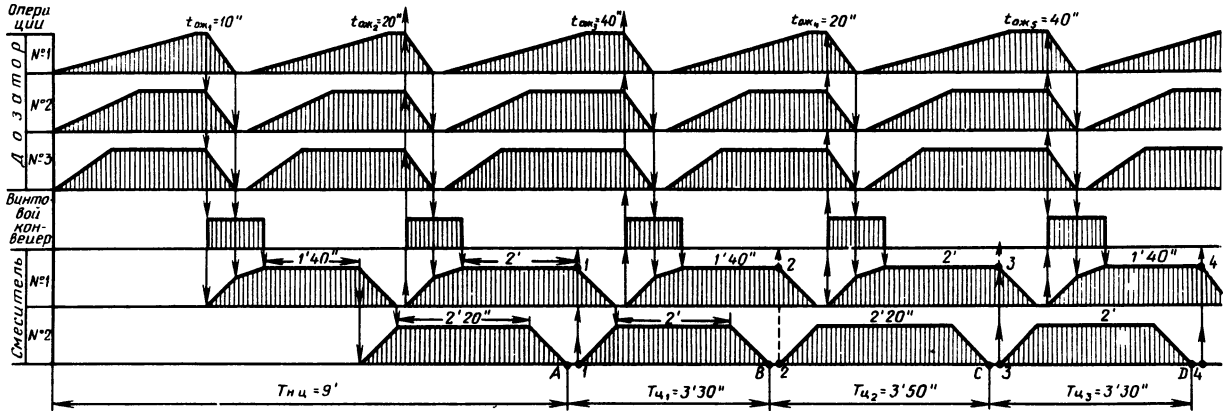


Рис. 11. Циклограмма работы узла дозирования – смешивания с несимметричными циклами (программируемая логика).

тате расчетное время установившегося цикла будет равно среднему значению такового в четных и нечетных циклах:

$$T_{ц} = \frac{T_{ц}' + T_{ц}''}{2}; \qquad T_{ц} = \frac{3 \text{ мин } 30 \text{ с} + 3 \text{ мин } 50 \text{ с}}{2} = 3 \text{ мин } 40 \text{ с},$$

что на 10 с меньше ранее полученного значения. Выигрыш 10 с в каждом цикле дозирования – смешивания позволяет увеличить производительность узла минимум на 4,5 %, или 37...40 т дополнительной продукции в сутки, при минимуме затрат на управление работой дозаторов и смесителей.

Решив одну из возможных задач, можно сформулировать и ряд других. Например, следующие:

как избежать излишнего ожидания разгрузки многокомпонентных дозаторов ДК-2500 в четных циклах по 10 с и в нечетных, начиная с третьего, по 30 с?

Можно ли сократить $T_{н.ц}$ и $T_{ц}$ более ранней разгрузкой дозатора № 3 ДК-200, учитывая, что его разгрузка шнеком затягивает время фиксированного начала операции смешивания на 30 с?

Если бы мы хотели эксплуатировать линию дозирования – смешивания с установкой двух смесителей последовательно в максимально идеальном варианте (назовем такое решение гармоничным) без простоев, ожиданий и холостых ходов оборудования, каким должно быть время смешивания? Такая задача может выглядеть как технологически обоснованное задание машиностроителям на разработку смесительного оборудования.

Как изменяется $T_{н.ц}$ и $T_{ц}$ при установке двух смесителей последовательно? Какое оборудование при этом станет ведущим? Как в этом случае сократить время холостого хода смесителей?

Отметим выявленные методом циклограммирования особые свойства технологических схем – их способность откликаться на управляющие воздействия. Время отклика назовем мерой инерционности технологической схемы. Результаты сопоставления классической схемы и схемы с формированием предварительных смесей при условии, что наддозаторные бункера на начало смены пусты, приведены в таблице 5.

5. Инерционность технологических схем

Предприятие, его мощность	Время до начала выпуска готовой продукции, мин *	Оценка инерционности
1. Комбикормовый завод Раменского КХП (1800 т/сут), схема с формированием предварительных смесей, но без их повторного дозирования	12...14	Низкоинерционная схема, быстро откликающаяся на управляющие воздействия
2. Болшевский комбикормовый завод (1960 т/сут), схема с формированием предварительных смесей, с повторным дозированием зерновых, белковых и минеральных компонентов	29...32	Средняя инерционность

Продолжение

Предприятие, его мощность	Время до начала выпуска готовой продукции, мин *	Оценка инерционности
3. Комбикормовый завод, построенный по классической схеме, типа "Славянск-на-Кубани" (500 т/сут)	110...138	Недопустимо высокая инерционность, ставящая под угрозу выполнение сменных заданий

* Оперативные силосы заполнены необходимым зерновым сырьем до начала смены.

Для схем третьего типа из-за чрезмерно большого времени проведения подготовительных операций необходимо завышать мощность узла дозирования – смешивания, применяя оборудование большой единичной производительности, с тем чтобы сменное задание можно было бы выполнить за 5,0...5,5 ч работы узла.

Глава 3

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КОМБИКОРМОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Построение технологических схем, применяемое оборудование, методы управления технологическими процессами зависят от таких факторов, как, например, уровень проектирования и эксплуатации предприятия, ассортимент выпускаемой продукции, год строительства или реконструкции, квалификация кадров, а также производительность предприятия.

Ниже на ряде примеров рассмотрены особенности построения и функционирования технологических схем, некоторые схемы разобраны достаточно подробно, что позволяет показать возможности и практическую пользу проведения анализа для поиска оптимальных технологических режимов.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ БОЛШЕВСКОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Болшевский комбикормовый завод – один из крупнейших в системе Министерства хлебопродуктов СССР, основан в 1928 г. Мощность его около 2000 т/сут и может быть увеличена в ближайшие годы до 2100... 2200 т/сут после завершения строительства элеватора для зерновых

компонентов и проведения ряда работ по техническому перевооружению.

Завод имеет цех рассыпных комбикормов (1960 т/сут), цех гранулированных комбикормов (690 т/сут), элеватор для хранения гранулированной травяной муки в среде нейтральных газов (6,3 тыс. т), элеватор для зерна (24,1 тыс. т), склады для незернового сырья (21,8 тыс. т), приемные и отпускные устройства, другие вспомогательные цеха и участки.

Рабочий период предприятия 306 дней в году при трехсменном непрерывном режиме. Предприятие вырабатывает 86,8 % комбикормов для птиц. В том числе, %: для кур-несушек – 50,4, для молодняка птицы от 5 до 150 дней – 27,7, бройлеров – 8,7. Остальные 13,2 % объема продук-

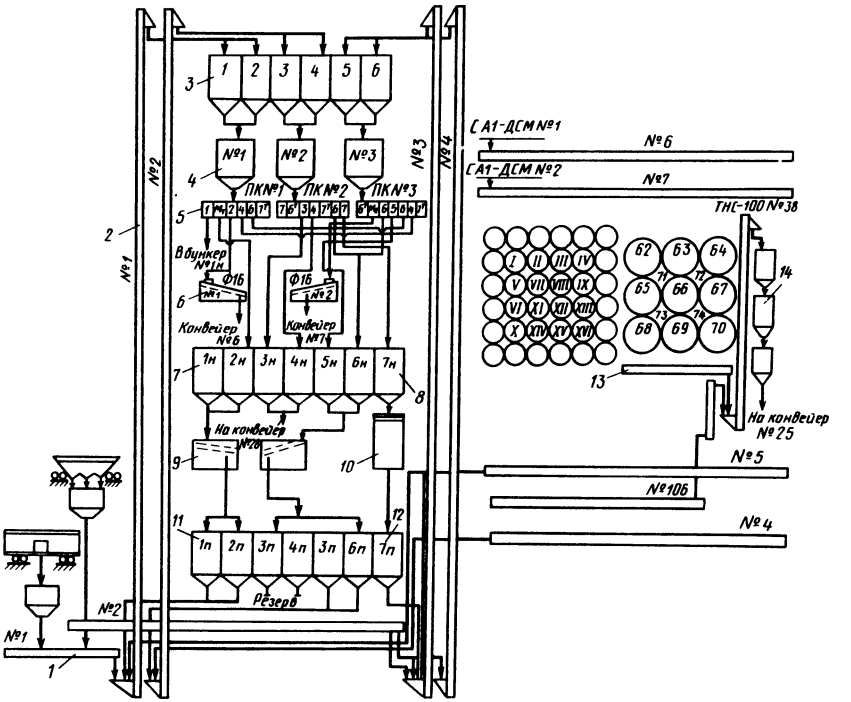


Рис. 12. Технологическая схема элеватора Болшевского комбикормового завода:

1 – конвейер ТБ-65; *2* – нория I-100; *3* – надвесовые бункера вместимостью по 15 т; *4* – элеваторные весы Э-20; *5* – распределительные поворотные круги; *6* – модернизированная просеивающая машина А1-ДСМ; *7* – надсепараторные бункера; *8* – надсушильный бункер; *9* – сепаратор ЗСМ-100; *10* – зерносушилка ДСП-16; *11* – подсепараторные бункера; *12* – подсушильный бункер; *13* – конвейер ТСЦ-100; *14* – автоматические весы ДН-1000.

ции приходятся на комбикорма для телят, поросят-сосунов, -отъемышей, кроликов, КРС и другие.

Технологическая схема производства. Основана на формировании трех предварительных смесей компонентов: зернового и гранулированного сырья; белковых и трудносыпучих; сырья минерального происхождения. Сформированные смеси встречаются на линии основного дозирования – смешивания.

Для изучения особенностей технологического процесса целесообразно начать рассмотрение со схемы движения зерна в элеваторе как самой протяженной линии (рис. 12). С железнодорожного транспорта зерно принимают двумя потоками через конвейеры ТБ-65 № 1 и 2. Далее оно поступает на три нории I-100 № 1, 3 и 4, а затем в просеивающие машины № 1 и 2. Просеянное зерно конвейерами ТБ-65 № 6 и 7 направляют в силосы на хранение.

В производственный корпус зерно отпускают двумя потоками. Первый поток: нория I-100 № 2, бункера № 3 и 4, вместимостью по 15 т каждый, ковшовые весы № 2 грузоподъемностью 20 т, бункера № 3н и 4н, по 45 т каждый, затем по конвейеру № 28, расположенному в галерее, зерно передают в оперативные бункера, выделенные в силосном складе мучнистого сырья. Второй поток: зерно по конвейеру ТСЦ-100 № 24 через норию ТНС-100 № 38 подают в автоматические весы ДН-1000 и далее в производство через конвейер № 25.

Поскольку оборудование и построение процесса в обоих зерновых потоках различно, предполагается и различный алгоритм их работы.

Линия подготовки зернового и гранулированного сырья включает дозирование с применением двух многокомпонентных весовых дозаторов 10ДК-2500, смешивание в двух смесителях СГК-2,5, контрольное просеивание в машинах А1-ДСМ (здесь два потока объединяют в надсепараторном бункере вместимостью 5 т), выделение металломагнитных примесей, размещение в наддробильном бункере вместимостью 18 т, измельчение в молотковых дробилках (четыре А1-ДМР-20 и одна А1-ДМР-12), размещение измельченной зерновой смеси в наддозаторном бункере вместимостью 35 т.

По классификации такие схемы можно отнести к прямоточным и среднеинерционным. Контроль крупности размола проводят в конце технологического процесса после основного дозирования: сход направляют в бункер № 13 вместимостью 5 т и доизмельчают в молотковой дробилке А1-ДДР.

В связи со все увеличивающейся мощностью завода построена дополнительная линия зернового сырья для измельчения кукурузы. Из бункера через норию I-50 зерно направляют в бункер вместимостью 14 т и далее в молотковую дробилку А1-ДДР, а затем норией подают в наддозаторный бункер вместимостью 25 т. Производительность линии 10 т/ч, включают ее в работу при большом содержании кукурузы в комбикорме.

Подготовка и переработка трудносыпучих и белковых компонентов включает контрольное просеивание в машине типа А1-ДСМ и подачу их в

наддозаторные бункера. Рыбную муку, кормовые дрожжи, сухое обезжиренное молоко, премикс, известняковую муку направляют без подготовки. Фосфат кормовой подают аэрозольным транспортом. Сырье дозируют многокомпонентными весовыми дозаторами 10ДК-2500 № 8 и 5ДК-500, смешивают в смесителе СГК-2,5 и просеивают в двух машинах А1-ДСМ через сита с отверстиями ϕ 4,5...5,0 мм. Проход, основную фракцию, направляют в бункер вместимостью 12,5 т на главную линию дозирования. Схода измельчают в дробилках А1-ДДР.

По самостоятельным линиям подают отруби, очищая их от крупных случайных примесей (сита с отверстиями ϕ 10 мм), а также известняковую муку и жмых. Основная, или главная, линия дозирования – смешивания включает четыре многокомпонентных весовых дозатора 10ДК-2500 и четыре порционных смесителя СГК-2,5, работающих параллельно.

Технологическая схема участка подготовки поваренной соли (рис. 13) включает подготовку самой соли (просеивание, магнитное сепарирование, измельчение), а также наполнителей – мясокостной муки, шрота, костной муки. Здесь же предусмотрен ввод метионина

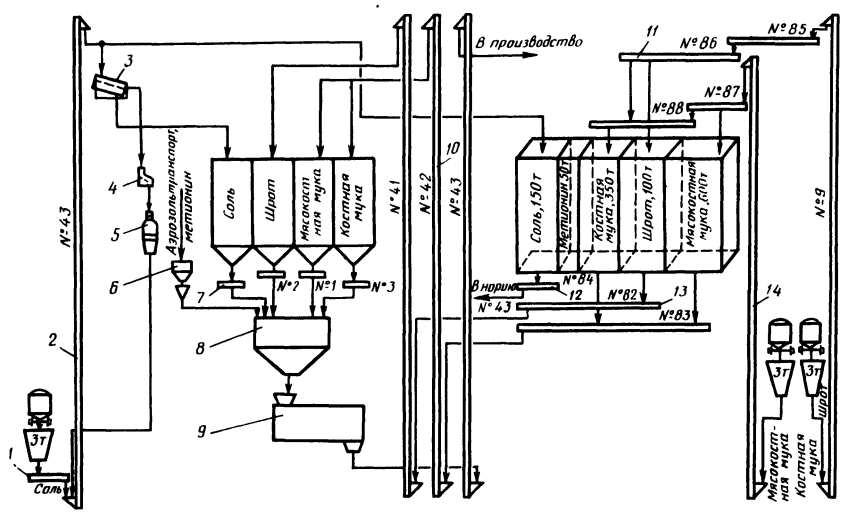


Рис. 13. Технологическая схема участка подготовки предварительной смеси соли поваренной с наполнителем:

1 – ленточный конвейер ТЛ-60; *2* – нория I-100; *3* – просеивающая машина А1-ДСМ; *4* – магнитная колонка БКМ-3-7; *5* – молотковая дробилка ДМ; *6* – однокомпонентный весовой дозатор ДК-20; *7* – шнековый питатель ПШ-400; *8* – многокомпонентный весовой дозатор 10ДК-2500; *9* – смеситель порционный СГК-2,5; *10* – нория I-50; *11* – конвейер ТСЦ-100; *12* – конвейер ленточный ТБ-40; *13* – конвейер ТСЦ-50; *14* – нория I-175.

через однокомпонентный весовой дозатор ДК-20. Схема в таком виде после замены ранее установленных дозаторов АД-2000-2К обеспечивает возросшую мощность завода, хотя этот участок и остается "узким" местом производства.

Анализируя построение технологических схем, нетрудно сделать вывод, что один из слабых узлов в схеме – работа двух смесителей СГК-2,5 в линиях подготовки зернового сырья. Интенсивный износ рабочих органов смесителя неизбежен, поскольку зерновая смесь обладает абразивными свойствами. Поэтому длительность смешивания зерна должна быть минимальной и оценивать ее надо по конечному качеству комбикорма.

Для определения возможностей технологических схем Болшевского комбикормового завода были проведены исследования, которые включали в себя:

хронометраж работы всех технологических линий при выработке продукции по рецептам ПК-1, ПК-5, а также ПК-3 и К-62, отличающейся по содержанию зернового и белкового сырья (табл. 6);

построение и анализ циклограмм для выявления резервов и "узких" мест;

исследование качества операций смешивания в линиях предварительных смесей зернового и гранулированного сырья, белкового и трудносыпучего сырья, сырья минерального происхождения, а также в линии основного дозирования – смешивания.

В результате хронометрирования установлена продолжительность выполнения всех технологических и транспортных операций при выработке продукции по конкретному рецепту. Хронометрирование проводят 2...3 раза, при необходимости повторяют, а для построения циклограмм берут средние значения.

6. Рецепты комбикормов, вырабатываемых при исследовании технологической схемы, %

Компоненты предварительной смеси	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Зерновое и гранулированное сырье:				
кукуруза	41,7	40,0	37,2	31,4
пшеница	30,0	10,5	30,0	15,0
ячмень	–	–	10,0	–
отруби гранулированные	5,0	–	–	20,0
мука травяная гранулированная	–	2,0	–	–
Итого	76,7	52,5	77,2	66,4

Продолжение

Компоненты предварительной смеси	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Смесь соли с наполнителем:				
соль поваренная	0,3	–	–	0,3
мука костная	2,0	–	–	2,0
Итого	2,3	–	–	2,3
Белковое и трудносыпучее сырье:				
премикс	1,0	1,0	1,0	1,0
фосфат кормовой	1,8	1,0	1,3	2,0
мука известняковая	6,5	–	0,5	1,3
шрот подсолнечный	7,2	10,0	6,0	9,0
шрот соевый (тостированный)	–	7,0	4,0	–
дрожжи кормовые	1,0	5,0	3,0	3,0
кормовой концентрат лизина (ККЛ)	–	0,5	1,0	–
мука рыбная	3,5	8,0	4,0	–
мука мясокостная	–	–	2,0	–
предварительная смесь соли с наполнителем	2,3	–	–	2,3
Итого	23,3	32,5	22,8	18,6
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0

Построению циклограмм, кроме хронометрирования, должны предшествовать расчеты, в частности, связанные с уточнением сменного задания, фактической загрузки смесителей, числа замесов (отвесов) в линиях предварительных смесей и на основном дозировании – смешивании. Для организации работы без "хвостов" необходимо составить и рассмотреть уравнения материального баланса, вытекающие из закона, или правила, кратности.

Балансовые расчеты. Допустим, принято первоначально сменное задание $Q_з$ = 660 т. Если в секции основного дозирования – смешивания (рис. 14) все четыре параллельные линии работают с одинаковой загрузкой и ритмом (один из возможных вариантов), то должно быть выдержано соотношение

$$Q_з = 4\,K\,G_ф^г\,, \qquad (1)$$

где K – число замесов (отвесов) в каждой линии; $G_ф^г$ – фактическая загрузка смесителей № 1, 2, 3 и 4 (на готовой продукции); 4 – число параллельно работающих линий в данной схеме.

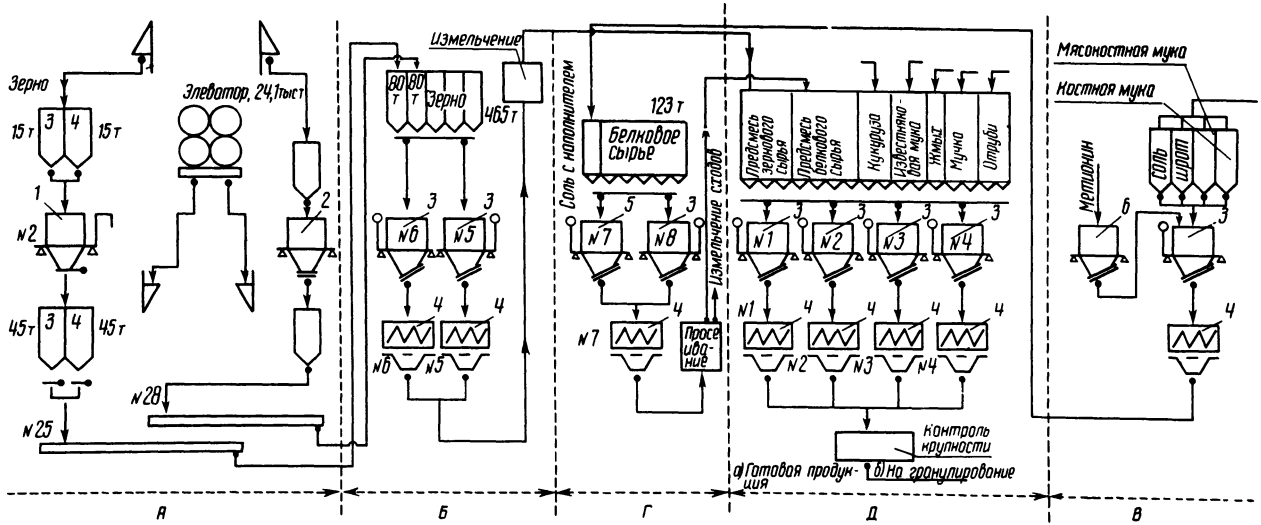


Рис. 14. Блок-схема компоновки весового и смесительного оборудования:

секции *А* – передача зерна из элеватора в производство; *Б* – формирование предварительной смеси зернового сырья в соотношениях, заданных рецептами; *В* – подготовка предварительной смеси соли поваренной с наполнителем и передача в секцию *Г*; *Г* – подготовка предварительной смеси белкового и трудносыпучего сырья; *Д* – основное дозирование – смешивание; *1* – весы элеваторные (Э-20) грузоподъемноотью 20 т; *2* – весы автоматические ДН-1000 в элеваторе; *3* – многокомпонентные весовые дозаторы 10ДК-2500; *4* – смеситель СГК-2,5; *5* – многокомпонентный весовой дозатор 5ДК-500 в линии предварительных смесей белкового сырья; *6* – однокомпонентный весовой дозатор ДК-20.

Если, например, принято, что $G^{г}_{ф} = 2{,}4$ т, то число замесов должно быть:

$$K = \frac{Q_з}{4\,G^{г}_{ф}} = \frac{660}{4 \cdot 2{,}4} = 68{,}75.$$

Поскольку величина K может быть только целым числом, примем его равным 69. Тогда уточненное задание $Q'_з = 4 \cdot 69 \cdot 2{,}4 = 662{,}4$ т. Возьмем в дальнейшем это задание за основу.

Время работы каждого смесителя может быть установлено индивидуально. На практике в период изучения работы схемы фактическое время по каждому смесителю было: № 1 – 3 мин 50 с; № 2 – 3 мин 40 с; № 3 – 3 мин 18 с; № 4 – 2 мин 43 с.

Общее число замесов должно остаться неизменным, т. е. $K = 4K = 4 \cdot 69 = 276$. Тогда можно записать следующую систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned} &K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = K;\\ &Q_1 = K_1\,G^{г}_{ф_1};\\ &Q_2 = K_2\,G^{г}_{ф_2};\\ &Q_3 = K_3\,G^{г}_{ф_3};\\ &Q_4 = K_4\,G^{г}_{ф_4};\\ &Q'_з = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

где $G^{г}_{ф_1}, G^{г}_{ф_2}, G^{г}_{ф_3}, G^{г}_{ф_4}$ – фактическая загрузка смесителей № 1, 2, 3, 4.

Если принять для данного частного случая, что темп дозирования в первом приближении обратно пропорционален времени смешивания, можно записать еще три дополнительных уравнения, входящих в систему уравнений (2):

$K_2 = 1{,}04\,K_1;$
$K_3 = 1{,}16\,K_1;$
$K_4 = 1{,}43\,K_1,$

где значения коэффициентов рассчитаны методом обратных пропорций по времени смешивания, если время 3 мин 50 с принять за норму.

Теперь система девяти уравнений может быть решена относительно восьми неизвестных: K_1, K_2, K_3, K_4 и Q_1, Q_2, Q_3, Q_4. Так как $G^{г}_{ф_1} = G^{г}_{ф2} = G^{г}_{ф3} = G^{г}_{ф4} = G^{г}_{ф} = 2{,}4$ т, запишем для решения:

1. $K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = 276;$
2. $Q_1 = K_1\,2{,}4;$
3. $Q_2 = K_2\,2{,}4;$
4. $Q_3 = K_3\,2{,}4;$
5. $Q_4 = K_4\,2{,}4;$
6. $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 662{,}4;$
7. $K_2 = 1{,}04\,K_1;$
8. $K_3 = 1{,}16\,K_1;$
9. $K_4 = 1{,}43\,K_1.$

Если сложить в системе уравнения (2, 3, 4 и 5) строки и подставить в них уравнения (7, 8 и 9), получим с учетом уравнения (6)

$662{,}4 = 2{,}4\,K_1\,(1 + 1{,}04 + 1{,}16 + 1{,}43)$.

тогда $K_1 = 662{,}4 : 2{,}4\,(1 + 1{,}04 + 1{,}16 + 1{,}43) = 59{,}61$.

Найдем значения K_2, K_3, K_4, т. е. числа отвесов:

$$K_1 = 59{,}61 \approx 60$$
$$K_2 = 61{,}99 \approx 62$$
$$K_3 = 69{,}14 \approx 69$$
$$K_4 = 85{,}24 \approx 85$$

Итого 276

С учетом выполненного решения можно записать первоначальное балансовое уравнение в развернутом виде, соответствующем реальной ситуации ведения технологического процесса:

$$Q'_з = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4)\,G^г_ф. \qquad (3)$$

Если же загрузка смесителей в каждой из линий готовой продукции будет различна, уравнение (1) в общем виде приобретет вид

$$Q''_з = K_1\,G^г_{ф1} + K_2\,G^г_{ф2} + K_3\,G^г_{ф3} + K_4\,G^г_{ф4}. \qquad (4)$$

Система уравнений материального баланса может быть написана не только для основного узла дозирования – смешивания, но и для разветвленной технологической схемы, например, технологической схемы Болшевского комбикормового завода.

При записи систем таких уравнений необходимо помнить, что численные значения коэффициентов зависят от состава рецепта (см. табл. 6).

Для рецепта ПК-1

$$\left.\begin{aligned} &Q'_з = 4\,K\,G^г_ф = 2\,m\,G^з_ф + n\,G^б_ф; \\ &2\,m\,G^з_ф = Q'_з\,0{,}767; \\ &n\,G^б_ф = Q'_з\,0{,}233, \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

где 2 – число дозаторов в секции *Б*; $G^з_ф$ – фактическая загрузка дозаторов в линии предварительных смесей зернового и гранулированного сырья; m – число отвесов в секции *Б*; n – число замесов в секции *Г*; $G^б_ф$ – фактическая загрузка смесителя в линии предварительных смесей белкового и трудносыпучего сырья; 0,767 и 0,233 – массовые доли предварительных смесей соответственно зернового и белкового сырья.

Для рецепта ПК-5

$$\left.\begin{aligned} &Q_з' = 4K\,G_ф^г = 2m\,G_ф^з + n\,G_ф^б + 4K\,G_ф^г\,0{,}15; \\ &2m\,G_ф^з = Q_з'\,0{,}525; \\ &n\,G_ф^б = Q_з'\,0{,}325. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Последнее слагаемое в правой части первого уравнения $4\,KG_ф^г\,0{,}15$ показывает массу ячменной мучки по рецепту ПК-5 в $Q_з'$. В данном случае вид слагаемого говорит о том, что мучка дозируется на основной линии и составляет в рецепте 15 %.

Для рецепта ПК-3

$$\left.\begin{aligned} &Q_з' = 4KG_ф^г = 2mG_ф^з + nG_ф^б; \\ &2mG_ф^з = Q_з'\,0{,}772; \\ &nG_ф^б = Q_з'\,0{,}228. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Для рецепта К-62

$$\left.\begin{aligned} &Q_з' = 4KG_ф^г = 2mG_ф^з + nG_ф^б + 4KG_ф^г\,0{,}15; \\ &2mG_ф^з = Q_з'\,0{,}664; \\ &nG_ф^б = Q_з'\,0{,}186. \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

При выполнении выработки комбикормов по рецептам ПК-1 и К-62 работает линия приготовления предварительной смеси поваренной соли с наполнителем, в данном случае мясокостной мукой. По балансу эта смесь составляет 2,3 %. Уравнения (5) и (8) могут быть представлены в развернутом виде.

Для рецепта ПК-1

$$\left.\begin{aligned} &Q_з' = 4KG_ф^г = 2mG_ф^з + nG_ф^б + pG_ф^м; \\ &2mG_ф^з = Q_з'\,0{,}767; \\ &nG_ф^б = Q_з'\,0{,}21; \\ &pG_ф^м = Q_з'\,0{,}023, \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

где p – число замесов на линии подготовки предварительной смеси сырья минерального происхождения; $G_ф^м$ – фактическая загрузка смесителя в линии подготовки этой смеси; 0,767, 0,21 и 0,023 – массовая доля предварительных смесей, в сумме равная единице.

Аналогично для рецепта К-62

$$\left.\begin{aligned} Q_з' &= 4\,KG_ф^г = 2\,mG_ф^з + nG_ф^б + pG_ф^м + 4\,KG_ф^г\,0{,}15; \\ 2\,mG_ф^з &= Q_з'\,0{,}664; \\ nG_ф^б &= Q_з'\,0{,}163; \\ pG_ф^м &= Q_з'\,0{,}023. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Рассматривая уравнения (5)...(8), нетрудно заметить, что решать их нужно относительно m, n, p, $G_ф^з$, $G_ф^б$, $G_ф^м$. В каждой системе имеется четыре неизвестных при наличии трех уравнений. В системе уравнений (5) и (8) шести неизвестным соответствует четыре уравнения. Однако система этих уравнений легко разрешима, поскольку известна область значений одного неизвестного. Величины $G_ф^з$, $G_ф^б$, $G_ф^м$ не могут быть больше паспортного значения вместимости смесителей и меньше некоторого значения, за пределами которого лежит невыполнение планового задания. Например, для смесителей СГК-2,5 фактическая загрузка может лежать в пределах от 1,8 до 2,5 т. Относительно другой группы неизвестных m, n, p известно, что это должны быть целые числа.

Решим систему уравнений (5) для рецепта ПК-1. В самом деле, если $2\,m\,G_ф^з = Q_з'\,0{,}767$, можно принять в первом приближении, например, что $G_ф^з = 2{,}4$ т. Тогда $m = Q_з'\,0{,}767/\,2 \cdot 2{,}4 = 105{,}85$. Примем число замесов четным целым числом. При $m = 106$ решим уравнения относительно фактической загрузки смесителя в зерновой линии $G_ф^з$:

$$G_ф^з = \frac{Q_з'\,0{,}767}{2\,m} = \frac{662{,}4 \cdot 0{,}767}{2 \cdot 106} = 2{,}3965 \text{ т},$$

или 2396,5 кг.

Аналогично по линии предварительных смесей белкового сырья. Если $G_ф^б = 2{,}4$, то $n = 64{,}31$. Примем $n = 64$, тогда $G_ф^б = 2{,}4115$ т, или 2411,5 кг.

Для проверки подставим найденные значения в уравнение первой строчки: $Q_з' = 4\,K\,G_ф^г = 2\,m\,G_ф^з + n\,G_ф^б$; $662{,}4 = 4 \cdot 69 \cdot 2{,}4 = 2 \cdot 106 \cdot 2{,}3965 + 64 \cdot 2{,}4115$.

Проверка показывает, что равенство имеет место, значит, решение найдено правильно. Набивка перфокарт с данными значениями отвесов (зерновая линия) или подсчет значений отвесов для перфокарт по найденному значению замесов (линия предварительных смесей белкового сырья) вместо традиционных 2400...2500 кг позволит работать без "хвостов", улучшить качество продукции в результате ликвидации неучтенных остатков и оперативного учета.

Аналогично проводим расчет для рецептов ПК-5, ПК-3 и К-62. Опуская

сами расчеты, представим данные в виде сводной таблицы 7. Сюда же включим данные по уравнениям (9) и (10) для линии предварительной смеси поваренной соли.

7. Результаты балансовых расчетов по правилу кратности

Показатели	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
K	69	69	69	69
m	106	72	106	92
n	64	90	63	51
p	7	–	–	7 или 6
$G_{ф}^{з}$, кг	2396,5	2415,0	2412,0	2390,0
$G_{ф}^{б}$, кг	2411,5	2392,0	2397,0	2416,0
$G_{ф}^{м}$, кг	2176,0	–	–	2176,0 или 2538,0
$G_{ф}^{г}$, кг	2400,0	2400,0	2400,0	2400,0

В приведенном расчете было обосновано, что сменное задание следует установить в 662,4 т, что соответствует суточной производительности 1987,2 т (662,4 х 3).

Примем также в качестве начальных условий, что работа смены начинается при пустых наддробильных и наддозаторных бункерах и заканчивается без остатков ("хвостов"). В связи с этим в производство должно быть подано сырье в точном соотношении с рецептурным составом (см. табл. 6). На практике каждому предприятию известны сложившиеся у него нормы усушки и механических потерь в производственном корпусе. Если, например, они равны 0,15 %, все данные расчета могут быть скорректированы на эту величину. При устранении "хвостов" представляется возможность еще точнее установить величину потерь по отдельным группам компонентов и в дальнейшем вводить дифференцированные поправки, что повысит точность оперативного учета.

Хронометраж. Для оценки дальнейших возможностей наращивания производительности предприятия был проведен хронометраж (табл. 8... 11).

8. Данные хронометража по продолжительности операций при работе оборудования, с

Операции	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Линия сырья минерального происхождения				
Подача мясокостной муки	30	–	25	32
Соль поваренная:				
поступление в просеивающую машину	36	–	–	36

Продолжение

Операции	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
просеивание	5	–	–	5
задержка на измельчении	7	–	–	8
подача в бункер	30	–	–	28
Набор массы в дозаторе 10ДК-2500	160	–	30	130
Разгрузка дозатора	11	–	10	15
Смешивание в смесителе СГК-2,5	240	–	240	240
Разгрузка смесителя	15	–	18	20
Транспортирование в бункер № 14 (12,5 т)	168	–	175	178
Линия смесей белкового сырья				
Поступление сырья из складов в бункера над дозаторами	182...234*	197...326**	300	320
Набор массы:				
5ДК-500 № 7	60	65	56	50
10ДК-2500 № 8	180	184	180	180
Разгрузка дозаторов	7...12	7...14	7...14	8...15
Смешивание в смесителе СГК-2,5	220	212	230	230
Разгрузка смесителя	14	14	22	24
Транспортирование норией I-100	20	20	19	19
Обработка в машине А1-ДСМ	8	8	7	8
Задержка на измельчении в дробилках А1-ДДР	4	4	4	5
Передача смеси в бункере белкового сырья № 67а (12,5 т)	21	23	23	22
Общее время подачи	–	–	790	1370

* Шрот – 334; дрожжи кормовые – 182; премикс – 283; фосфат – 330; мука известняковая – 330.

** Шрот – 304; дрожжи кормовые – 208; мука рыбная – 210; ККЛ – 197; премикс – 271; фосфат – 326.

9. Данные расчета по расходу компонентов под сменное задание

($Q_3^{/}$ = 662,4 м)

Компонент	Массовая доля по рецепту, %				Масса компонентов на один замес, кг			
	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Кукуруза	41,7	40,0	37,2	31,4	1000,8	960,0	892,8	753,6
Пшеница	30,0	10,5	30,0	15,0	720,0	252,0	720,0	360,0
Ячмень	–	–	10,0	–	–	–	240,0	–

Продолжение

Компонент	Массовая доля по рецепту, %				Масса компонента на один замес, кг			
	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Отруби гранулированные	5,0	–	–	20,0	120,0	–	–	480,0
Мука травяная		2,0	–	–	–	48,0	–	–
Итого зернового и гранулированного сырья	76,7	52,5	77,2	66,4	1840,8	1260,0	1852,8	1593,6
Смесь белкового и трудносыпучего сырья	23,3	32,5	22,8	18,6	559,2	780,0	547,2	446,4
Мука ячменная	–	15,0	–	15,0	–	360,0	–	360,0
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	2400,0	2400,0	2400,0	2400,0

Продолжение

Компонент	Масса компонента под задание, т				Расход при дозировании, т/ч			
	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Кукуруза	276,22	264,96	246,41	207,99	43,63	43,20	38,93	33,91
Пшеница	198,72	69,55	198,72	99,36	31,39	11,30	31,39	16,20
Ячмень	–	–	66,24	–	–	–	10,46	–
Отруби гранулированные	33,12	–	–	132,48	5,23	–	–	21,60
Мука травяная	–	13,29	–	–	–	2,10	–	–
Итого зернового и гранулированного сырья	508,06	347,8	511,37	439,83	80,25	56,70	80,78	71,71
Смесь белкового и трудносыпучего сырья	154,34	215,28	151,03	123,21	–	–	–	–
Мука ячменная	–	99,32	–	99,36	–	–	–	–
Всего	662,40	662,40	662,40	662,4	–	–	–	–

10. Продолжительность операций в линиях предварительных смесей зернового и гранулированного сырья, с

Операции	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Передача из элеватора и складов в бункера:				
кукуруза	–	–	100	100
пшеница	–	–	410	410
ячмень	–	–	230	–
отруби гранулированные	–	–	–	30
Набор массы дозаторами 10ДК-2500 № 5 и 6	155	170	140	140
Разгрузка дозаторов № 5 и 6	11	11	15	13
Смешивание в смесителях СГК-2,5 № 5 и 6	160	160	220	150
Разгрузка смесителей № 5 и 6	14	14	12	16
Транспортирование нориями I-100 № 21 и 31	20	18	19	20
Обработка в машине А1-ДСМ	7	8	6	7
Поступление в бункер № 64 (18 т)	12	12	12	12
Задержка потока на операции дробления	7	8	5	6
Перемещение в конвейере ТСЦ-100 № 70	18	18	18	18
Перемещение норией I-175 № 30	20	19	15	15
Поступление в бункер № 63(35 т)	14	14	14	14

11. Продолжительность операций на линии основного дозирования – смешивания, с

Операции	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Набор массы дозаторами 10ДК-2500 № 1, 2, 3 и 4	200	200	210	210
Разгрузка весов	20	20	12	11
Смешивание в СГК-2,5 № 1; 2; 3 и 4	от $2'43''$	до $3'50''(4'')$		
Разгрузка смесителей	40	40	11	11

Отдельно рассмотрены вопросы подачи зернового сырья из элеватора в наддробильные бункера. Поскольку линий подачи две (или три), можно записать, например, для выработки комбикорма по рецепту ПК-1

$$Q_{\text{зерна}} = Q_{\text{з}}' \, 0{,}767 = 2\, m\, G_{\text{ф}}^{3};$$

$Q_з' 0{,}767 = Q_{кук} + Q_{пш} + Q_{отр.гр}$;

$Q_{кук} = a\ G_ф^{в\text{-}1}$;

$Q_{пш} = b\ G_ф^{в\text{-}2}$,

где $Q_{зерна}$ – общая масса подачи зерна под задание; $Q_{кук}$, $Q_{пш}$, $Q_{отр.гр}$ – соответственно массы кукурузы, пшеницы, отрубей гранулированных; a и b – число отвесов в элеваторных весах Э-20 и автоматических ДН-1000; $G_ф^{в\text{-}1}$, $G_ф^{в\text{-}2}$ – фактическая загрузка элеваторных и автоматических весов.

При выработке комбикорма по рецепту ПК-1 кукурузу подают через элеваторные весы Э-20, а пшеницу – через автоматические ДН-1000. Для данного случая, выдерживая правило кратности, получим решение $a = 15$ при $G_ф^{в\text{-}1} = 18{,}414$ т и $b = 331$ при $G_ф^{в\text{-}2} = 600$ кг.

На основании хронометража и балансовых расчетов построена циклограмма (рис. 15) технологического процесса выработки комбикорма по рецепту ПК-3, начиная с подачи зерна из элеватора при паспортном времени смешивания.

В результате построения циклограмм получена новая информация о ходе производства, которая позволяет рационально использовать технологические возможности схемы, оценить резервы, выявить узкие места, сократить холостые пробеги оборудования и в целом предвидеть производственную ситуацию, охватывать процесс целиком. Ряд цифр, характеризующих технологический процесс, сведен в таблицу 12.

С учетом продолжительности начального цикла коэффициенты запаса по производительности линий готовой продукции несколько снизятся и составят 7...10 %, что в большинстве случаев вполне достаточно для ликвидации незначительных внутрисменных отказов в работе оборудования.

Из приведенных расчетов и циклограмм можно получить также информацию о продолжительности работы технологического и транспортного оборудования, начале операций (табл. 13), что весьма полезно для начальника смены, диспетчера и других работников.

Оценка качества смесей. Для полноты картины при изучении работы технологической схемы была дана оценка качества выполнения операций смешивания по величине коэффициента вариации (неоднородности) V_c.

Предварительная смесь поваренной соли с наполнителем. В первом варианте изготавливали смесь по рецепту комбикорма ПК-4, в составе которого соли 0,3 % и костной муки 1 %. В навеске массой 1200 кг содержалось костной муки 923,1 кг, соли 276,9 кг (или 23,08 %). По результатам шести параллельных определений установлена вполне хорошая распределяемость соли в смеси (коэффициент вариации 4,55 %).

Во втором варианте смесь (рецепт ПК-1) содержит соли 0,3 % и мясокостной муки 2 %. Жира в мясокостной муке было: а) 11,57 %, что соответствует муке I сорта, и б) 21,92 %, что хуже, чем качество муки III сорта (III сорт до 20 %).

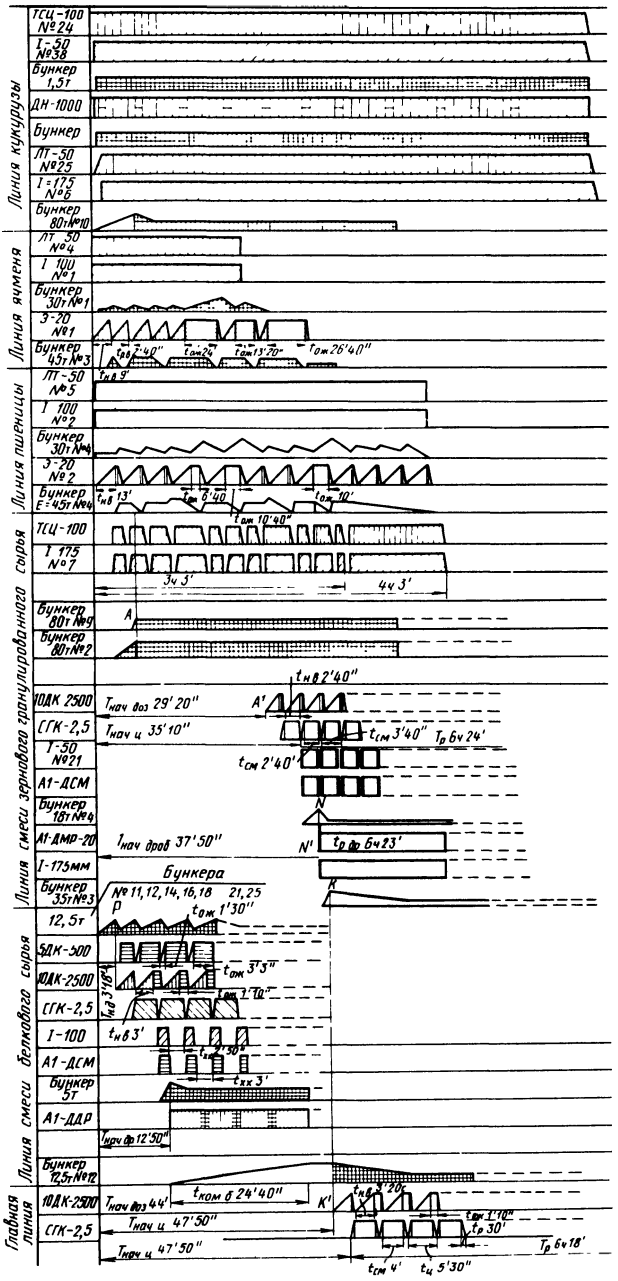


Рис. 15. Циклограмма технологического процесса при выработке комбикормов по рецепту ПК-3.

12. Итоги анализа работы технологической схемы Болшевского комбикормового завода

Наименование	Линии предварительных смесей								Линия основного дозирования			
	зернового и гранулированного сырья				белкового и трудносыпучего сырья							
	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Продолжительность начального цикла $T_{н.ц}$	32′ 10″	35′ 50″	35′ 10″	34′ 50″	20′	14′ 50″	11′	21′	45′	49′ 50″	47′ 50″	48′ 40″
Время установившегося цикла $T_ц$	3′ 30″	3′ 10″	3′ 40″	3′ 30″	4′ 40″	4′ 40″	4′ 50″	4′ 50″	5′ 30″	5′ 20″	5′ 30″	5′ 20″
Число циклов в час	17,0	18,9	16,3	17,0	12,8	12,8	12,4	12,4	10,9	11,25	10,9	11,25
Техническая производительность линии:												
т/ч	81,5	91,3	78,6	81,3	30,9	30,6	29,7	30,0	104,6	108,0	104,6	108,0
т/сут	1711,0	1917,0	1651,0	1706,0	648,9	642,6	623,7	630,0	2197,0	2268,0	2197,0	2268,0
Коэффициент запаса при выпуске данной продукции $K_з$	1,11	1,83	1,08	1,29	1,40	1,00	1,38	1,70	1,10	1,14	1,10	1,14
Производительность с учетом начального цикла, т/сут	1680	1840	1600	1650	640	635	615	620	2130	2190	2130	2190

Примечание. При паспортном времени смешивания в смесителях № 1, 2, 3 и 4, равном 4 мин.

13. Продолжительность работы оборудования

Операции	Линия											
	зернового сырья				белкового и трудносыпучего сырья				основного дозирования			
	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62	ПК-1	ПК-5	ПК-3	К-62
Подача зерна:												
кукуруза	4 ч 55′	4 ч 24′	6 ч 12′	5 ч 12′	–	–	–	–	–	–	–	–
пшеница	5 ч 16′	2 ч 06′	4 ч 03′	5 ч 16′	–	–	–	–	–	–	–	–
ячмень	–	–	3 ч 05′	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Дозаторы:												
начало работы	20′ 32″	28′ 40″	29′ 20″	20′ 20″	13′ 20″	7′ 30″	3′ 18″	13′ 20″	36′ 40″	40′	44′	40′
продолжительность работы	6 ч 08′	5 ч 48′	6 ч 24′	5 ч 18′	4 ч 59′	6 ч 34′	4 ч 54′	4 ч 06′	6 ч 20′	6 ч 08′	6 ч 18′	6 ч 07′
Молотковые дробилки:												
начало работы	32′ 30″	37′ 20″	37′ 50″	37′ 50″	2′ 10″	17′ 30″	12′ 48″	22′ 49″	–	–	–	–
продолжительность работы	6 ч 12′	4 ч 14′	6 ч 23′	5 ч 18′	3 ч	4 ч 12′	2 ч 24′	2 ч 24″	–	–	–	–

В навеске массой 1200 кг мясокостной муки было 1043 кг и соли 157 кг (табл. 14).

14. Результаты анализа

Содержание жира, %	Содержание соли, %						Среднее значение $\bar{x}$, %	Коэффициент вариации V_c, %
	1	2	3	4	5	6		
11,57	11,44	11,92	12,03	13,47	12,38	11,42	12,38	6,58
21,92	12,48	13,66	10,29	13,75	15,53	11,07	12,80	14,98

Полученные данные подтвердили, что в качестве наполнителя нельзя применять жирную мясокостную муку либо следует вводить третий компонент.

Предварительная смесь зернового и гранулированного сырья. Основная задача операции смешивания на этой линии – равномерная загрузка молотковых дробилок. Подготавливаемые зерновые компоненты мало отличаются содержанием сырого протеина и в большей мере содержанием клетчатки (табл. 15).

15. Данные анализов при оценке качества предварительной смеси зернового и гранулированного сырья

Зерно	Содержание клетчатки, %		
	среднее по литературным данным	данные исследований	
		1-й вариант	2-й вариант
Кукуруза	2,2	–	1,80
Пшеница	2,0	1,96	1,70
Ячмень	5,5	6,66	5,20
Просо	9,7	–	9,0
Овес	10,3	–	4,5 (шелушеный)

Опыты были проведены на комбикормах со следующим соотношением зерновых культур, %

ПК-1 – кукуруза – 10, пшеница – 30,24, ячмень – 15, просо – 5, овес – 7, сырой клетчатки – 4;

ПК-90 – пшеница – 23,7, ячмень – 23, сырой клетчатки – 4,3.

Смешивание зерновых компонентов в смесителе СГК-2,5 проводили в течение 3 мин; 2 мин 30 с; 2 мин (табл. 16).

16. Расчет коэффициента вариации по данным химических анализов содержания клетчатки в предварительной смеси зернового сырья

Время смешивания	Содержание сырой клетчатки в пробах, %						Среднее значение $\bar{x}$, %	Коэффициент вариации V_c, %
	1	2	3	4	5	6		
				ПК-1 (пять зерновых компонентов)				
3′	4,47	4,21	4,00	4,04	4,14	3,88	4,12	3,96
2′30″	4,09	4,27	4,46	4,12	4,40	3,83	4,19	4,92
2′	4,28	4,27	3,87	4,29	3,85	4,14	4,40	5,07
				ПК-90 (два зерновых компонента)				
3′	4,20	4,25	4,16	4,56	4,44	4,32	4,32	3,44
2′30″	4,14	4,36	4,10	4,52	4,38	4,28	4,30	3,63
2′	4,60	4,12	4,27	4,18	4,46	4,15	4,30	4,49

Из полученных данных следует, что для смеси зерновых компонентов достаточно установить время смешивания, равное 2 мин.

Смешивание белкового и трудносыпучего сырья. Оценка качества выполнения этой операции сводится к установлению возможности уменьшения времени смешивания с 4 до 3 мин. Для получения полной картины взяты интервалы в 10 с. Вызвано это желанием либо выяснить резерв производительности существующей линии, либо оценить производительность линий в период реконструкции предприятий. Такая задача актуальна, например, для Рижского комбикормового завода. У него высокая производительность линий основного дозирования и узкое место – линия подготовки смесей белкового и трудносыпучего сырья. При замене объемного дозирования на весовое из-за отсутствия производственных площадей на этом предприятии может быть установлена только одна линия дозирования – смешивания. Нужно узнать ее максимальную производительность без потери качества конечного продукта.

Оценку качества предварительной смеси белкового сырья проводили, выбрав в качестве индикатора поваренную соль, содержание которой определяли аргентометрическим методом (табл. 17).

Из таблицы следует, что время смешивания белкового и трудносыпучего сырья нецелесообразно устанавливать менее 3 мин 30 с.

Линии основного дозирования – смешивания. Качество оценивали по двум направлениям: белковое и трудносыпучее сырье смешивали в смесителе № 7 в течение 3 мин 30 с; при этом время работы основного смесителя № 1 изменяли так: 3 мин; 3 мин 20 с; 3 мин 40 с; при работе смесителя № 7 в течение 3 мин оценивали качество массы в смесителях № 1, 2, 3, 4, работавших соответственно 3 мин 50 с; 3 мин 40 с; 3 мин 18 с; 2 мин 43 с.

17. Изменение коэффициента вариации при изменении времени смешивания белкового и трудносыпучего сырья (рецепт ПК-4)

Время смешивания	Содержание соли поваренной в пробах, %						Среднее значение $\bar{x}$, %	Коэффициент вариации V_c, %
	1	2	3	4	5	6		
3′50″	1,42	1,42	1,48	1,52	1,50	1,44	1,46	2,95
3′40″	1,36	1,24	1,27	1,36	1,36	1,30	1,32	4,02
3′30″	1,36	1,18	1,36	1,24	1,17	1,21	1,25	7,61
3′20″	1,59	1,42	1,36	1,24	1,29	1,26	1,36	9,56
3′10″	1,06	1,00	1,30	1,00	1,25	1,12	1,12	11,61
3′	1,38	1,36	1,18	1,56	1,24	1,06	1,31	13,74

Качество смешивания оценивали по распределению поваренной соли, которую вводили в количестве 0,3 %, согласно рецептам ПК-1 и ПК-4. Предварительно составляли эталонные образцы комбикормов с содержанием соли 0,37 % (ПК-1) и 0,41 (ПК-4).

Конечное качество продукции находится на должном уровне при обработке предварительных смесей белкового и трудносыпучего сырья в течение 3 мин 30 с, при этом смесители в линиях основного дозирования должны быть запрограммированы на работу от 3 мин 40 с до 3 мин 50 с (табл. 18). Исключение составляет смеситель № 4, который работает лучше серийных, так как его рабочие органы были модернизированы.

Проведенный анализ работы технологической схемы Болшевского комбикормового завода при паспортных и фактических режимах на ряде основных рецептов показал следующее.

1. Основная линия дозирования – смешивания при загрузке смесителей № 1; 2; 3; 4 порциями в 2400 кг и нормативном времени смешивания 4 мин имеет запас производительности 10...14 %, что может обеспечить выработку до 2190 т комбикормов в сутки (за 100 % принята производительность в 1987,2 т, т. е. 662,4 х 3).

2. Применяемые на предприятии режимы смешивания в 3 мин 50 с (смеситель № 1), 3 мин 40 с (смеситель № 2), 3 мин 18 с (смеситель № 3), 2 мин 43 с (смеситель № 4) обеспечивают удовлетворительное качество смеси (оценка по распределению поваренной соли, проведенная с применением коэффициента вариации). Это возможно как в результате общего построения технологической схемы, основанной на изготовлении предварительных смесей зернового, белкового и минерального сырья, так и в результате поддержания оборудования в технически исправном состоянии, а также модернизации смесителя № 4. Сокращение времени смешивания обеспечивает резерв производительности данного узла еще до 18 %.

18. Оценка качества смешивания в линиях основного дозирования – смешивания в зависимости от продолжительности процесса*

Время смешивания	Содержание соли поваренной в пробах, %						Среднее значение $\bar{x}$, %	Коэффициент вариации V_c, %
	1	2	3	4	5	6		
Рецепт ПК-1 (смеситель № 1)								
3′	0,35	0,35	0,30	0,44	0,40	0,36	0,37	16,75
3′20″	0,35	0,35	0,41	0,41	0,39	0,40	0,39	9,73
3′40″	0,40	0,35	0,30	0,35	0,35	0,34	0,44	9,70
Смеситель № 1								
3′50″	0,30	0,32	0,33	0,30	0,35	0,35	0,33	7,04
Смеситель № 2								
3′40″	0,30	0,30	0,35	0,33	0,30	0,36	0,32	8,75
Смеситель № 3								
3′18″	0,34	0,32	0,45	0,42	0,36	0,30	0,36	16,39
Смеситель № 4								
2′43″	0,38	0,35	0,35	0,40	0,32	0,30	0,35	10,28
Рецепт ПК-4 (смеситель № 1)								
3′	0,36	0,39	0,43	0,46	0,35	0,48	0,41	12,98
3′20″	0,43	0,37	0,46	0,41	0,48	0,44	0,41	10,97
3′40″	0,38	0,37	0,41	0,46	0,43	0,42	0,41	8,53
Смеситель № 1								
3′50″	0,41	0,37	0,37	0,43	0,40	0,41	0,40	5,48
Смеситель № 2								
3′40″	0,40	0,41	0,42	0,38	0,44	0,43	0,41	5,37
Смеситель № 3								
3′18″	0,47	0,41	0,39	0,38	0,40	0,43	0,41	8,05
Смеситель № 4								
2′43″	0,42	0,42	0,43	0,36	0,39	0,37	0,40	7,25

* Обработка предварительной смеси белкового и трудносыпучего сырья проходила в течение 3 мин 20 с.

3. Запас производительности в линии предварительной смеси зернового сырья составляет от 8 % (рецепт ПК-3) до 83 % (рецепт ПК-5) при времени смешивания 2 мин 30 с и цикле дозирования – смешивания от 3 мин 10 с до 3 мин 40 с.

Узкое место линии – работа смесителей № 5 и 6, и прежде всего из-за интенсивного износа их рабочих органов. Исследованиями установлено, что продолжительность смешивания здесь может быть сокращена до 2 мин, а коэффициенты запаса увеличатся на 15...18 %.

4. Дальнейшее совершенствование линии подготовки зерновой предварительной смеси должно быть направлено на изыскание смесителей (усреднителей) со временем смешивания от 1 мин 30 с до 2 мин либо установку молотковых дробилок, одновременно эффективно смешивающих компоненты. В качестве первого шага следует считать опыты по оценке качества конечного продукта и снятию характеристик технологического процесса при отключении смесителей в линии предварительной смеси зернового сырья.

5. Запас производительности линии предварительных смесей белкового и трудносыпучего сырья составляет от 10 до 70 %, кроме рецепта ПК-5, который включает 32,5 % этой смеси (K-1).

6. Использование балансового метода, основанного на правиле кратности, позволяет улучшить технологическую подготовку производства, учет и отчетность, свести к минимуму или полностью ликвидировать нежелательные остатки сырья после выработки партии при переходе на другой рецепт.

7. Устанавливать время работы смесителя № 7 по приготовлению предварительных смесей белкового и трудносыпучего сырья меньше 3 мин 30 с нельзя, так как это ухудшит качество смеси в основных смесителях № 1; 2; 3; 4.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КЛИНСКОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Клинский комбикормовый завод Московской области мощностью 1000 т/сут – современное предприятие, построено в 1978 г. Завод включает следующий комплекс цехов, соединенных в единую технологическую цепочку: приемное устройство сырья с железной дороги и автотранспорта; элеватор для хранения запасов зерна; корпус мучнистого сырья и шротов; склад сырья напольного типа; оперативный корпус; производственный корпус; корпус готовой продукции с отпуском на железную дорогу и автотранспорт; вспомогательные сооружения и цеха – служебно-бытовой корпус, котельная, мастерские и другие, обеспечивающие нормальное функционирование производства.

Завод был запроектирован для производства 750 т комбикормов в сутки, с доведением мощности в последующем до 1000 т/сут. Она была достигнута к концу 1979 г.

Технологическая схема Клинского комбикормового завода до 1987 г. была поточная, с несимметричным построением и явно выражен-

ными циклами работы. Схема обеспечивает одновременную работу по двум различным рецептам при гранулировании рассыпного комбикорма одного рецепта. Схема короткая, включает в себя десять основных технологических линий.

Каждый из производственных потоков можно подразделить на следующие основные технологические блоки:

предварительное дозирование зернового и гранулированного сырья с последующей их подготовкой, измельчением, просеиванием;

предварительная подготовка минерального и трудносыпучего белкового сырья, включающая дозирование, смешивание, ситовой контроль, измельчение крупных фракций;

линия дозирования мучнистого сырья и шротов.

Существуют и другие подготовительные линии, а также линии гранулирования, хранения и отпуска готовой продукции.

Все виды зернового сырья, входящие в состав комбикорма, а также гранулированную травяную муку и шроты подают в крайние поперечные силосы корпуса мучнистого сырья и шротов, используемые в качестве оперативных. Под этими силосами установлены по одному в каждом производственном потоке горизонтальные многокомпонентные весовые дозаторы АД-3000-ГК. Будем считать, что дозатор АД-3000-ГК № 1 установлен в первом потоке, а № 3 – во втором. Под дозаторами смонтированы цепные конвейеры ТСЦ-100 (№ 7 и 9 – первый поток, № 11 и 13 – второй поток), которые подают предварительные смеси в нории II-100 № 17а и 20а, расположенные в производственном корпусе (рис. 16). Далее симметрия построения схемы нарушается:

Первый поток	Второй поток
Нория № 17а – подъем на высоту четвертого этажа	Нория № 20а – подъем на высоту шестого этажа
Отделение металломагнитных примесей (два прохода)	Отделение металломагнитных примесей (один проход)
Бункер № 1 вместимостью 3 т (на один отвес) над дробилками	Смеситель СГК-2,5 № 4; бункер № 2 вместимостью 18 т над дробилками
Молотковые дробилки А1-ДДР № 1; 2; 5; 6	Молотковые дробилки А1-ДДР № 3; 4; 7; 8
Нория II-100 № 17, подъем на восьмой этаж	Нория II-100 № 20, подъем на восьмой этаж
Два распределителя потоков	Три распределителя потоков
Два модернизированных рассева ЗРШ-6М для контроля крупности размола	Рассев для контроля крупности размола ЗРШ-6М; модернизированный рассев ЗРШ-6М
Проход с рассевов – в бункер № 1 вместимостью 3 т, расположенный рядом с дозатором 10-ДК-2500 № 2; сход – возврат в бункер над группой дробилок № 1, 2, 5, 6 для доизмельчения	Проход с рассевов – в бункер № 2 вместимостью 15 т, расположенный над дозатором 10-ДК-2500 № 4; сход – на магнитную колонку и далее в вальцовый станок БВ для доизмельчения; после доизмельчения сход через норию II-100 № 21 (подъем на восьмой этаж) попадает в бункер № 2 (объединяется с проходом)

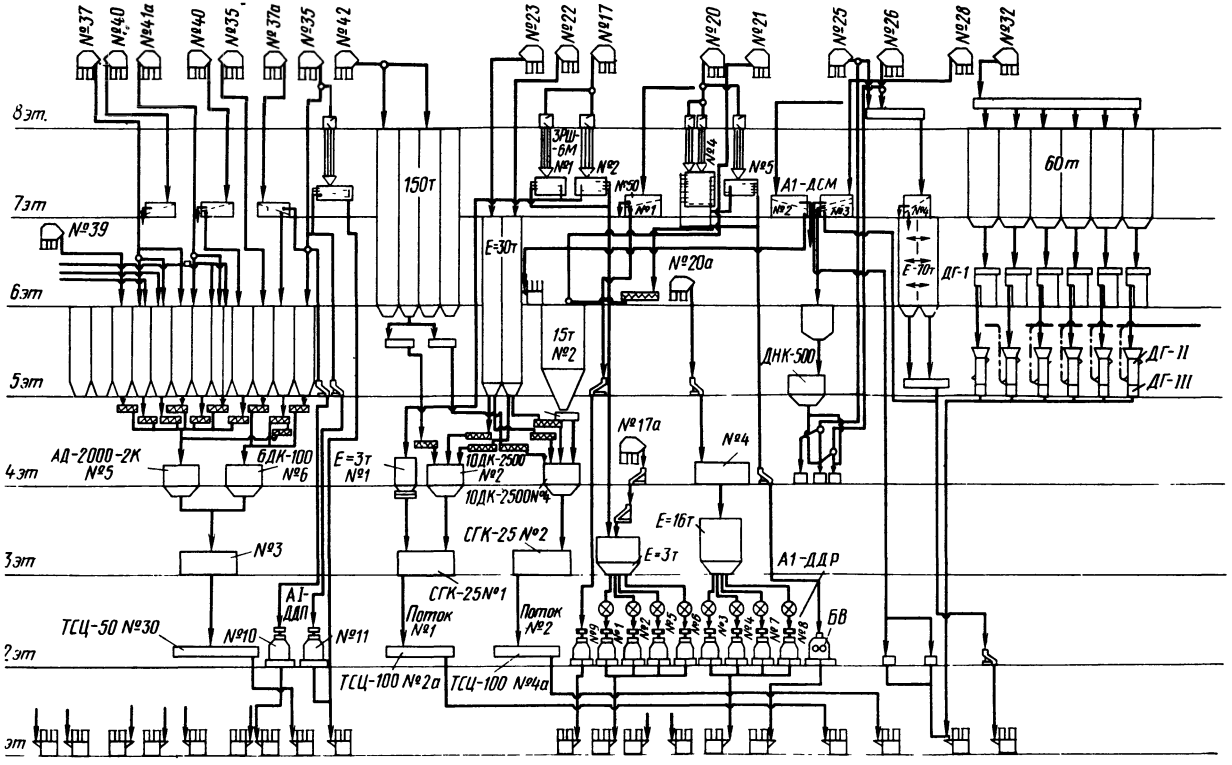


Рис. 16. Технологическая схема производственного корпуса Клинского комбикормового завода (подача зерновой смеси в норию № 17а с весового дозатора АД-3000-ГК № 1 конвейерами № 7 и 9, а зерновой смеси в норию № 20а с весового дозатора АД-3000-ГК № 3 конвейерами № 11 и 13).

В зависимости от производительности потока, а также для ремонта и профилактики часть дробилок А1-ДДР в группах № 1; 2; 5; 6 и № 3; 4; 7; 8 может быть отключена.

Анализ показывает, что при таком построении схем алгоритмы работы в первом и во втором потоках существенно отличны.

В первом потоке порционное (т. е. строго выдержанное соотношение компонентов в расчете на фактическую вместимость главного смесителя) формирование зерновой предварительной смеси в дозаторе АД-3000-ГК № 1; порционная подготовка этой смеси с обязательным холостым ходом дробилок, без последующего вторичного дозирования (масса порций в зависимости от рецепта составляет 60...80 % вместимости смесителя, т. е. от номинальной 2,5 или от фактической).

Во втором потоке возможна загрузка дозатора АД-3000-ГК № 3 до 2,5 т, т. е. до полной вместимости смесителя СГК-2,5 № 4; организация непрерывного процесса измельчения в группе молотковых дробилок № 3; 4; 7; 8; повторное дозирование зерновой смеси через многокомпонентный дозатор 10ДК-2500 № 4.

Анализ технологической схемы Клинского комбикормового завода представляет возможность ответить на вопрос, какое построение схемы предпочтительнее, с дискретным или непрерывным алгоритмом работы, какие преимущества и недостатки в построении схемы каждого из этих вариантов.

В первом потоке заложены технические идеи, нашедшие воплощение в технологии комбикормового цеха Раменского комбината хлебопродуктов. Это – малая инерционность схемы, отсутствие в коммуникациях и бункерах "хвостов", сокращение в каждом цикле продолжительности работы весового дозатора на бывшей "основной" линии дозирования. К недостаткам следует отнести неполную загрузку многокомпонентного дозатора АД-3000-ГК, холостые ходы молотковых дробилок.

Во втором потоке реализованы технические идеи, примененные на Болшевском комбикормовом заводе, – дозирование и смешивание зернового и гранулированного сырья, непрерывная работа дробилок без холостых ходов, доизмельчение сходов на специально выделенной системе, повторное дозирование предварительной смеси. К недостаткам этой схемы следует отнести: интенсивный износ рабочих органов смесителя при работе на зерновых смесях, необходимость обеспечения кратности отвесов в дозаторе АД-3000-ГК № 3 производственному (сменному) заданию либо неизбежны потери качества при замене рецептов из-за наличия "хвостов".

В схему также входит общая линия подготовки предварительной смеси белкового и минерального сырья и премиксов с многокомпонентными весовыми дозаторами АД-2000-2К и 6ДК-100 и смесителем СГК-2,5М. Производительность линии такова, что она должна обеспечивать работу обоих производственных потоков на различных рецептах. Для накопления этой смеси в схеме предусмотрено два бункера, из которых продукты подают на повторное дозирование многокомпонентными весовыми дозаторами 10ДК-2500 № 2 и 4.

19. Временные промежутки работы (с) оборудования на первом потоке измельчения зернового и гранулированного сырья

Операции	АД-3000-ГК № 1	ТСЦ-100 № 7	ТСЦ-100 № 9	Нория II-100 № 17а	Магнитная колонка	Дробилки А1-ДДР № 1; 2; 5; 6	Рассева ЗРШ-6М № 1; 2	Нория II-100 № 17
Набор отвеса $t_{н.в}$	280	–	–	–	–	–	–	–
Ожидание перед разгрузкой $t_{ож}$	20	–	–	–	–	–	–	–
Разгрузка весов $t_{р.в}$	20	–	–	–	–	–	–	–
Ожидание перед набором отвеса $t_{ож}$	12	–	–	–	–	–	–	–
Рабочий период $t_р$	–	136 *	136	132	132	396	408	420
		116	116	112	112	292	304	316
Транспортирование продукта $t_{тр}$, $t_н$ (расчетно)	–	16	16	12	–	–	–	24
Холостой ход $t_{х.х}$	–	412	412	416	416	156	144	132
		332	332	336	336	166	142	132
Выход дробилки на max (120 А) и min (30 А) режим работы	–	–	–	–	–	8	–	–

* Числитель – рецепт ПК-1, знаменатель – рецепт К-55.

20. Временные промежутки (с) оборудования на втором потоке измельчения зернового и гранулированного сырья
(для рецепта ПК-1)

Операции	АД-3000-ГК № 3	ТСЦ-100 № 11	ТСЦ-100 № 13	Нория II-100 № 20а	Магнитная колонка	СГК-2,5 № 4	А1-ДДР № 3, 4, 7, 8	Нория II-100 № 20	Рассева ЗРШ-6М № 4, 5	Вальцовый станок БВ
Набор отвеса $t_{н.в}$	220	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ожидание перед разгрузкой $t_{ож}$	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Разгрузка весов $t_{р.в}$	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ожидание перед набором отвеса $t_{ож}$	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рабочий период $t_{р}$	–	124	124	124	120	–	232	256	244	240
Транспортирование продукта $t_{тр}$, $t_{н}$ (расчетно)	–	16	16	16	–	–	–	24	–	–
Холостой ход $t_{х.х}$	–	148	148	148	152	8	40	16	28	32
Заполнение смесителя $t_{н}$	–	–	–	–	–	108	–	–	–	–
Смешивание $t_{см}$	–	–	–	–	–	124	–	–	–	–
Разгрузка смесителя $t_{р}$	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–
Закрытие задвижки смесителя $t_{з}$	–	–	–	–	–	12	–	–	–	–

21. Временные промежутки работы (с) оборудования при подготовке белкового и минерального сырья и премиксов

Операции	АД-2000-2К № 5	6ДК-100 № 6	СГК-2,5 № 3	ТСЦ-50 № 30	Нория II-100 № 36	Рассев ЗРШ № 6	А1-ДДП № 11	Нория II-100 № 42
Набор отвеса $t_{н.в}$	480 * / 240	180 / 200	–	–	–	–	–	–
Ожидание перед разгрузкой $t_{ож}$	4 / 4	154 / 44	–	–	–	–	–	–
Разгрузка $t_р$	20	20	–	–	–	–	–	–
Ожидание перед набором отвеса $t_{ож}$	12	12	–	–	–	–	–	–
Рабочий период $t_{раб}$	–	–	–	84	88	80	180	216
Транспортирование продукта $t_{тр}$, $t_н$ (расчетно)	–	–	–	20	24	–	–	24
Холостой ход $t_{х.х}$	–	–	56	272 / 208	268 / 204	280 / 216	196 / 112	150 / 76
Заполнение смесителя $t_н$	–	–	20	–	–	–	–	–
Смешивание $t_{см}$	–	–	204 / 196	–	–	–	–	–
Разгрузка смесителя $t_р$	–	–	64	–	–	–	–	–
Закрытие задвижки смесителя $t_з$	–	–	12	–	–	–	–	–

* Везде числитель – рецепт ПК-1, знаменатель – рецепт К-55

В линии установлены также модернизированный рассев ЗРШ-6М № 6 и молотковая дробилка А1-ДДП № 11 для измельчения сходовых продуктов с этого рассева.

При таком построении схемы линия дозирования, считавшаяся ранее основной, выполняет сокращенные функции – здесь происходит дозирование только двух компонентов – отрубей и шротов.

Работа технологической схемы была исследована методом построения циклограмм, для чего был проведен хронометраж оборудования с трехкратной повторностью (табл. 19...22).

22. Временные промежутки работы (с) оборудования на главной линии дозирования – смешивания

Операции	Бункер над смесителем	Первая линия		Вторая линия	
		10ДК-2500 № 2	СГК-2,5 № 1	10ДК-2500 № 4	СГК-2,5 № 2
Набор отвеса $t_{н.в}$	396 *	108	20	124	20
	292	92		128	
Ожидание $t_{ож}$ или холостой ход $t_{х.х}$	–	12	260	112	4
		324	156		
Разгрузка $t_р$	2	20	20	20	20
Смешивание $t_{см}$	–	–	240	–	216
Закрытие задвижек $t_з$	13	12	12	12	12

* Числитель – рецепт ПК-1, знаменатель – рецепт К-55.

Изучение проводили при выработке комбикормов в течение 8-часовой смены по каждому рецепту: ПК-1 – для кур-несушек и К-55 – для откорма свиней.

Значение временных промежутков работы весовых дозаторов (АД-3000-ГК, АД-2000-2К, 6ДК-100 и 10ДК-2500) замеряли по показаниям циферблатных головок, а также по срабатыванию пневмопривода выпускных задвижек. Продолжительность подачи продуктов определяли через смотровые люки на головке нории. Время подъема отсчитывали по команде диспетчера, подаваемой с пульта управления. При этом одновременно с включением подачи продукта в башмак нории включали секундомер, находясь у головки нории.

Синхронизация достигалась при соблюдении некоторых обговоренных между собой интервалов времени. Временные промежутки работы молотковых дробилок определяли по показаниям амперметра. Время работы смесителя замеряли с момента загорания сигнальной лампы "Идет смешивание", а выключали секундомер в момент загорания сигнальной лампы "Открытие задвижки". Замеры дублировали, определяя работу смесителя "на слух" по работе привода.

Применяли и другие в целом несложные методы определения продолжительности работы оборудования (или прохождения продукта), которые могут быть легко освоены или приняты непосредственно на любом действующем предприятии. Главное здесь заключается в фиксировании внимания последовательно на всех механизмах и машинах, входящих в ту или иную линию, повторность, проверка получаемых данных другими доступными методами, а также сопоставление данных хронометрирования с расчетными.

По данным хронометража построена циклограмма технологического процесса выработки комбикорма по рецепту ПК-1 (рис. 17). Результаты графоаналитического расчета сведены в таблицу 23.

23. Сводные данные графоаналитического расчета работы технологической схемы Клинского комбикормового завода

Наименование	Рецепты	
	ПК-1	К-55
Время начального цикла $t_{н.ц}$:		
первый поток	18′28″	16′48″
второй ″	18′48″	18′48″
Время установившегося цикла $t_ц$:		
первый поток	9′12″	7′28″
второй ″	4′32″	4′32″
Производительность, т/ч:		
первый поток	15,65	19,3
второй ″	29,35	29,35
Суммарная производительность двух потоков, т/ч	45	48,65
Производительность, т/сут:		
первый поток	328,4	404,9
второй ″	616,3	616,3
Производительность завода (по циклограммам) без учета длительности начального цикла, т/сут	945,0	1021,2

Приведенные расчетные данные производительности комбикормового завода получены при следующих фактических данных, взятых непосредственно на производстве:

фактическая загрузка главного смесителя, т:	
в первом потоке (смеситель № 1), т	2,4
во втором потоке (смеситель № 2)	2,2
Время смешивания, с:	
в смесителе № 1	240
в смесителе № 2	216

Если предусмотреть полную загрузку смесителей до паспортной вместимости (2,5 т), производительность завода увеличится при выработке комбикормов по рецептам соответственно ПК-1 1070 т/сут и К-55 1156,3 т/сут.

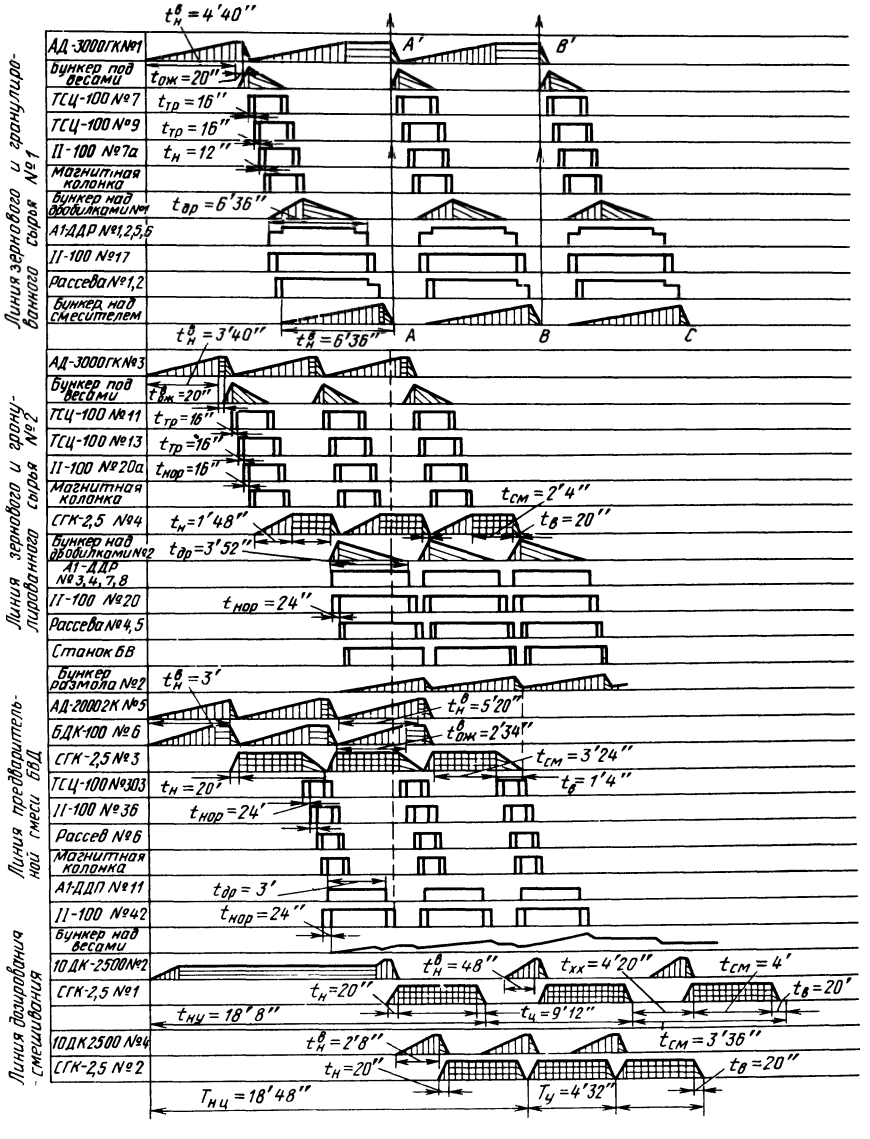


Рис. 17. Циклограмма технологического процесса Клинского комбикормового завода при выработке комбикормов по рецепту ПК-1.

Если исключить из работы явное нарушение Правил, выражающееся в сокращении времени смешивания в главном смесителе № 2 (второй поток), и обеспечить смешивание в течение 4 мин ($T_ц$ = 4 мин 56 с), получим технически обоснованную производительность предприятия при принятом построении технологической схемы и данном управлении технологическим процессом: ПК-1 – 1008 т/сут, К-55 – 1095 т/сут.

Из данных таблицы 23 следует, что во втором технологическом потоке продолжительность начального и установившегося циклов не зависит от состава рецепта вырабатываемого комбикорма. Время установившегося цикла дозирования – смешивания в 1,65...2,0 раза в первом потоке продолжительнее, чем во втором, а при паспортном времени смешивания оно будет больше в 1,5...1,8 раза.

Существует ли резерв в увеличении производительности в первом технологическом потоке? Частично ответ на этот вопрос дает циклограмма на рисунке 18 и сопоставление ее с рисунком 17.

Из рисунка 17 следует, что холостой ход смесителя СГК-2,5 № 1 равен 4 мин 20 с, в то же время многокомпонентный весовой дозатор АД-3000-ГК № 1, формирующий зерновую предварительную смесь для первого потока, имеет время вынужденного простоя в каждом цикле около 3 мин 40 с. Именно это явление обусловливает затяжку цикла, так как сигнал на разгрузку весового дозатора поступает от конечного выключателя задвижки бункера № 1 вместимостью 3 т, который установлен рядом с многокомпонентным весовым дозатором 10ДК-2500 № 2 и сблокирован с ним. Позднее поступление сигнала решающим образом влияет на продолжительность цикла из-за наличия в первую очередь протяженных коммуникаций.

Следовательно, вопрос может быть поставлен так: можно ли получить "ранний" управляющий сигнал, и если можно, то с какого оборудования (датчика, бункера)? Главное условие, чтобы сигнал поступал именно с данного технологического потока, а не извне, как это иногда практикуется при установке, например, командоэлектрического прибора (КЭП).

На циклограмме (см. рис. 18) показан один из возможных вариантов, когда сигнал "снимается" через реле времени с группы молотковых дробилок А1-ДДР № 1; 2; 5; 6 (или с одной дробилки) в тот момент, когда дробилка начинает переходить в режим холостого хода. Такое решение дает выигрыш в 114 с в каждом цикле. Поэтому производительность первого потока увеличится в среднем на 100 т/сут при выработке комбикорма по рецепту ПК-1 и на 140 т/сут при выработке комбикорма по рецепту К-55. Холостой ход смесителя при этом сократится с 4 мин 20 с до 2 мин 28 с. В данном случае еще не достигается оптимальный режим работы данной схемы, так как холостой ход группы молотковых дробилок около 30 с, а весовой дозатор будет еще простаивать в ожидании очередной разгрузки 1 мин 46 с.

Стремясь к гармоничным построению и работе данной технологической схемы (в первом потоке), можно сократить еще на 1 мин 30 с простой весового дозатора АД-3000-ГК № 1. Для этого потребуется

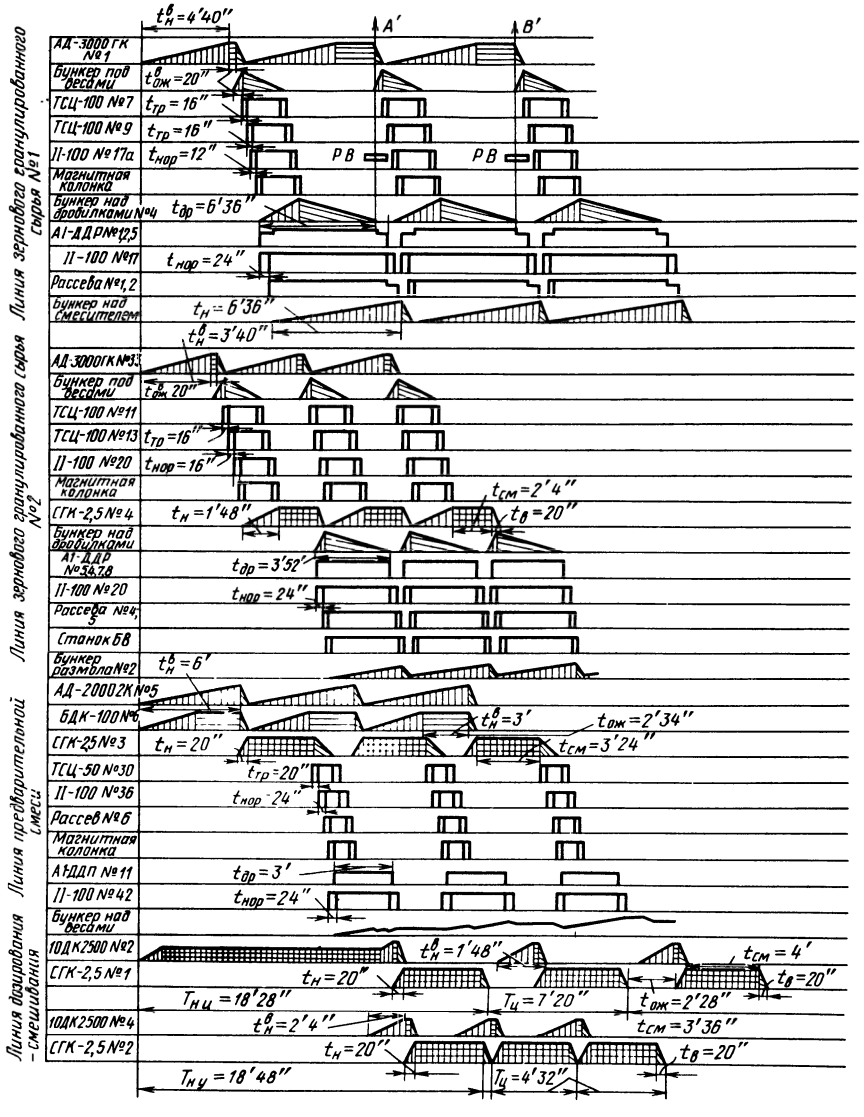


Рис. 18. Циклограмма технологического процесса Клинского комбикормового завода при выработке комбикорма по рецепту ПК-1 при опережающем формировании управляющих команд.

увеличить производительность молотковых дробилок, с тем чтобы они выполняли работу по измельчению порции не за 396 с (см. табл. 19), а за 306 с, что равносильно увеличению суммарной производительности измельчающих машин на 25 % (включением резервных или установкой новых). В этом случае время установившегося цикла будет сокращено до 5 мин 50 с, что весьма близко к минимально достижимому для данной схемы. Производительность потока в первой линии достигнет максимума 540 т/сут против 328...405 т/сут (табл. 23), а суммарная производительность двухпоточной схемы при соблюдении узаконенных Правилами режимов будет 1240 т/сут.

Таким образом, проводя сопоставительный анализ, можно ответить на основные вопросы. В первом технологическом потоке при порционном формировании предварительной смеси зерновых и гранулированных компонентов максимально возможная производительность составляет около 540 т/сут. Во втором, с непрерывной подготовкой предварительной смеси и повторным дозированием, она может быть доведена до 700 т/сут. При этом следует помнить, что в первом потоке не образуются не поддающиеся учету "хвосты", а во втором – они есть и их наличие должно сказываться на качестве той части продукции, которая выпускается непосредственно после замены одного рецепта другим.

Преимущества схемы первого потока могут быть максимально выявлены при выпуске продукции по часто сменяемым рецептам: чем большее число рецептов необходимо выполнить в течение смены, тем эти преимущества нагляднее.

Технологическая схема второго потока может быть рекомендована при выпуске больших товарных масс одинаковой продукции. При этом для сведения к минимуму отрицательного последствия остатков ("хвостов") следует обратить внимание на синхронизацию отвесов на многокомпонентных весовых дозаторах АД-3000-ГК, формирующих предварительную смесь зернового и гранулированного сырья, и фактическую вместимость основного смесителя СГК-2,5 на главной линии дозирования – смешивания.

Пример. Задано выработать партию комбикорма G объемом 500 т. Фактическая загрузка главного смесителя установлена $Q_{\text{ф}}^{1} = 2{,}4$ т. Необходимо синхронизировать потоки.

1. Для выполнения задания нужно выполнить m_1 циклов дозирования – смешивания, где m_1 – целое число.

$$G = Q_{\text{ф}}^{1} m_1 . \qquad (12)$$

Решая это уравнение относительно m_1, находим $500 : 2{,}4 = 208{,}33$.

Так как по расчету m_1 не целое число, следует округлить его до большего значения и уточнить объем задания. Если принимаем $m_1' = 209$, то фактическое задание будет

$$G_{\text{ф}} = Q_{\text{ф}}^{1} m_1' = 2{,}4 \cdot 209 = 501{,}6 \text{ т}.$$

2. Если по данным рецепта доля зерновых и гранулированных компонентов J_1 равна 0,7, а остальных видов сырья – 0,3, можно записать

$$G_{\Phi} = Q_{\Phi}^{1}(J_1 + J_2)m_1' . \qquad (13)$$

Отсюда доля зерновых и гранулированных компонентов в тоннах

$$G_3 = Q_{\Phi}^{1} J_1 m_1' .$$

С другой стороны, поскольку она формируется, проходя через свой порционный смеситель СГК-2,5, она должна быть кратна фактической вместимости этого смесителя, умноженной на число замесов в нем.

$$G_3 = Q_{\Phi}^{1} J_1 m_1' = Q_{\Phi}^{2} m_2, \qquad (14)$$

где Q_{Φ}^{2} – фактическая вместимость смесителя зерновых и гранулированных компонентов; m_2 – число замесов в этом смесителе (целое число).

Последнее уравнение (14) следует решать относительно Q_{Φ}^{2}, имея в виду, что $2{,}5 \geqslant Q_{\Phi}^{2} \geqslant 1{,}8$, и относительно m_2, методом перебора. Если Q_{Φ}^{2} равно 2,5 т, то

$$m_2 = \frac{Q_{\Phi}^{1}}{Q_{\Phi}^{2}} J_1 m_1' = \frac{2{,}4}{2{,}5} \cdot 0{,}7 \cdot 209 = 140{,}45. \qquad (15)$$

Поскольку m_2 может быть только целым числом, а вместимость смесителя принята предельной, округлять полученное значение следует в большую сторону, т. е. $m_2' = 141$ замес.

Тогда фактическая вместимость смесителя зерновых и гранулированных компонентов будет:

$$Q_{\Phi}^{2} = Q_{\Phi}^{1} J_1 \frac{m_1'}{m_2'} . \qquad (16)$$

$$Q_{\Phi}^{2'} = 2{,}4 \cdot 0{,}7 \frac{209}{141} = 2490 \text{ кг}.$$

Если Q_{Φ}^{2} принять по минимальному значению, т. е. $Q_{\Phi}^{2''} = 1{,}8$, получим решение:

$$m_2'' = \frac{2{,}4}{1{,}8} \cdot 0{,}7 \cdot 209 = 195 \text{ замесов};$$

$$Q_{\Phi}^{2''} = 2{,}4 \cdot 0{,}7 \cdot \frac{209}{195} = 1800 \text{ кг}.$$

Далее можно рассчитать и промежуточные значения. Например, средний вариант $m_2''' = 168$ замесов и $G_{\Phi}^{2'''} = 2145$ кг.

Технолог, располагая несколькими парными данными, выбирает предпочтительные, например, ориентируясь на кратность набора массы (2490, 1800 или 2145 кг) по шкале, т. е. делимость без остатка на 2,5 или 3 кг. В данном случае, поскольку условие кратности удовлетворяется везде, следует сделать проверку по массам входящих в набор компонентов.

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ БОРИСПОЛЬСКОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Бориспольский завод мощностью 50 т/ч комбикормов (1050 т/сут) в системе Министерства хлебопродуктов СССР – одно из первых автоматизированных предприятий, в котором для решения задач автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) и автоматизированной системы управления производством (АСУП) предусмотрена установка управляющих ЭВМ. Ряд основных решений до использования в данном проекте был опробирован в комбикормовом цехе Раменского комбината хлебопродуктов. Автоматизация линии гранулирования с управлением от вычислительной машины была испытана на Киевском комбикормовом заводе. Завод введен в эксплуатацию в конце 1986 г. После специальных наладочных работ, опробования систем и программ управления, доводочных работ отдельные линии и маршруты будут включены в работу с передачей функций контроля и управления на ЭВМ. Применение ЭВМ увеличит мощность завода предположительно на 15...20 % в результате оперативного управления производства в целом, и в частности технологическим процессом.

Вычислительные машины на комбикормовом заводе позволяют решать следующие задачи.

1. Автоматизировать учет расходуемого в производстве сырья по всем видам и за любой период времени (смену, сутки, декаду) с переводом данных на печатающее устройство.

2. Формировать данные о наличии сырья в складах в любой момент времени. Эта задача решается, с одной стороны, благодаря организации учета при поступлении сырья по автомобильным и железнодорожным весам. Весы оборудованы устройствами, фиксирующими массу "Брутто", "Тару" и после обработки данных передающими массу "Нетто" в память центрального процессора. Возможен ручной ввод информации о сырье, прибывшем в трафаретной таре по числу единиц. С другой стороны, задача решается с учетом передачи в производство всех видов сырья. Разность между поступлением и расходом сырья каждого вида составит наличие его на складе. Эту учетную (приходно-расходную) операцию увязывают с конкретной информацией о нумерации силосов, бункеров, отсеков, в которых хранят сырье, что необходимо для решения последующих задач о размещении.

3. Рассчитывать потребность в сырье на любой планируемый период, если известно, какую продукцию и в каком количестве за этот период надо выработать. По существу, ЭВМ может формировать план завоза сырья, подготавливать конкретное задание коммерческой службе предприятия на ближайшую неделю, декаду, месяц.

4. Учитывать готовую продукцию каждой смены с указанием видов или рецептов и нумерации силосов, бункеров, в которые ее разместят.

5. Учитывать отпуск комбикормов и БВД потребителям с фиксацией номера рецепта, даты, времени отпуска, потребителя, количества фактически отпущенной продукции. Последняя информация формируется на

автомобильных весах с фиксацией массы "Тары" (кормовоза), "Брутто" и расчета массы "Нетто". Масса нетто печатается на отпускных документах, информация уходит в память процессора.

6. Управлять всеми технологическими и транспортными операциями при выработке комбикормов и контролировать ход производства.

7. Исключать ошибки при адресовании сырья и готовой продукции в бункера и силоса; упростить формы отчетности, вести учет машинного времени работы основного технологического и транспортного оборудования; контролировать температуры подшипниковых узлов; проводить расчет технико-экономических показателей плана (по сменам) и фактических показателей при его исполнении; рассчитывать и корректировать рецептуру и показатели качества продукции; рассчитывать зарплату персонала предприятия.

8. Рассчитывать оптимальный план загрузки технологических линий предприятия и всего производственно-технологического комплекса для максимальной выработки продукции в заданном ассортименте (за сутки, неделю) – прямая задача, или выработку планового задания за минимальный рабочий период, что должно обеспечить минимальные производственные издержки.

9. Повысить качество операций дозирования – смешивания в результате автоматического отслеживания точности дозирования каждого компонента, сопоставления факта с заданием и корректирования работы питателей. Это должно обеспечить точность дозирования (± 0,1 % по сравнению с ± 0,5 % в обычных многокомпонентных дозаторах типа ДК и АД) и соблюдение заданного времени смешивания, например 4 мин в основном смесителе, исключение произвольного вмешательства в выполнение этой операции.

Особенностями компоновки сооружений Бориспольского комбикормового завода являются одноэтажный склад для сырья, вытянутый вдоль линии железнодорожных путей и примыкающий с торцевой стороны к корпусу зернового сырья; оперативный корпус; корпуса готовой продукции для отпуска на автомобильный транспорт проездного типа. Отметка пола склада поднята над уровнем железнодорожных путей на 1,1 м, с тем чтобы можно было разгружать вагоны с применением механизации, в том числе погрузчиков. Стены склада вдоль путей имеют открытые проемы для понижения категорийности по условиям пожаровзрывобезопасности. При такой компоновке сооружений транспортные коммуникации растянуты, особенно из-за оперативного корпуса.

Общая вместимость всех силосов и складов для хранения сырья около 28,5 тыс. т (на 27 сут) и для готовой продукции 5,9 тыс. т, в том числе силосов 4,4 тыс. т (всего на 5,6 сут). Восьмиэтажный производственный корпус включает и трехэтажный служебно-бытовой, в котором размещены диспетчерский пульт и лаборатория.

Особенность технологической схемы завода в формировании трех предварительных смесей: зернового и гранулированного сырья; трудносыпучего белкового сырья; сырья минерального происхождения. Схема спроектирована с использованием двух параллельных технологических

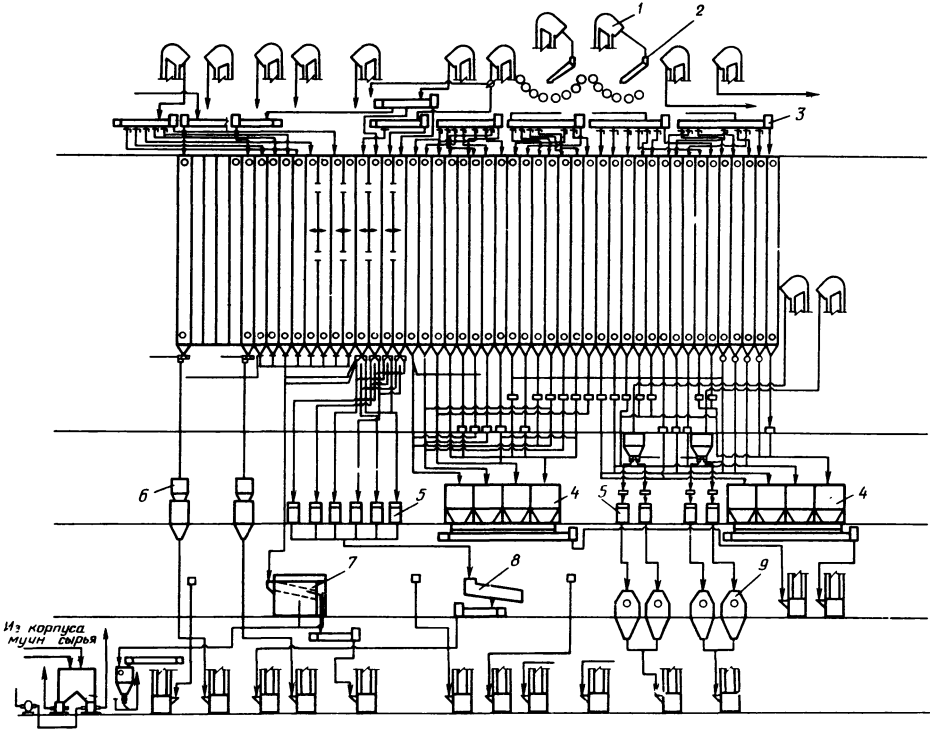


Рис. 19. Технологическая схема оперативного корпуса Борисполь-ского комбикормового завода:

1 – нория; *2* – поворотный круг; *3* – надсилосный конвейер; *4* – многокомпонентный весовой дозатор АД-3000-ГК; *5* – магнитная колонка; *6* – автоматические весы; *7* – сепаратор; *8* – просеивающая машина; *9* – молотковая дробилка.

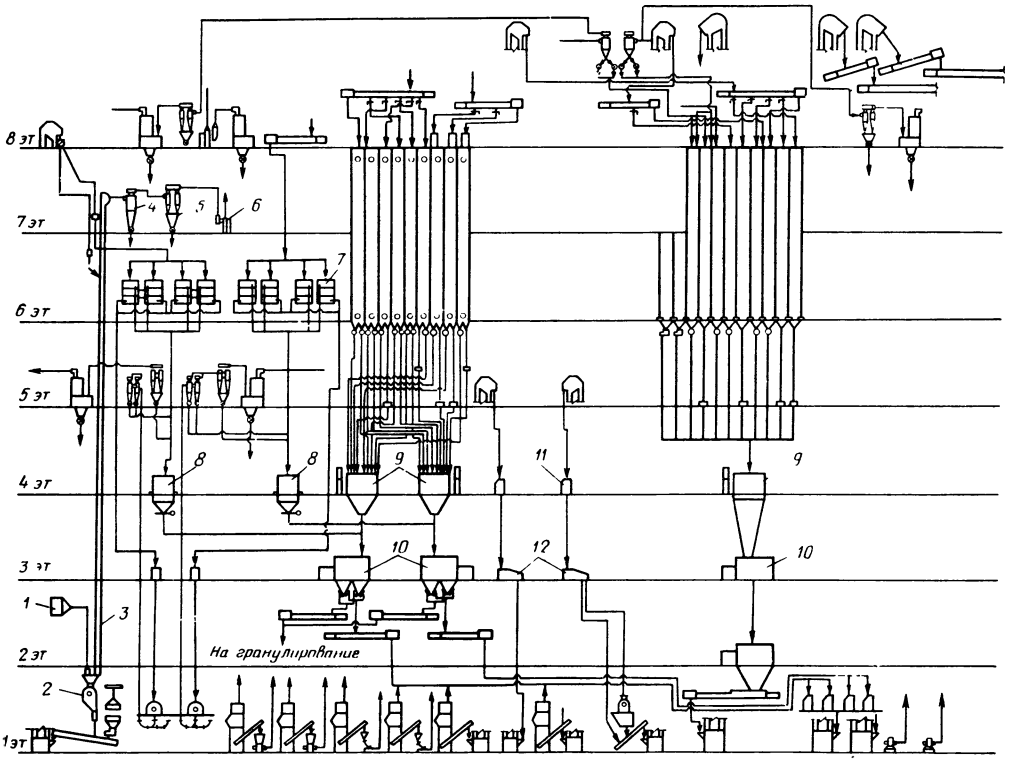


Рис. 20. Технологическая схема производственного корпуса Бориспольского комбикормового завода:

1 – калорифер; *2* – молотковая дробилка; *3* – пневмотруба; *4* – циклон-разгрузитель; *5* – батарея циклонов; *6* – вентилятор; *7* – рассев; *8* – бункер для предварительной смеси; *9* – многокомпонентный весовой дозатор; *10* – смеситель порционный; *11* – магнитная колонка; *12* – просеивающая машина.

потоков, поскольку пока еще отсутствует порционно работающее оборудование большой единичной производительности, позволяющее создать один поток с пропускной способностью 50...60 т/ч.

Технологическую схему составляют следующие основные технологические линии: две – зернового и мучнистого сырья; шротов; кормовых продуктов пищевых производств; рассыпной травяной муки; соли, мела и другого сырья минерального происхождения; две – предварительных смесей трудносыпучих компонентов зернового и гранулированного сырья; дозирования – смешивания; гранулирования.

Технологический процесс организован следующим образом (рис. 19, 20). Зерновое сырье после приема очищают в сепараторе ЗСМ-100 установленном в оперативном корпусе. Отходы пневмотранспортом направляют в специальный бункер. Очищенное зерновое сырье передают в корпус мучнистого сырья и шротов, взвешивают в автоматических весах ДН-1000-2 и хранят в корпусе зернового сырья. Такая схема движения сырья требует дополнительного транспортного оборудования, затрат электроэнергии и повышенных затрат на обслуживание.

При подаче в производство зерновое сырье из корпуса зернового сырья передают в корпус мучнистого сырья и шротов, взвешивают в автоматических весах ДН-1000-2 и норией поднимают в силосы оперативного корпуса. Отсюда зерновое сырье направляют в бункера над многокомпонентными весовыми дозаторами АД-3000-ГК.

Технологическая схема линии подготовки зернового сырья включает: дозирование в многокомпонентных весовых дозаторах АД-3000-ГК, очистку от металломагнитных примесей в электромагнитных сепараторах А1-ДЭС, измельчение в молотковых дробилках А1-ДМР. Измельченную зерновую смесь контролируют в рассевах ЗРШ-4М. Проход поступает в наддозаторные бункера на линию основного дозирования, а сход, пройдя через магнитную колонку БКМ-4-5, направляют в дробилку А1-ДДП.

Мучнистое и гранулированное сырье, поступающее по железной дороге, разгружают в двух приемных точках одновременно и взвешивают в автоматических весах ДН-1000-2. В оперативном корпусе сырье очищают в электромагнитных сепараторах А1-ДЭС, затем просеивают в машине А1-ДМК и направляют в бункера производственного корпуса на основное дозирование. Из корпуса мучнистого сырья продукты передают в производственный корпус.

Из корпуса мучнистого сырья и шротов через норию II-175/60 шрот конвейером подают с бункера оперативного корпуса. Бункера оснащены датчиками верхнего ДВУ и нижнего ДНУ уровней, а также винтовыми разгрузителями А1-ДРВ с винтовыми задвижками А1-ДЗВ. Жмых и шрот, взвешенные в автоматических весах ДН-1000-2, направляют в бункера, затем – в дозаторы АД-3000-ГК и электромагнитный сепаратор А1-ДЭС.

Измельченный в дробилках А1-ДМР продукт направляют в бункера производственного корпуса на линию основного дозирования.

На линии пищевого сырья продукт винтовым конвейером подают в норию I-20, очищают в электромагнитном сепараторе А1-ДЭС, подают в

просеиватель Ж9-ДПБ и цепным конвейером ТСЦ-25 направляют в бункера для предварительного дозирования.

Премиксы, травяную муку, сухое молоко подают пневмотранспортом в бункера на предварительное дозирование. Соль принимают из мягких контейнеров МК-1,5-2,0. Сырье попадает на ленточный конвейер ТБ-30-1,5-15, одновременно подается соль в дробилку А1-ДДП; измельченную соль направляют на предварительное дозирование. Известняковую муку и фосфат подают в бункера предварительного дозирования.

На линии предварительного дозирования компоненты после весового дозатора АД-2000-2К смешивают последовательно в двух смесителях А9-ДСГ-2 и подают на линию основного дозирования. Два весовых дозатора АД-2000-2К главной линии взвешивают все компоненты, за исключением зернового сырья, и направляют в два смесителя А9-ДСГ-3. Затем готовый комбикорм транспортируют в склад готовой продукции либо в производственный цех на гранулирование.

Для анализа работы предприятия были выбраны рецепты ПК-1 и К-55, значительно различающиеся по составу сырья. Анализировали наиболее протяженные и влияющие на выпуск готовой продукции следующие технологические линии: подача и подготовка зернового и гранулированного сырья; предварительные смеси трудносыпучих компонентов; основное дозирование – смешивание. Для определенности необходимо принять одну из возможных конкретных ситуаций размещения зернового сырья в складе. Оно может быть любым, как рациональным с точки зрения транспортно-складских работ, так и нерациональным. Для получения достоверных результатов нужно провести два-три последовательных анализа с построениями циклограмм и их сопоставить. Введем дополнительно следующие условия:

анализировать работу только одной из двух параллельных линий, так как их построение почти симметрично;

анализировать работу линии в течение одной смены;

первым из силосного корпуса передавать компонент, входящий в комбикорм в малых количествах, это сокращает начальный цикл;

за начало дозирования считать ситуацию, при которой последний из подаваемых компонентов, кукуруза, находится в наддозаторном бункере в количестве, достаточном для пяти отвесов по рецепту ПК-1 и трех отвесов по рецепту К-55. Такой запас сырья обеспечивает в дальнейшем непрерывность процесса дозирования – смешивания, т. е. отсутствие внутрисменных технологических простоев.

Для расчета времени движения сырья по коммуникациям необходимы следующие данные: путь перемещения сырья по конвейерам от точек загрузки до места выгрузки в силосы или в последующую машину; высота подъема сырья норийным или пневмотранспортом; скорость движения рабочих органов (цепей, норийных лент) и сырья в пневмотранспортных установках. Для расчета времени обработки сырья необходимо знать: количество перерабатываемого сырья по данному рецепту за смену; объемные массы различных видов сырья; производительность молотковых дробилок в зависимости от культуры, диаметра от-

верстий сит, марки измельчающих машин; время, необходимое для открывания и закрывания задвижек; технические и эксплуатационные характеристики другого технологического и транспортного оборудования. Все это берут из проектных документов или замеряют в цехах.

Расчеты на основании собранных данных достаточно просты, тем не менее результаты могут несколько отличаться от итогов хронометража. Однако эти неточности лишь незначительно изменяют конечные результаты, но не влияют на общую логику анализа и выводы.

Полученные в результате расчеты, построенные циклограммы, выводы по анализу можно условно называть "теоретическими" и уточнить, проведя хронометраж.

Как показывает опыт, предварительный анализ получаемых из циклограммы (рис. 21) данных необходимо делать параллельно построению, что позволяет сразу же отыскивать наиболее оптимальные режимы работы технологической схемы. После построения необходимо провести анализ циклограмм до четкого формулирования выходных данных и выводов. Суммарно по результатам построения циклограммы можно сделать следующие выводы.

Цикл работы цеха и его отдельных линий по данной схеме определяется техническими возможностями ведущего оборудования, а именно: на линии предварительной подготовки зернового и гранулированного сырья – дробилки А1-ДМР-12 и просеивающие машины; на линии подготовки трудносыпучих компонентов – смесители А9-ДСГ-2,0; на главной линии дозирования – смешивания – смесители А9-БСГ-3,0.

На циклограмме найдены и обоснованы активные точки процесса – это, во-первых, точки C_1, C_2, C_3, C_4 на строчке "Весы ДН-1000-2"; во-вторых, точки $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ и т. д. на строчке "Дозатор АД-2000-2К"; в-третьих, точка $Б$, показывающая момент начала дозирования; в-четвертых, точки A_1, A_2, A_3 и т. д. на строчке "Дробилки А1-ДМР-12" и точки E и E_1, показывающие рациональное время включения в работу молотковых дробилок.

Самым узким местом в технологической схеме является недостаточная суммарная производительность молотковых дробилок А1-ДМР-12, позиции 6.1.1/1 и 6.1.2/1, приводящая к затягиванию цикла и снижению часовой и сменной производительности линии. Поэтому был рассмотрен вариант замены молотковых дробилок А1-ДМР-12 на более производительные измельчающие машины А1-ДМР-20 и А1-ДДП на А1-ДДР (схема № 2). Была построена циклограмма (рис. 22), а полученные данные по результатам графоаналитических расчетов сведены в таблицу 24. Состав комбикорма влияет на продолжительность подготовительных операций. Так, в комбикорма по рецепту ПК-1 входят пять видов сырья, участвующих в операции предварительного дозирования – смешивания (шрот хлопковый гранулированный, овес, сорго, пшеница, кукуруза), а подготовительное время составляет 58 мин 12 с. В комбикорма по рецепту К-55 входят всего два вида сырья (отруби гранулированные, кукуруза), подготовительное время значительно меньше – 27 мин 18 с. Однако это обстоятельство на суточную производительность сказывается незначительно – снижает ее примерно на 1 %.

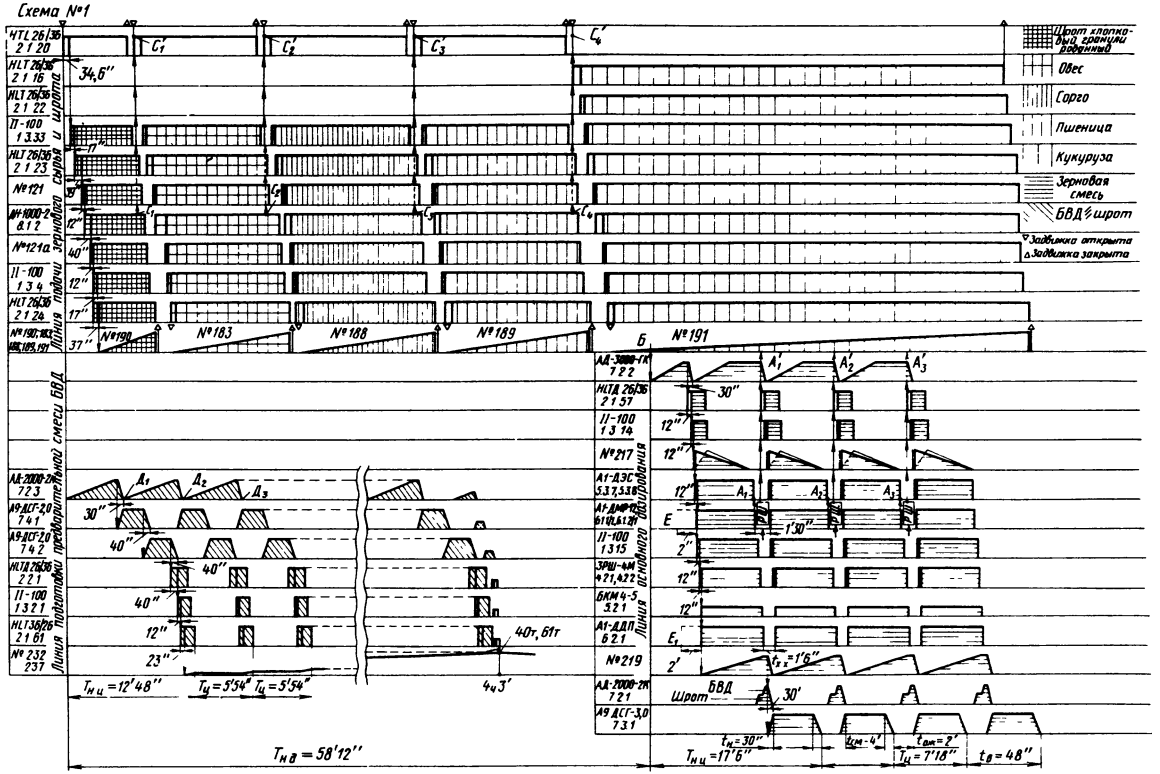


Рис. 21. Циклограмма технологического процесса производства комбикорма ПК-1 на Бориспольском комбикормовом заводе (схема № 1).

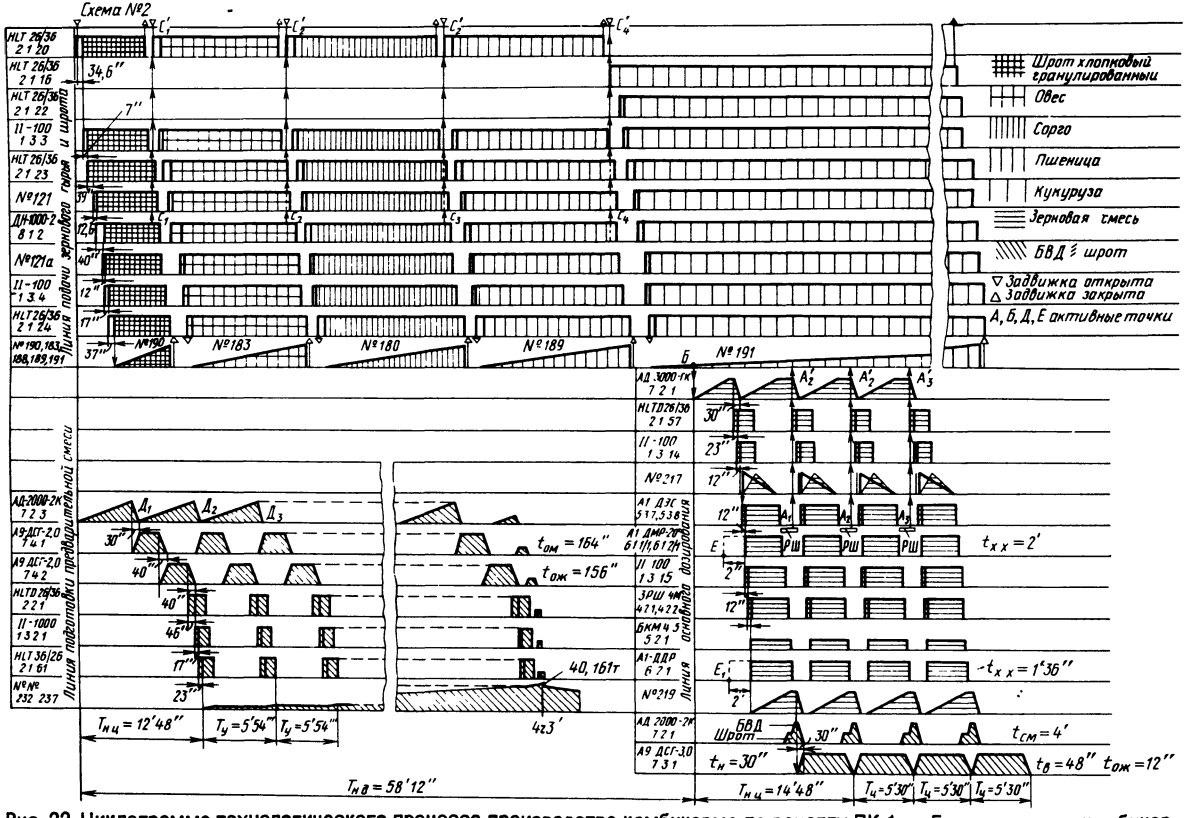


Рис. 22. Циклограмма технологического процесса производства комбикорма по рецепту ПК-1 на Бориспольском комбикормовом заводе (схема № 2).

24. Результаты графоаналитических расчетов

Наименование	Рецепт ПК-1		Рецепт К-55	
	А1-ДМР-12, А1-ДДП	А1-ДМР-20, А1-ДДР	А1-ДМР-12, А1-ДДП	А1-ДМР-20, А1-ДДР
	Схема № 1	Схема № 2	Схема № 1	Схема № 2
Подготовительное время до начала первого цикла дозирования – смешивания $T_п$	58′12″	58′12″	27′18″	27′18″
Продолжительность начального цикла $T_{н.ц}$	17′6″	14′48″	18′42″	16′12″
Продолжительность начального цикла, включая подготовительное время $T_п + T_{н.ц}$	75′18″	73′	46′	43′30″
Продолжительность установившегося цикла $T_ц$	7′18″	5′30″	8′24″	5′48″
Число циклов дозирования – смешивания в первую смену (расчетно)	57,2	75,0	52,7	76,0
Число циклов в час при установившемся режиме работы	8,2	10,9	7,14	10,3
Производительность линии при установившемся режиме работы, т/ч	24,6	32,7	21,4	30,9
Производительность линии за первую смену с учетом времени подготовительных операций, т/смену	171,6	225,0	158,1	226,0
Производительность линии при работе на одном рецепте, т/сут	516,0	682,8	458,0	658,6
Производительность предприятия (двух линий) при работе на одном рецепте, т/сут	1032,0	1365,6	916,0	1317,2
Коэффициент эффективности работы дробилок, $K_э$	0,79	0,64	0,82	0,73
Коэффициент использования парка дробилок, $K_и$	0,45	0,34	0,51	0,34

В значительно большей степени на производственный процесс влияет производительность молотковых дробилок. При замене двух дробилок А1-ДМР-12 в линии предварительных смесей зернового и гранулированного сырья на дробилки А1-ДМР-20, а также дробилок А1-ДДП на А1-ДДР на измельчении сходов установившийся цикл дозирования – смешивания уменьшается на 1 мин 48 с (рецепт ПК-1) и на 2 мин 36 с (рецепт К-55). Это приводит к увеличению суточной производительности предприятия на 333,6 т в первом случае (рост 32,3 %) и на 401,2 т во втором случае (рост 43,7 %). Но одновременно с этим увеличиваются холостые пробеги измельчающего оборудования в каждом цикле. Так, при работе на рецепте ПК-1 они увеличились с 1 мин 30 с до 2 мин на основном узле измельчения и с 1 мин 6 с до 1 мин 36 с на измельчении сходов. Это приводит к ухудшению показателей использования дробилок.

В целом же при замене дробилок на более производительные режим работы будет рациональнее. Так, холостой ход главного смесителя А9-ДСГ-3,0 (поз. 7.3.1) будет снижен в первом случае (рецепт ПК-1) с 2 мин до 12 с; а во втором случае (рецепт К-55) с 2 мин 56 с до 30 с. Узким местом в данном случае является работа главного смесителя, сдерживающего дальнейшее увеличение производительности предприятия. При этом дозатор АД-3000-ГК (поз. 7.2.2) для зерновой предварительной смеси имеет излишнее время ожидания – 60...40 с, дозатор АД-2000-2К (поз. 7.2.1) для шротов и БВД работает со значительным запасом.

На примере разбора данной технологической схемы и анализа ее работы можно сделать вывод, что оптимальным построением схемы и режимом работы следует считать такие, при которых дорогостоящее оборудование – многокомпонентные весовые дозаторы простаивают в ожидании очередной разгрузки минимальное время, т. е. именно работа дозаторов задает ритм производственному потоку.

По мере освоения запланированной вычислительной техники можно более успешно реализовать вскрытые при данном анализе резервы, стабилизировать ход технологического процесса, снизить продолжительность холостых пробегов оборудования, повысить достоверность учета, избежать ошибок при размещении сырья и продукции в силосах и бункерах.

Следует отметить, что, несмотря на имеющийся опыт проектирования, реконструкции и эксплуатации цеха комбикормов на Раменском КХП, проектантам не удалось в полной мере использовать этот опыт. Результатом явилось более сложное построение технологической схемы в целом – растянутые коммуникации, большее число единиц оборудования, дополнительные подъемы, возврат продуктов. С точки зрения управления с применением ЭВМ таким технологическим процессом это приводит к понятным осложнениям – повышенной инерционности схемы, т. е. к замедленному отклику на управляющие воздействия, увеличенному объему вычислительных операций, пониженной надежности системы в целом.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА (МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ШАГОВ) НА КОМБИКОРМОВОМ ЗАВОДЕ В г. СЫКТЫВКАРЕ

Для повышения производительности действующих комбикормовых заводов и улучшения технико-экономических показателей их работы целесообразно на каждом предприятии обстоятельно рассмотреть, в чем конкретно заключаются недоиспользуемые внутренние резервы. При этом определить и возможные пути их реализации. К ним в первую очередь можно отнести сокращение внутрисменных простоев и работу на холостом ходу транспортного и технологического оборудования.

Для того чтобы своевременно включать в работу и отключать машины и оборудование и целые технологические линии, необходимо заранее прогнозировать ход и состояние производства в реальном масштабе времени. Рассмотрим, как можно сделать технологическую подготовку производства, на примере комбикормового завода в г. Сыктывкаре Коми АССР, имеющего после реконструкции мощность 750 т/сут. Завод был построен по повторно применяемому проекту с отдельно стоящим цехом предварительного дозирования – смешивания белково-минерального сырья (ЦПС) мощностью 500 т/сут.

Технологическая схема в виде блок-схемы с указанием принципа построения, вместимости бункеров и основного технологического оборудования показана на рисунке 23. В линии подготовки предварительной смеси зернового сырья установлен один многокомпонентный весовой дозатор 10ДК-2500, а смеситель отсутствует. В линии основного дозирования установлено три дозатора 16ДК-1000, т. е. большие и малые дозаторы отсутствуют, а смешивание проводят в двух параллельно установленных смесителях СГК-2,5. В ЦПС смонтированы многокомпонентные весовые дозаторы 5ДК-500 № 5 и 16ДК-1000 № 6, а также смеситель СГК-1М.

Исходные условия для расчета. Расчет и обоснование технологической подготовки производства проведем на конкретном примере при условии работы завода в течение одной смены продолжительностью 8 ч при выработке комбикорма по рецепту ПК-1. Введем дополнительные условия, конкретизирующие ход логических построений и расчетов:

поставим задачу организовать работу без "хвостов", т. е. после выполнения установленного задания в наддозаторных бункерах не должно быть остатков, затрудняющих переход на выработку комбикорма по другому рецепту и нередко искажающих отчетность;

после включения в работу основных дозаторов № 1; 2; 3 должна быть обеспечена их непрерывная работа до конца смены;

свести к минимуму работу молотковых дробилок на холостом ходу и необходимость включения – выключения этих дробилок;

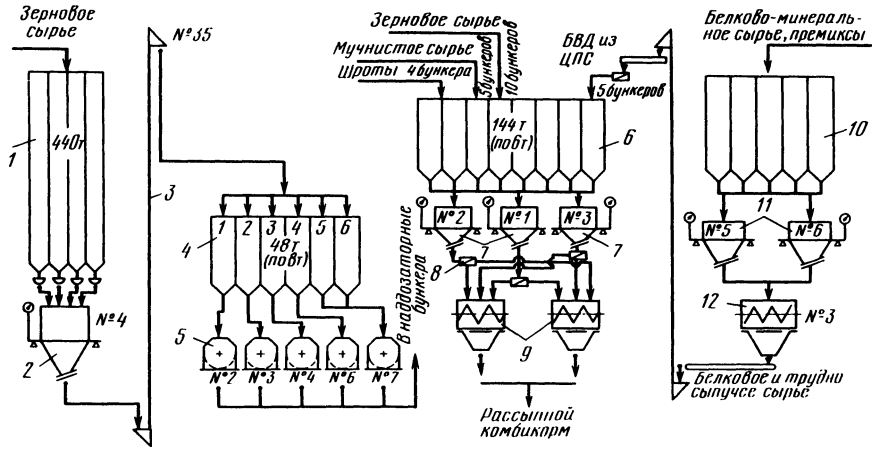


Рис. 23. Принципиальная блок-схема построения технологического процесса на комбикормовом заводе в г. Сыктывкаре Коми АССР:

1 – оперативные бункера корпуса зернового сырья; *2* – многокомпонентный весовой дозатор 10ДК-2500; *3* – нория II-100; *4* – наддробильные бункера; *5* – молотковые дробилки А1-ДДР; *6* – наддозаторные бункера; *7* – многокомпонентные весовые дозаторы 16 ДК-1000; *8* – клапан-переключатель; *9* – смесители СГК-2,5; *10* – наддозаторные бункера в ЦПС; *11* – многокомпонентные весовые дозаторы 5ДК-500 № 5 и 16ДК-1000 № 6, *12* – смеситель СГК-1М.

обеспечить ввод поваренной соли в количестве 0,2 % с оценкой "отлично";

оценить возможность работы ЦПС в две смены.

Дополнительные условия в целом отвечают требованиям повышения культуры ведения технологического процесса, но, как будет видно ниже, несколько усложняют расчеты. В результате расчетов, входящих в понятие технологическая подготовка производства, должны быть выявлены:

целесообразная фактическая загрузка дозаторов и смесителей, число циклов в каждой линии:

время включения и отключения основного технологического оборудования;

основные режимы (алгоритмы) работы в ЦПС;

минимально возможное время проведения подготовительных операций, т. е. до начала основного дозирования, которое определяет продолжительность выпуска продукции.

Решение задачи технологической подготовки. Комбикорм по рецепту ПК-1 в момент анализа имел следующий состав (%):

1. Пшеница	21,5	7. Дрожжи гидролизные	1,0
2. Ячмень	15,0	8. Мука рыбная	2,0
3. Кукуруза	30,0	9. Фосфат	1,3
4. Рожь	7,0	10. Мука известняковая	6,0
		11. Соль поваренная	0,2
Итого зерновых	72,5	12. Премикс П1-2Д	1,0
5. Шрот соевый	10,0		
6. Отруби	5,0	Итого белково-минерального сырья и премиксов (БВД)	11,5
Итого мучнистого сырья и шротов	15,0	Всего	100,0

При установленной мощности завода 750 т/сут за смену 8 ч должно быть выработано 250 т продукции. Все дальнейшие расчеты материальных потоков производим исходя из этой производительности.

Рассмотрение алгоритма работы ЦПС. 1. Поскольку сумма всех видов сырья, подготавливаемого в ЦПС, равна 11,5 %, а задание 250 т, то в ЦПС должно быть подготовлено 28,75 т БВД (11,5 % от 250). В линии установлен смеситель СГК-1М. Число замесов n_6 может быть только целым. Если принять n_6 равным 30, фактическая вместимость смесителя СГК-1М будет $G_ф^6 = 28750/30 = 958$ кг. При установившемся времени цикла дозирования – смешивания $T_ц = 6$ мин производительность линии $q_ч^6 = 9{,}57$ т/ч (q_1).

2. На выработку комбикорма по рецепту ПК-1 в количестве 250 т и соответственно БВД 28,75 т требуется поваренной соли всего 500 кг (0,2 %). На один замес тогда будет приходиться 16,66 кг (500/30). Если вводить поваренную соль напрямую через дозатор 5ДК-500 № 5, процентное отношение соли к фактической вместимости смесителя будет

958 кг ——— 100 %;
16,66 кг ——— X;

$$X = \frac{16{,}66 \cdot 100}{958} = 1{,}74\ \%.$$

Проверяем предельную точность дозирования соли по техническим данным весов 5ДК-500 : 16,66 кг ±2,5 кг (где ±2,5 кг – предельная абсолютная погрешность). Очевидно, что такое выполнение операции было бы неудовлетворительным, так как погрешность превышает ±15 %.

3. Для устранения этого необходимо прибегнуть к составлению предварительной смеси. С целью достижения оценки "отлично" необходимо, чтобы погрешность дозирования не превышала ±3 %, т. е. нужно повысить точность в 5...6 раз и дозировать не 16,66, а 83,3...100 кг. Предположим, что будем дозировать на каждый замес предварительной смеси БВД 100 кг соли вместе с каким-либо наполнителем. Тогда точность дозирования будет 100 ± 2,5 кг, что соответствует заданному "отличному" качеству процесса (отклонение менее 3 %). Для подбора состава предварительной смеси соли и наполнителя сведем данные расчета состава БВД в таблицу 25.

25. Состав предварительной смеси

Наименование	% по рецепту	% на замес	Кг на 1 замес	С округлением для набивки перфокарт, кг
Дрожжи гидролизные	1,0	8,7	83,3	83,0
Мука рыбная	2,0	17,4	166,8	167,0
Фосфат	1,3	11,3	108,3	108,5
Мука известняковая	6,0	52,2	500,0	500,0
Соль поваренная	0,2	1,7	16,3	16,0
Премикс П1-2Д	1,0	8,7	83,3	83,5
Итого	11,5	100,0	958,0	958,0

Из данных таблицы 25 следует, что в качестве наполнителя можно выбрать гидролизные дрожжи или премикс, так как суммарная масса каждого из этих компонентов с солью близка к 100 кг. Выберем наполнителем премикс и проведем раскрепление компонентов по дозаторам:

5ДК-500 № 5		16ДК-1000 № 6	
1. Соль + премикс	99,5 кг	1. Мука известняковая	500 кг
2. Мука рыбная	167,0 кг	2. Фосфат	108,5 кг
		3. Дрожжи гидролизные	83,0 кг
	266,5 кг		691,5 кг

4. Примем окончательное решение о формировании предварительной смеси в расчете на повторное дозирование в количестве 99,6 кг:

поваренная соль	16,3 кг – 16,4 %
премикс	83,3 кг – 83,6 %
	99,6 кг 100 %

Такое решение позволяет полностью выбрать премикс, не оставляя остатков в бункерах.

5. Сколько замесов предварительной смеси поваренной соли с наполнителем необходимо сделать, чтобы обеспечить выработку партии? Для выработки всей запланированной партии БВД необходимо сделать, как установлено ранее, 30 замесов. Значит, для смеси соль – наполнитель это составит 99,6 х 30 = 2988 кг. Имея смеситель СГК-1М, надо сделать три замеса при фактической его загрузке $G_{ф}^{м}$ = 2988 : 3 = 996 кг; n_1 = 3.

В каждом замесе должно быть поваренной соли 16,4 %, наполнителя 83,6 %, или:

соль поваренная 163,3 кг – дозатор 5ДК-500 № 5;
премикс 832,7 кг – дозатор 16ДК-1000 № 6.

Рассчитанные соотношения масс позволяют принять правильное решение о размещении сырья по бункерам: первоначально премикс должен быть подан в бункера над дозатором 16ДК-1000 № 6, а затем смесь соли и наполнителя направлена в бункер над дозатором 5ДК-500 № 5.

6. Время, необходимое для выполнения трех замесов "соль – наполнитель", при цикле дозирования – смешивания 6 мин будет 6 мин х 3 + + 2 мин = 20 мин,

где 2 мин – приблизительное время, необходимое для транспортирования последнего замеса по конвейеру ТСЦ-50 и нории II-100 с размещением предварительной смеси в одном или нескольких наддозаторных бункерах над дозатором № 5 (время внутренних транспортных операций).

7. Определим время выработки БВД по техническим возможностям линии дозирования – смешивания в ЦПС: 6 мин х 30 + 20 мин = 200 мин, или 3 ч 20 мин.

Однако действительно возможный режим работы цеха (алгоритм) будет зависеть от вместимости и числа бункеров над многокомпонентными дозаторами основного дозирования, расположенными в производственном корпусе.

8. Определим режим работы ЦПС во взаимосвязи с наддозаторными бункерами производственного корпуса. По технологической схеме завода бункера распределены за многокомпонентными весовыми дозаторами (рис. 24) – пять бункеров, по 6 т каждый. Существующую схему нельзя признать целесообразной. В самом деле, если использовать все бункера, БВД следует подавать на все дозаторы одновременно или по определенному алгоритму поочередно, что связано либо с задачей разделения потока на три части, либо с большим числом переключений задвижек. Если стремиться к заполнению бункеров поочередно при работе одного из дозаторов, то необходимо будет несколько раз менять перфокарты, что практически так же неприемлемо.

Здесь явно узкое место в технологической схеме. Наличие такого решения и организация работы по данному схемному решению будет приводить к неопределенности в управлении технологическим процессом, что связано с потерей производительности и снижением качества вырабатываемых комбикормов.

Более целесообразным представляется для дозирования БВД использовать постоянно только один многокомпонентный дозатор, например № 3 (рис. 25). В этом случае будет использовано два бункера № 178 и № 179 общей вместимостью 12 т. Необходимо найти алгоритм их заполнения, что связано с режимом работы ЦПС. Назовем эту задачу "задачей о двух бункерах" и вернемся к ее решению несколько ниже, после определения q_2 – расхода БВД на дозирование.

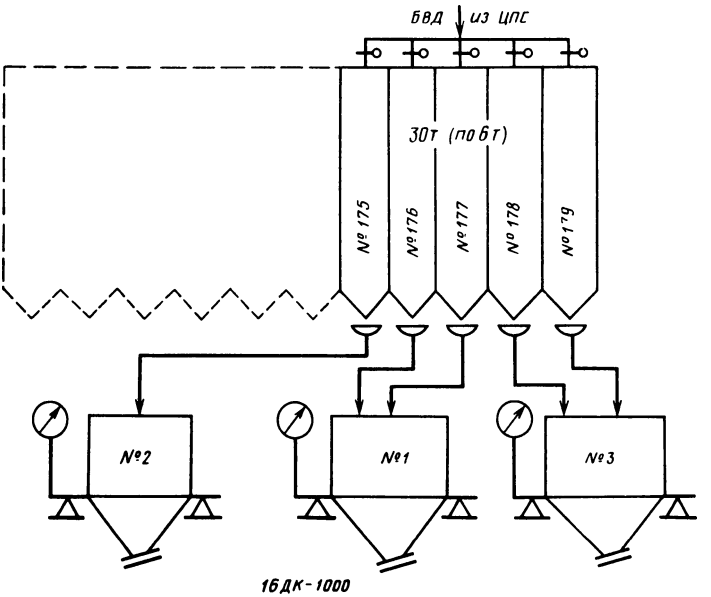
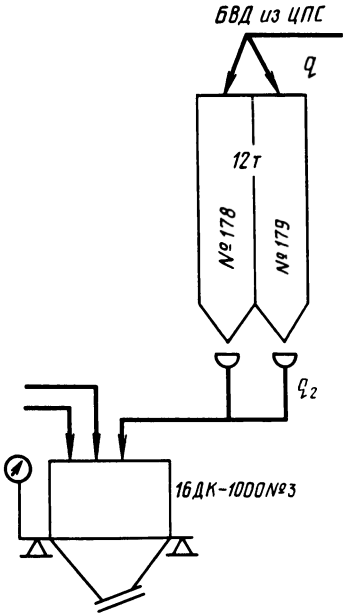


Рис. 24. Схема привязки наддозаторных бункеров для БВД к многокомпонентным весовым дозаторам на Сыктывкарском комбикормовом заводе мощностью 750 т/сут.



Анализ работы узла предварительного дозирования зернового сырья. Необходимо рассчитать число отвесов и фактическую целесообразную загрузку весового дозатора 10ДК-2500 № 4 (см. рис. 23.).

Для выработки партии комбикорма в 250 т по рецепту ПК-1 необходимо передать в производство (при доле зернового сырья 73,5 %) и сдозировать зернового сырья 183,75 т (250 · 0,735). Определяем подбором фактическую загрузку дозатора так, чтобы число отвесов было обязательно целым числом. Например, такие условия можно получать при ряде парных значений числа отвесов и загрузке многокомпонентного весового дозатора:

Рис. 25. Схема дозирования БВД через многокомпонентный весовой дозатор 16ДК-1000 № 3.

73 отвеса по 2517 кг (грузоподъемность превышена);
74 отвеса по 2483 кг;
75 отвесов по 2450 кг;
76 отвесов по 2418 кг;
77 отвесов по 2386 кг;
78 отвесов по 2356 кг и т д.

(грузоподъемность соблюдена)

Из расчета видно, что первый результат не соответствует паспортной грузоподъемности дозатора. Остальные варианты возможны. Остановимся, к примеру, на $n_3 = 77$ отвесов при фактической загрузке весов $G_ф^3 = 2386$ кг. При этом данные для набивки перфокарты будут следующие:

пшеница 21,5 %	$\frac{2386 \cdot 21{,}5}{73{,}5} = 698$ кг	
ячмень 15 %	аналогично	487 кг
кукуруза 30 %	"	974 кг
рожь 7 %	"	227 кг
Итого 73,5 %		2386 кг

Анализ работы основного узла дозирования – смешивания. Во-первых, необходимо построить циклограмму (рис. 26) работы узла дозиро-

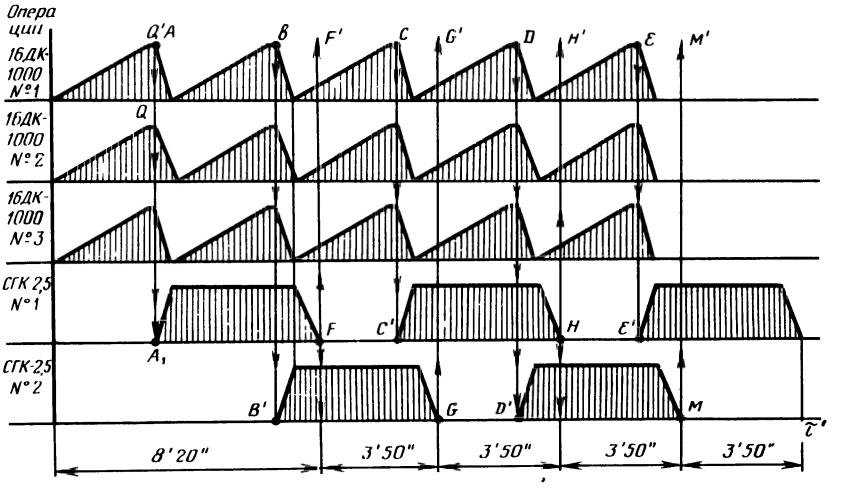


Рис. 26. Циклограмма работы основного узла дозирования – смешивания на Сыктывкарском комбикормовом заводе:

$T_{н.ц} = 8$ мин 20 с; $T_ц = 3$ мин 50 с; $n = 60$ мин:
3 мин 50 с = 15,65. При $G = 2{,}4$ т; $Q_2 = 2{,}4 \cdot 15{,}65 = 37{,}57$ т/ч; $Q_{сут} = 21 \times 37{,}57 = 789$ т/сут.

вания – смешивания при установке двух смесителей СГК-2,5 параллельно. Она показывает теоретические возможности схемы, при которой суточная производительность может быть 790 т при фактической загрузке смесителей 2,4 т. При обеспечении паспортной загрузки смесителя в 2,5 т производительность линии может достигнуть 820 т/сут.

Из циклограммы следует, например, что можно выбрать режим, при котором в час будем реализовывать 15 циклов. За 7 ч работы узла должно быть сделано всего 105 (15 · 7) замесов. Фактическая загрузка смесителей при этом будет

$G_ф = 250/105 = 2380{,}95 \approx 2381$ кг.

Часовая производительность выработки рассыпных комбикормов будет

$Q_ф = G_ф n$; $Q_ф = 2{,}38 \cdot 15 = 35{,}7$ т/ч, а сменная $Q_{см} = 7 \cdot 35{,}7 = 250$ т,

где 7 – максимальная продолжительность дозирования в смену, ч.

При этом расход БВД через дозатор № 3 в количестве 11,5 % по рецепту составит:

$Q_ф^{БВД} = q_2 = 35{,}7 \cdot 0{,}115 = 4{,}10$ т/ч.

Решение задачи "о двух бункерах" и режиме работы ЦПС. БВД в наддозаторные бункера № 178 и 179 будем подавать одновременно и поровну. Шнековые питатели под бункерами включаются и выключаются одновременно. Это, конечно, менее рационально, чем работа через один бункер большей вместимости и через один питатель, но по условию задачи выбираем наиболее рациональный вариант при существующей компоновке бункеров.

Поскольку коммуникации передачи БВД из ЦПС весьма протяженные, а приготовление порции БВД более продолжительное, чем зерновой предварительной смеси, есть основания считать, что подача БВД в бункера № 178 и 179 – операция лимитирующая. Здесь необходимо ввести дополнительное условие, касающееся времени начала операции основного дозирования. Принимаем, например, что на начало дозирования в бункерах должен быть запас БВД не менее, чем на три замеса. Количество БВД на три замеса составит: $E_1 = 2380 \cdot 0{,}115 \cdot 3 = 821$ кг. Необходимо также знать время транспортирования БВД из ЦПС в бункера № 178 и 179.

Коммуникации передачи БВД включают: конвейер ТСЦ-50 (длиной 5,4 м); норию I-100 (высотой 20 м); конвейер ТСЦ-50 № 22 (длиной 8 м); норию II-100 № 27 (высотой 35 м); конвейер ТСЦ-50 № 23 (длиной 18 м); электромагнит ЭП-1; конвейер ТСЦ-50 № 12 (длиной 2 м).

В соответствии с расчетом, который здесь не приведен, время прохождения сырья по коммуникациям равно 3 мин 20 с. На практике это время может быть получено не расчетом, а хронометрированием, что сокращает объем расчетов и повышает точность анализа. Определим, за

сколько времени наполнятся бункера № 178 и 179 и мы будем вынуждены остановить работу в ЦПС по приготовлению БВД.

Воспользуемся формулой

$$t_п = \frac{E - E_1}{q_1 - q_2},$$

где $t_п$ – время подачи; E – суммарная вместимость бункеров; E_1 – минимальное заполнение бункеров на момент начала дозирования; q_1 – подача БВД в бункера № 178 и 179; q_2 – расход БВД из бункеров.

Тогда

$$t_п = \frac{6 \cdot 2 - 0{,}821}{9{,}58 - 4{,}1} = 2{,}04 \text{ ч, или } 2 \text{ ч } 2 \text{ мин } 24 \text{ с.}$$

За это время в бункера может быть подано БВД $Q' = 9{,}58 \cdot 2{,}04 = 19{,}54$ т. С учетом дискретности подачи по 958 кг (замес в смесителе СГК-1М) число замесов должно быть

$$n' = \frac{Q'}{G_ф^б} = \frac{19{,}54}{0{,}958} = 20{,}4, \text{ т. е. } 20 \text{ замесов.}$$

Практически работу можно построить следующим образом. Подаем один замес ($E_1 = 0{,}958$ т) и начинаем основное дозирование, затем в течение 2 ч подаем еще 20 замесов, т. е. 19,16 т, пока бункера № 178 и 179 не будут заполнены. В этот момент времени приготовления БВД в ЦПС и линия подачи БВД должны быть отключены.

Сколько времени может работать узел основного дозирования на имеющемся в бункерах запасе БВД и когда возникнут подходящие условия для передачи оставшихся девяти замесов БВД? Воспользуемся формулой

$$t_2 = \frac{E_ф - E_1}{q_2},$$

где $E_ф$ – фактическая загрузка бункеров в момент остановки подачи; $E_ф = Q_п - Q_р$; $Q_п$ и $Q_р$ – соответственно подача и расход за указанное время.

Значение $Q_п$ равно 21 замесу в смесителе СГК-1М ($Q_п = 21 \cdot 0{,}958 = 20{,}118$ т), а $Q_р$ – двухчасовому расходу ($Q_р = 4{,}1 \cdot 2 = 8{,}2$ т). Тогда

$$E_ф = 20{,}118 - 8{,}2 = 11{,}918 \text{ т;}$$

$$t_2 = \frac{11{,}918 - 0{,}958}{4{,}1} = 2{,}67, \text{ или } 2 \text{ ч } 40 \text{ мин.}$$

Через 2 ч 40 мин после останова ЦПС снова следует включить в работу на выработку и подачу БВД в основное производство. Для выработки оставшихся девяти замесов потребуется время 54 мин, или 0,9 ч. Остаток в бункере на конец подачи будет

$0{,}958 + 9 \cdot 0{,}958 - 4{,}1 \cdot 0{,}9 = 9{,}58 - 3{,}69 = 5{,}89$ т,

т. е. вместимость бункеров № 178 и 179 обеспечивает эту операцию.

Анализ показывает, что больше всего расчетов относится к работе ЦПС в связи с недостаточной вместимостью наддозаторных бункеров в линии основного дозирования.

Алгоритм работы ЦПС выглядит следующим образом:

1 – выработка предварительной смеси поваренной соли с наполнителем (премиксом) в количестве трех замесов по 996 кг (соли 163,3, премикса 832,7 кг), на что требуется 20 мин;

2– выработка 21 замеса БВД, по 958 кг в каждом, и передача их в наддозаторные бункера № 178 и 179. На эту операцию необходимо 129 мин 20 с (2 ч 9 мин 20 с), не считая времени на замену перфокарты;

3 – остановка ЦПС на 2 ч 40 мин (операции по подготовке сырья не останавливаются);

4 – выработка оставшихся десяти замесов БВД и их передача на основное дозирование. На эту операцию требуется 57 мин 20 с (54 мин + + 3 мин 20 с на передачу);

5 – общая продолжительность работы ЦПС для обеспечения выработки задания (250 т комбикорма по рецепту ПК-1) составит 6 ч 06 мин 40 с, или округленно 6 ч 10 мин с учетом замены перфокарты. Из этого времени рабочие операции составили только 3 ч 30 мин, а 2 ч 40 мин внутрисменный простой, связанный с наличием бункеров малой вместимости;

6 – начало дозирования на основной линии дозирования – смешивания возможно через 29 мин 20 с (20 мин – выработка предварительной смеси поваренной соли, 6 мин – выработка одного замеса БВД, 3 мин 20 с – передача этого замеса в бункера № 178 и 179). Округленно, основное дозирование включается в работу через 30 мин после начала смены, что следует признать вполне удовлетворительным.

Для выполнения сменного задания необходимо выполнить 105 замесов. При $T_{н.ц}$ = 8 мин 20 с и $T_ц$ = 3 мин 50 с с учетом начального цикла для этого потребуется

8 мин 20 с × 1 + 3 мин 50 с × 104 = 6 ч 47 мин 40 с,

что обеспечивает выполнение сменного задания, так как лимит рабочего времени был 7 ч 30 мин. При этом остается запас времени около 42 мин на возможные сбои в ходе технологического процесса.

Для выполнения условия по минимуму холостых пробегов дробильного оборудования и включений – выключений этого оборудования необходимо включить в работу только три молотковых дробилки А1-ДДР из пяти. В этом случае их номинальная производительность будет суммарно около 30 т/ч (q_4).

Расход зерновых на дозирование

$G_з = 35,7 \cdot 0,735 = 26,2$ т/ч, или 1746,6 кг на один замес.

Проверочный расчет по заполнению наддозаторных бункеров

$$t'_н = \frac{E - E_1}{q_4 - q_3},$$

где E_1 – наличие в наддозаторных бункерах зерновой предварительной смеси не менее чем на два отвеса (т. е. минимальный остаток).

$$t'_н = \frac{60 - 3,5}{30 - 26,2} = 14,86 \text{ ч.}$$

Это свидетельствует о непрерывной работы трех молотковых дробилок в течение смены, так как "критическая" ситуация не может возникнуть на рассматриваемом отрезке времени.

Алгоритм работы весового дозатора 10ДК-2500 № 4 при формировании зерновой предварительной смеси.

1. Отключение до наполнения наддробильных бункеров № 1; 2; 3

$$t''_н = \frac{E - E_1}{q_3 - q_4},$$

где E – в данном случае вместимость бункеров № 1; 2; 3 – 24 т; E_1 – запас в бункерах на 8...10 мин работы трех дробилок – 5 т (можно принять два отвеса, т. е. 2,386 т·2); q_3 – производительность подачи – один отвес за 4 мин (35,79 т/ч); q_4 – производительность трех дробилок (30 т/ч).

Тогда

$$t''_н = \frac{24 - 4,77}{35,79 - 30,0} = 3,32 \text{ ч, или 3 ч 19 мин.}$$

Время $t''_н$ должно быть кратно 4 мин, т. е. продолжительности отвеса. За время $t''_н$ будет сделано 49 отвесов (3 ч 16 мин). За время до остановки дозирования будет сделано 50 отвесов зерновой предварительной смеси (1 + 49).

2. Работа дробилок без подачи предварительной смеси (приближенно)

$$t_р = \frac{E - E_1}{q_4}, \quad t_р = \frac{24 - 4,77}{30} = 0,65 \text{ ч, или 39 мин.}$$

3. Повторное включение дозатора № 4 для выполнения оставшихся 25 отвесов. На это потребуется 100 мин, или 1 ч 40 мин. Общее время работы дозатора № 4 около 5 ч 47 мин, из них 39 мин внутрисменного простоя.

Время работы трех молотковых дробилок:

включение в работу после двух отвесов предварительной смеси в дозаторе № 4 – через 8 мин;

непрерывная работа в течение 6 ч 7 мин.

Как видно из проведенного расчета, в ходе его получена важная информация, которая с успехом может быть использована при выполнении сменного задания.

Работу "без хвостов" обеспечивают полученные по расчету данные о целесообразной загрузке смесителей и многокомпонентных дозаторов, в соответствии с законом или правилом кратности:

в линии предварительной смеси зернового сырья – загрузка многокомпонентного дозатора 10ДК-2500 № 4 2386 кг при 77 отвесах;

в ЦПС – предварительная смесь соли с наполнителем (премиксом) в смесителе СГК-1М 996 кг при трех замесах;

предварительная смесь белкового сырья и сырья минерального происхождения (БВД) в том же смесителе – 958 кг при 30 замесах;

в линии основного дозирования: загрузка смесителей СГК-2,5 – 2380 кг при 105 замесах на двух параллельно установленных смесителях (в одном смесителе 53 замеса, в другом – 52).

Непрерывную работу молотковых дробилок обеспечивает незначительное превышение их суммарной производительности по сравнению с расходом зерновой предварительной смеси на дозирование.

При анализе и расчете установлены алгоритмы работы ЦПС, линий дозирования, начало и окончание всех операций и их продолжительность. Особое значение имеет выявление продолжительности внутрисменных простоев.

За 2 ч 40 мин вынужденного простоя ЦПС необходимо переключить на подготовку БВД для следующего вида продукции, например комбикорма по рецепту ПК-3. Поваренная соль в этот комбикорм не входит, поэтому можно непосредственно приступать к выработке БВД. От сменного задания в 250 т комбикорма по рецепту ПК-3 БВД составит 57 т (250 · 0,228). Если предусмотреть для этих целей 60 замесов, то в каждом замесе будет по 950 кг. За исключением времени на замену перфокарт (10 мин), время на дозирование составит 2,5 ч. За это время можно было бы выполнить 25 замесов, т. е. подготовить 23,75 т БВД. Однако хранить такое количество негде, и будем исходить из фактического наличия бункеров.

Задействуем для БВД по рецепту ПК-3 бункера № 176 и 177 над многокомпонентным дозатором 16ДК-1000 № 1. Они имеют вместимость по 6 т каждый, значит, могут принять всего 12 замесов. Таким образом, в каждый из них поместим по шесть замесов (по 5,7 т), и всего на 12 замесов затратим 1 ч 12 мин. И в этом случае резерв времени полностью использован быть не может.

Расчет показывает, что ЦПС мог бы обеспечить выработку и передачу БВД по рецепту ПК-1 в наддозаторный бункер за 3 ч без промежуточной остановки при наличии бункера вместимостью около 17 т. В этом случае ЦПС может быть переведен на работу в две смены. За 11...12 ч цех фактически обеспечит подготовку БВД для всех трех смен. Для передачи БВД в производственный корпус там необходимо иметь три бункера, по 17 т каждый.

При проведении технологических расчетов подсчитывают число отвесов (замесов) многокомпонентных весовых дозаторов в ЦПС (линии приготовления предварительных смесей белкового и другого сырья), в линии зернового сырья и основного дозирования, пользуясь "правилом кратности". Далее все расчеты ведут как бы в двух измерениях одновременно: в непрерывном временном измерении и дискретно, в отвесах, зная время выполнения одного отвеса (замеса). При этом время выполнения каждой последующей операции суммируют (в каждой линии самостоятельно), а число замесов списывают от максимума до нуля. Причем необходимо провести контроль баланса времени по работе каждого узла.

При имитации работы технологической схемы надо помнить о том, что в заданном интервале времени работают два счетчика одновременно: а) один суммирует время последовательного выполнения всех операций в каждой линии; по нему оценивают использование лимита времени; счетчик работает с нуля до максимума (8; 12; 16 и т. д. часов); б) второй списывает выполнение запланированных к переработке тонн сырья от максимума до нуля, показывающего конец заданных операций. Такого рода двойной контроль позволяет избежать ошибок при расчетах.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЦЕХА № 2 ГАТЧИНСКОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Технологическая схема цеха № 2 Гатчинского комбикормового завода мощностью 750 т/сут представляет собой промежуточное решение между схемами Болшевского и Раменского комбикормовых заводов. Отличительные особенности решений следующие.

1. Схема двухпоточная с почти симметричным построением потоков; при выработке комбикормов по одному рецепту потоки можно объединять на линии гранулирования.

2. При выработке комбикормов по двум различным рецептам в каждом потоке на гранулирование может быть направлен только один поток; комбикорм по второму рецепту вырабатывают в рассыпном виде.

3. На линии предварительных смесей зернового и гранулированного сырья установлены два дозатора АД-3000-ГК, а непосредственно перед молотковыми дробилками – два смесителя А9-ДСГ-3,0 и бункера большой вместимости (34 т на каждом потоке), что позволяет организовать работу молотковых дробилок в непрерывном режиме.

4. Сходовые фракции с модернизированных рассевов ЗРМ-2М измельчают в тех же молотковых дробилках, что и основной поток. Это дает меньшую экономию электроэнергии по сравнению с измельчением сходов в специально выделенной системе, но снижает число единиц оборудования и упрощает обслуживание.

5. Подготовленные предварительные смеси зернового и белкового сырья направляют в наддозаторные бункера линии основного дозирования – смешивания и затем повторно дозируют в многокомпонентных дозаторах: зерновое и гранулированное сырье в дозаторе 10ДК-2500; белковое, трудносыпучее и мучнистое – 10ДК-1000, а затем подвергают окончательному смешиванию. Такое построение схемы позволяет искать и находить резервы в режимах работы смесителей А9-ДСГ-3,0 (№ 1 и 2) – в линиях предварительной смеси зернового и СГК-2,5М – в линии смеси белкового и трудносыпучего сырья.

6. Крупность размола зернового сырья после измельчения в молотковых дробилках и гранул готового комбикорма контролируют в рассевах ЗРМ-2М, модернизированных по типу рассевов, установленных на Раменском комбинате хлебопродуктов.

7. По схеме установлено шесть прессов-грануляторов ДГ-I, которые могут вырабатывать не менее 525 т/сут (максимально до 600 т/сут)

26. Коэффициенты запаса производительности оборудования

Линия	Оборудование	Число	Расчетная производительность, т/сут	Коэффициент запаса	Примечание
Подготовки зернового и гранулированного сырья	Многокомпонентные дозаторы АД-3000-ГК	2	>1260	>2,1	Из расчета 80 % зернового и гранулированного сырья
	Смесители А9-ДСГ-3,0	2	2 · 3 · 10 · 21 = 1260	2,1	
	Дробилки А1-ДДР	8	8 · 10 · 21 = 1680	2,8	
Подготовки белкового и трудносыпучего сырья	Многокомпонентные дозаторы 5ДК-500 и 16ДК-1000	1 + 1	300	1,6	
	Смеситель СГК-2,5М	1	2,5 · 6,7 · 21 = 352	2,3	Работа в 3 смены
				1,7	То же в 2 смены
Основное дозирование	Многокомпонентные дозаторы 10ДК-2500 + 16ДК-1000	2 компл.	1050	>1,4	
	Смеситель СГК-2,5М	2	2,5 · 10 · 21 · 2 = 1050	1,4	
Гранулирования	Прессы-грануляторы ДГ-I	6	5,2 · 6 · 21 = 655,2	0,87	Без учета резервного пресса

гранулированной продукции при одном прессе, находящемся в ремонте или резерве.

8. В линии выгрузки белкового сырья животного происхождения (кормовых дрожжей, рыбной, мясокостной муки в таре и т. д.) установлена мешкорастарочная машина, спроектированная и изготовленная на предприятии с применением круглых ножей от лущильников почвы. Растаренное сырье хранят в резинокордных контейнерах на втором и третьем этажах склада и подают в производство с помощью электропогрузчиков.

Дальнейшим шагом в совершенствовании ПРТС-работ на этом участке является сооружение в складе оперативных бункеров для хранения растаренного сырья и подача его в производство цепными конвейерами, т. е. без контейнеров и погрузчиков.

На линии предварительного дозирования – смешивания белкового и трудносыпучего сырья установлены многокомпонентные дозаторы 5ДК-500 и 16ДК-1000, а также смеситель СГК-2,5М. Это не самое лучшее решение, так как при одном цикле дозирования смеситель будет недогружаться и качество предварительной смеси не достигнет оптимального.

Проведенная реконструкция не только увеличила производственную мощность, упростила технологическую схему и сделала ее в значительной степени прямоточной, но и в основных узлах дозирования – смешивания появился значительный резерв, который в дальнейшем может быть реализован при увеличении емкости для хранения сырья в готовой продукции, внедрения лучших схем механизации.

В таблице 26 представлены расчетные коэффициенты запаса производительности по основным технологическим линиям, при производительности 750 т/сут, принятой за единицу.

К недостатку схемы следует отнести отсутствие просеивающих машин и дробилки на измельчении сходовых продуктов в линии подготовки предварительной смеси белкового и трудносыпучего сырья, отсутствие оперативных бункеров достаточной вместимости для растаренного белкового сырья, наличие большого числа бункеров малой вместимости в линии основного дозирования – смешивания.

Следует отметить, что расчет коэффициентов запаса представляет собой предварительную и далеко не полную характеристику возможностей технологических линий, так как они не учитывают проведение технологических операций в реальном масштабе времени и во взаимоувязке, при выполнении конкретного задания и с учетом нахождения 1...2 дробилок и одного пресса-гранулятора на профилактическом ремонте или в резерве. Однако полученные значения коэффициентов больше единицы (кроме линии гранулирования) свидетельствуют о резерве данной технологической схемы.

Для повышения качества предварительной смеси белкового и трудносыпучего сырья следует рекомендовать рассмотреть следующий алгоритм работы многокомпонентных дозаторов 5ДК-500 и 16ДК-1000 на этой линии: два последовательных отвеса общей массой 2400...2500 кг и одно смешивание.

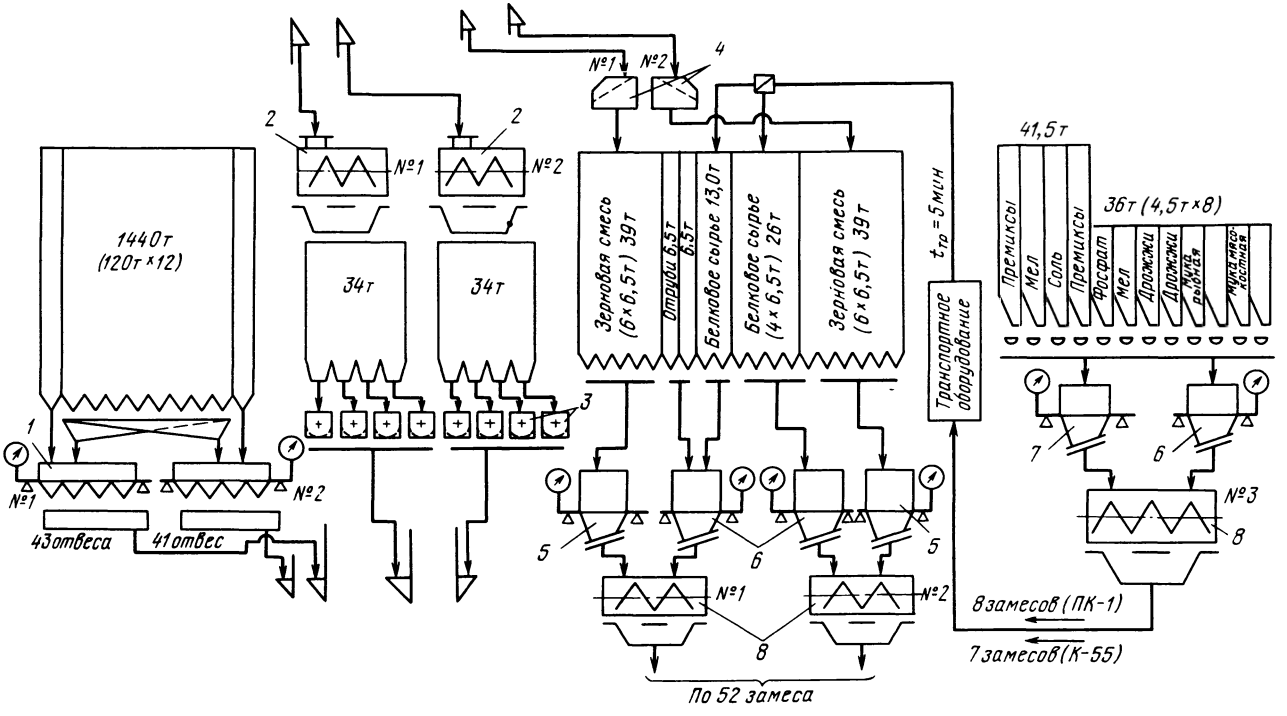


Рис. 27. Блок-схема цеха № 2 Гатчинского комбикормового завода мощностью 750 т/сут:

1 – многокомпонентный весовой дозатор АД-3000-ГК; *2* – смеситель А9-ДСГ-3,0; *3* – молотковые дробилки А1-ДДР; *4* – просеивающие машины; *5* – многокомпонентный весовой дозатор 10ДК-2500; *6* – дозатор 16ДК-1000; *7* – дозатор 5ДК-500; *8* – смеситель СГК-2,5М.

Полные возможности технологической схемы как построенной на принципе циклической работы можно установить путем построения двух-трех практических циклограмм на основных массовых рецептах комбикормов На рисунке 27 представлена блок-схема, удобная для проведения анализа ее работы, проведения расчетов при выполнении технологической подготовки производства.

Для анализа возможностей технологической схемы рассмотрим пример ее функционирования в течение смены (8 ч) при выработке двух различных комбикормов: в первом потоке по рецепту ПК-1, во втором – по рецепту К-55. Состав рецептов (%):

К-55		ПК-1	
Рожь	16,4	Кукуруза	19,0
Кукуруза	27,0	Пшеница	5,0
Овес	20,0	Ячмень	26,7
		Сорго	9,0
Итого зерновых	63,4	Рис	4,0
		Травяная мука гранулированная	4,0
Отруби	15,0		
Шрот	8,0	Итого зернового и гранулированного	67,7
Травяная мука	6,0		
Фосфат кормовой	1,0		
Соль поваренная	0,6	Дрожжи кормовые	3,5
Мел	2,0	Мука крабовая	2,0
БВК	3,0	Шрот соевый	8,0
Премикс	1,0	Шрот хлопковый	5,0
		Отруби пшеничные	4,0
Всего	100,0	Мука известняковая	6,5
		Фосфат кормовой	1,5
		Мука костная	0,5
		Соль поваренная	0,3
		Премикс П1-2	1,0
		Всего	100,0

При установленной мощности завода 750 т/сут в смену должно быть выработано 250 т продукции, по 125 т по каждому рецепту. Рассмотрим работу всего оборудования и бункеров, связанных с подготовкой и обработкой зерновых предварительных смесей. Не приводя самого расчета, укажем итоговые данные, полученные при составлении и рассмотрении материального баланса (табл. 27).

В связи с тем что загрузка дозаторов может быть увеличена до 2,5 т, а время смешивания предварительных смесей зернового сырья, как показывают исследования технологического процесса Болшевского

27. Данные материального баланса работы линии предварительных смесей зернового и гранулированного сырья

Поток	Рецепт	Доля зерновых, %	Количество под задание, т	Фактическая загрузка дозаторов АД-3000-ГК, т	Общее число отвесов	Число циклов в час	Производительность подачи в наддробильные бункера, т/ч	Время дозирования предсмеси зерна
Первый	ПК-1	67,7	84,625	1,968	43	12	23,62	3 ч 36 мин
Второй	К-55	63,4	79,25	1,933	41	12	23,2	3 ч 25 мин

комбикормового завода, может быть сокращено до 2 мин, максимальная производительность каждого потока может достигать 37,5...40 т/ч. Это обеспечит при рациональном ведении технологического процесса и отсутствии узких мест в других линиях схемы суточную производительность комбикормового завода до 2000 т.

При обсуждаемом режиме работы, когда производительность подачи зерновой предварительной смеси составляет 23,62 и 23,2 т/ч, в работу целесообразно включать по две молотковые дробилки из четырех имеющихся в каждой линии. Расчетное время работы дробилок для измельчения всего зерна, необходимого для выполнения задания, составит в первом случае 4 ч 14 мин, во втором – 3 ч 58 мин.

В связи с наличием над дробилками бункеров большой вместимости (по 34 т) дробилки будут работать без остановок, и к концу дозирования предсмеси в бункерах будет около 19 в первом потоке и 16,7 т во втором потоке.

Наибольшую сложность представляет работа наддозаторных бункеров в линиях основного дозирования – смешивания, так как там установлено по шесть бункеров малой вместимости (по 1,5 т каждый), со своими шнековыми либо шлюзовыми питателями. Идеальным вариантом было бы использование только одного бункера, с тем чтобы избежать замену перфокарт.

Предварительно оценим работу основного узла дозирования – смешивания. Если принять, что загрузка смесителей будет примерно 2,4 т, тогда в основной линии дозирования – смешивания необходимо выполнить 52 замеса при фактической загрузке 2404 кг. Часовая производительность потоков при десяти замесах в час составит 24,04 т, расход зерновых: в первом потоке 16,27 т/ч, во втором – 15,24 т/ч, т. е. значительно меньше, чем производительность подачи при работе двух дробилок.

Для выполнения 52 замесов необходимо, чтобы линии основного дозирования работали непрерывно 5 ч 12 мин. Если начать дозирование через 5 мин после включения в работу дробилок (с учетом движения

продукта по коммуникациям), в наддозаторных бункерах будет по 0,7 т зерновой смеси. С учетом превалирования подачи (20 т/ч) над расходом (16,27 и 15,24 т/ч) за время дозирования в наддозаторных бункерах будет идти также накопление подготовленных зерновых предварительных смесей:

в первом потоке 16,14 т $[0,7 + 4,14(20 - 16,27)]$;
во втором потоке 20,40 т $[0,7 + 4,14(20 - 15,24)]$.

Полученные данные говорят о том, что одного бункера недостаточно, а должно быть использовано три-четыре из шести имеющихся. Если питатели бункеров сблокировать парами, потребуется в течение смены (на рецепте ПК-1) выполнить два переключения подачи продуктов размола из бункеров № 1; 2 в бункера № 3; 4 и обратно и один раз заменить перфокарту, как показано на рисунке 28.

В случае рецепта ПК-1 можно было бы обойтись и тремя бункерами № 1; 2; 3.

Рассмотрим работу линии предварительных смесей белкового и трудносыпучего сырья при выработке одновременно комбикормов по рецептам ПК-1 и К-55. Согласно рецепту ПК-1 на этой линии дозируют 15,3 % от всех компонентов. Будем считать, что отруби и шроты дозируют непосредственно из основной линии дозирования – смешивания. Схема предусматривает также дозирование шротов совместно с зерновыми компонентами. В этом случае для приведенного выше примера следует сделать перерасчет.

Для партии комбикорма в 125 т (рецепт ПК-1) необходимо приготовить 19,125 т смеси. При наличии смесителя СГК-2,5 и дозаторов 5ДК-500 и 16ДК-1000 наилучшим вариантом можно считать режим с двумя отвесами и одним замесом. В этом случае цикл дозирования – смешивания, рассчитанный с помощью циклограммы, составит

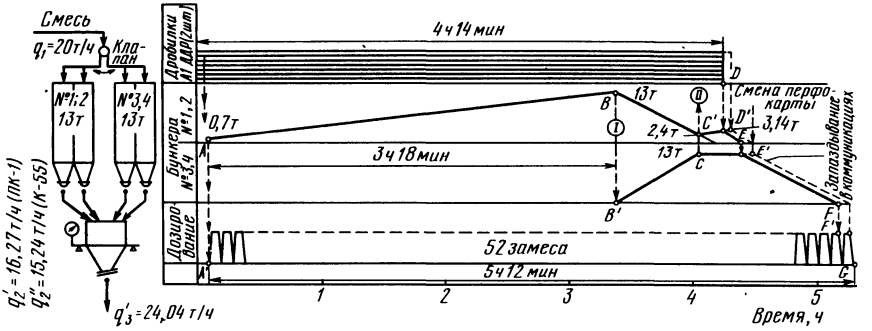


Рис. 28. Циклограмма работы узла дозирования – смешивания, алгоритм заполнения – опорожнения бункеров (рецепт ПК-1) в узле предварительной смеси зернового и гранулированного сырья: *A–A′, C–C′, Д–Д′, E–E′, F–F*¹ – активные (критические) точки процесса; *I* и *II* – переключение клапана.

8 мин 20 с ≈9 мин. Примем замес около 2,4...2,1 т и уточним возможные варианты: восемь замесов по 2391,3 кг (предпочтительнее); девять замесов по 2125,5 кг.

Для партии комбикорма (рецепт К-55) смесь белкового сырья 13,6 %, всего требуется подготовить 17 т: семь замесов по 2428,5 кг (предпочтительнее); восемь замесов по 2125 кг.

Будем окончательно считать, что требуется сделать всего 30 отвесов и 15 замесов: для комбикорма (рецепт ПК-1) восемь замесов по 2391,3 кг; для комбикорма (рецепт К-55) семь замесов по 2428,5 кг. Общее время работы узла без замены перфокарт будет 9 мин·15 = = 15 мин, или 2 ч 15 мин, т. е. имеется очень большой резерв времени. Задача нахождения оптимального режима работы сводится к обеспечению минимального простоя основной линии дозирования, а также оценке точности дозирования самых малых порций компонентов. Потребность в белковых и других компонентах на партию в 125 т по рецепту ПК-1 и К-55 приведена в таблицах 28, 29.

28. Данные расчета потребности в белково-минеральном сырье на партию и расход их на один отвес (рецепт ПК-1)

Сырье	% ввода	Потребность			5ДК-500	16ДК-1000
		на партию, кг	на один отвес, кг	на один замес, кг		
Дрожжи кормовые	3,5	4375	273,44	546,87	–	273,44
Мука крабовая	2,0	2500	156,25	312,50	–	156,25
Мука известняковая	6,5	8125	507,80	1015,60	–	507,80
Фосфат кормовой	1,5	1875	117,20	234,40	117,20	–
Мука костная	0,5	625	39,10	78,20	39,10	–
Соль поваренная	0,3	375	23,40	46,80	23,40	–
Премикс	1,0	1250	78,13	156,25	78,130	–
Всего	15,3	19125	1195,30	2390,60	257,83	937,49

29. Данные расчета потребности в незерновых видах сырья на партию и расход их на один отвес (рецепт К-55)

Сырье	% ввода	Потребность			5ДК-500	16ДК-1000
		на партию, кг	на один отвес, кг	на один замес, кг		
Мука травяная	6,0	7500	535,7	1071,4	–	535,7
Фосфат кормовой	1,0	1250	89,3	178,6	89,3	–
Соль поваренная	0,6	750	53,6	107,1	53,6	–
Мел	2,0	2500	178,6	357,1	–	178,6
БВК	3,0	3750	267,9	535,7	–	267,9
Премикс	1,0	1250	89,3	178,6	89,3	–
Всего	13,6	17000	1214,4	2428,8	232,2	982,2

Всего будет использовано 11 бункеров из имеющихся 12. При фактической вместимости основного смесителя СГК-2,5 № 1 2404 кг (рецепт ПК-1) содержание компонентов будет (табл. 30).

30. Распределение компонентов по весовым дозаторам

Сырье	% ввода	Потребность на один отвес, кг	16ДК-1000	10ДК-2500
Зерновая смесь	67,7	1627,5	–	1627,5
Отруби пшеничные	4,0	96,16	96,16	–
Шрот:				
соевый	8,0	192,32	192,32	–
хлопковый	5,0	120,20	120,20	–
Смесь белкового и другого сырья	15,3	367,81	367.81	–
Всего	100,0	2404,0	776,5	1627,5

Аналогично предварительная смесь белкового сырья (рецепт К-55) в расчете на один замес в главном смесителе будет 327 кг. Из этого следует, что подготовка одного замеса предварительной смеси в ЦПС обеспечивает выполнение 6,5 замеса в основном смесителе по рецепту ПК-1 и 7,4 замеса по рецепту К-55, т. е. на 39 и 44 мин работы линии соответственно. Это время надо знать для выбора рационального алгоритма работы ЦПС. Линии приготовления зерновых и белковых предварительных смесей можно пускать одновременно.

Работу ЦПС можно запрограммировать следующим образом:

выработка двух замесов смеси по рецепту ПК-1 и передача их в наддозаторные бункера линии основного дозирования. На это будет затрачено 23 мин, включая передачу. Практически через 14 мин можно считать, что предварительная смесь в наддозаторном бункере уже есть и данный фактор начало дозирования не сдерживает. Два отвеса обеспечат работу основного узла на 78 мин;

замена перфокарт при переходе с выработки комбикорма по рецепту ПК-1 на рецепт К-55 потребуется 2...5 мин;

выработка всех семи замесов (17 т) по рецепту К-55 и передача их в наддозаторные бункера основной линии. На это необходимо (7 х 9 + 5) = =68 мин. Через 30 мин после начала смены можно начинать выработку комбикорма по рецепту К-55;

замена перфокарт при переходе с выработки комбикорма по рецепту К-55 на рецепт ПК-1 (2...5 мин);

выработка оставшихся шести замесов по рецепту ПК-1 и передача их на основную линию. Поскольку на первой линии установлено всего два бункера общей вместимостью 13 т, необходимо уточнить алгоритм их заполнения.

Расход смеси белкового сырья в линии основного дозирования 3,68 т/ч (2,404 · 0,153 · 10), поступление 15,94 т/ч, наличие в бункерах после 1 ч работы 1,1 т (2,391 · 2 – 3,68). Тогда для заполнения наддозаторных бункеров необходимо иметь ресурс времени $\frac{13-1,1}{15,94-3,68} = 0,97$ ч, или 58 мин, а для выполнения шести оставшихся замесов необходимо 54 мин (9 · 6), что говорит о возможности безостановочной работы ЦПС до конца выполнения задания.

Линия предварительной смеси белкового и трудносыпучего сырья имеет значительный резерв. Ее техническая возможность, рассчитанная по узлу дозирования – смешивания, составляет около 15,84 т/ч, или 332,6 т/сут, что обеспечивает также около 2000 т выработки комбикорма в сутки.

Работа ЦПС в 1...2 смены связана с необходимостью увеличения числа и вместимости бункеров в узле основного дозирования – смешивания или непосредственно в цеху, где вырабатывают смеси белкового и минерального сырья. Если дозировать шроты по линии подготовки зерновых компонентов, доля компонентов здесь, например, при исполнении рецепта ПК-1, увеличится с 67,7 до 80,7 %, время работы двух дробилок увеличится до 5,04 ч. Для поиска достоверного ответа необходимо построить новую циклограмму, аналогичную на рисунке 28.

Проверку точности дозирования в дозаторе 5ДК-500 проведем по самой малой порции компонента, например поваренная соль в комбикорме по рецепту ПК-1, вводимая в количестве 0,3 %, или 23,4 кг на один отвес. Ориентировочно точность дозирования составит 23,4 ± 2,5 кг, или ± 10,7 %, что укладывается в оценку "удовлетворительно".

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА С ВЕСОВЫМИ ДОЗАТОРАМИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Один из вариантов технологической схемы линии предварительных смесей зернового сырья и основного дозирования (форпроект) комбикормового завода мощностью 1200 т/сут (60 т/ч) показан на рисунке 29. В ней использованы весовые дозаторы типа 4488ДН (в дальнейшем ДН), гравитационные смесители (усреднители), смесители непрерывного действия 2СМ-1, двухэтапное измельчение. Схема выполнена применительно к реконструкции типового комбикормового завода 315 (500, 630) т/сут без изменения вместимости бункеров. Весовые дозаторы непрерывного действия установлены в подсилосном этаже склада сырья силосного типа для дозирования зерновых видов сырья, а также сырья, поступающего в гранулированном виде (9 шт.), а также в линии основного дозирования (4 шт.).

В складе силосного типа выделено в качестве оперативных 16 силосов (восемь для зерна) и установлено по условиям компоновки девять дозаторов, так что на каждый дозатор продукт попадает из двух или трех силосов:

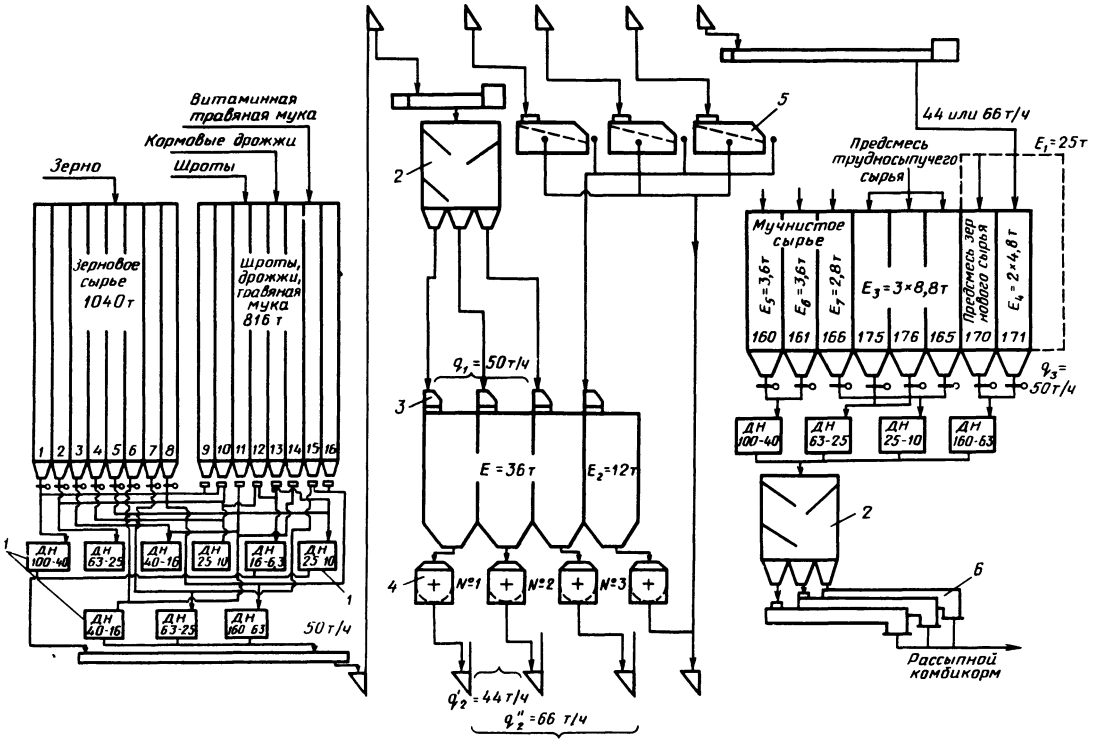


Рис. 29. Технологическая схема форпроекта (вариант) реконструкции комбикормового завода:

1 – весовые дозаторы непрерывного действия типа 4488 ДН; *2* – гравитационный смеситель (усреднитель); *3* – электромагнитный сепаратор А1-ДЭС; *4* – молотковая дробилка А1-ДМР-20; *5* – просеивающая машина; *6* – смеситель непрерывного действия 2СМ-1.

ДН 16-6,3* (до 6,3 т/ч) – 1 шт.
ДН 25-10* (до 10 т/ч) – 2 шт.
ДН 40-16* (до 16 т/ч) – 2 шт.
ДН 63-25* (до 25 т/ч) – 2 шт.
ДН 100-40** (до 40 т/ч) – 1 шт.
ДН 160-63** (до 63 т/ч) – 1 шт.

Весовых дозаторов малой производительности нет, хотя по условиям эксплуатации включение малых компонентов возможно, например БВК в гранулированном виде или подсортировка малых количеств какого-либо зерна, имеющего ограничения по вводу. Применение гравитационного смесителя (усреднителя) в линии предварительной смеси зернового и гранулированного сырья можно считать оправданным, так как он предназначен для усреднения состава смеси с тем, чтобы максимально использовать возможности молотковых дробилок. В узле же основного дозирования такое решение, а также установка морально устаревших смесителей непрерывного действия 2СМ-1 следует считать громоздким и в целом неудовлетворительным.

Для оценки предложенного в форпроекте решения проанализируем работу представленной схемы на конкретном примере: выработка партии комбикорма в 400 т (рецепт ПК-1), имеющему состав (%):

1. Кукуруза	31	7. Мука рыбная	1,7
2. Пшеница	24	8. Мука мясокостная	3,0
3. Сорго	12	9. Мука костная	2,0
4. Шрот подсолнечный гранулированный	6,7	10. Мел	6,0
		11. Фосфат	0,2
5. Шрот хлопковый гранулированный	8,0	12. Соль	0,3
		13. Кормолизин	2,5
6. Мука травяная гранулированная	1,6	14. Премикс П1-2	1,0

Итого зернового и гранулированного сырья 83,3 % (или 333,2 и на партию)

Итого сырья белкового, минерального происхождения, премиксов 16,7 % (или 66,8 т на партию)

При суточной мощности завода 1200 т часовая его производительность может быть принята для расчета 60 т, причем в отличие от ранее существующих двухпоточных – данная схема однопоточная. Можно считать, что она предназначена для выпуска больших товарных масс однотипной продукции. Однопоточная схема имеет безусловные преимущества с точки зрения автоматизации и управления технологическим процессом.

* Дозаторы средней производительности.

** Дозаторы большой производительности.

При выработке комбикормов по рецепту ПК-1 в линии предварительных смесей из девяти дозаторов должно быть включено в работу шесть, они должны быть настроены на производительность (т/ч):

1. Кукуруза	18,6 –	дозатор	ДН 63-25
2. Пшеница	14,4 –	"	ДН 63-25
3. Сорго	7,2 –	"	ДН 40-16
4. Шрот подсолнечный	4,2 –	"	ДН 25-10
5. Шрот хлопковый	4,8 –	"	ДН 25-10
6. Мука травяная гранулированная	0,96 –	"	ДН 16-6,3

В соответствии с НТД на дозаторы весовые автоматические непрерывного действия должен быть установлен дозатор ДН 10-4, так как нижний предел взвешивания составляет 25 % от максимальной производительности. Суммарная производительность линии составит 49,98 т/ч или округленно 50 т/ч.

В линии основного дозирования будут работать только два дозатора: ДН 160-63 на смеси зернового и гранулированного сырья (50 т/ч) и ДН 63-25 или ДН 25-10 на смеси белково-минерального сырья (10 т/ч). Остальное оборудование будет простаивать.

При анализе работы схемы основное внимание следует уделить алгоритму работы молотковых дробилок, наддробильных и наддозаторных бункеров, поскольку техническая производительность группы дробилок не равна производительности потока предварительной смеси, а бункера малы по вместимости.

Первый вариант. Работа дробилок с недоиспользованием их паспортной производительности, повышенным удельным расходом электроэнергии. В этом случае при суммарной паспортной производительности трех дробилок А1-ДМР-20 60 т/ч их нужно настраивать по потоку, т. е. q_1 = 50 т/ч (по 16...17 т/ч каждая), с доизмельчением после ситового контроля крупной фракции. С учетом того что в схеме реализовано двухступенчатое измельчение и в дробилках первого этапа измельчения могут быть установлены разреженные сита (это особенно важно при выработке рассыпных комбикормов для птицы), суммарная производительность трех молотковых дробилок может быть и выше – до 66 т/ч (расчетно). При настройке работы дробилок по потоку вместимость как наддробильных, так и наддозаторных бункеров особого значения не имеет.

Второй вариант. Примем суммарную производительность группы из двух дробилок q_2' = 44 т/ч, из трех q_2'' = 66 т/ч. Будем считать одной из главных задач рациональное использование возможностей дробилок и достижение минимальных удельных энергозатрат. Тогда алгоритм их работы прямо зависит от вместимости бункеров.

Алгоритм работы может быть выбран исходя из следующей логики рассуждений.

1. Через 10 мин после начала работы узла дозирования в линии предварительной смеси могут быть включены в работу две дробилки. За это

время при производительности подачи 50 т/ч будет подано в наддробильные бункера (и находится в коммуникациях) $E_x = 8{,}3$ т продукта. Поскольку $q_1 > q_2'$, через некоторое время t_1 наддозаторные бункера будут полными:

$$t_1 = \frac{E - E_x}{q_1 - q_2'} = \frac{36 - 8{,}3}{50 - 44} = 4{,}62 \text{ ч, или 4 ч 37 мин.}$$

За это время из запланированных 333,2 т сырья с учетом 10 мин предварения может быть подано в производство 50 т/ч · 4,79 ч = 239,5 т, если работа последующей линии основного дозирования не будет этому препятствовать. Последнее следует проверить.

2. Поскольку расход из наддозаторных бункеров $q_3 = 50$ т/ч и расход больше подачи $q_3 > q_2'$, начало основного дозирования возможно осуществить через время t_2 после заполнения бункеров № 170 и 171, имеющих суммарную вместимость $E_4 = 9{,}6$ т. Время $t_2 = 13$ мин. После включения в работу линии основного дозирования через время t_3 наддозаторные бункера будут пустыми:

$$t_3 = \frac{E_4}{q_3 - q_2'} = \frac{9{,}6}{50 - 44} = 1{,}6 \text{ ч или 1 ч 36 мин,}$$

что свидетельствует о доминирующем влиянии на ход технологического процесса конечной операции, т. е. работы линии основного дозирования – смешивания. Значит, работа двух дробилок возможна только 1 ч 30 мин, после чего должна быть включена в работу третья дробилка.

3. За 1 ч 30 мин работы двух дробилок:

будет подано в наддробильные бункера 50 · 1,5 = 75 т;

с учетом $Q_1 = 8{,}3$ т через бункера пройдет 83,3 т;

расход на дробление составит 44 · 1,5 = 66 т;

наличие продукта (заполнение) в бункерах $E_x = 17{,}3$ т.

4. После включения в работу третьей дробилки продукт в наддробильных бункерах будет убывать, а в наддозаторных – нарастать. Следует определить время этих операций, так как достижение этих состояний следует рассматривать как "критическое". Это может привести систему в следующее состояние, при котором третья дробилка должна быть отключена:

$$t_4 = \frac{E_x}{q_2'' - q_1} = \frac{17{,}3}{66 - 50} = 1{,}08 \text{ ч, или 1 ч 5 мин,}$$

т. е. через 1 ч 05 мин наддробильные бункера будут пустыми.

Однако

$$t_5 = \frac{E_4 - E_x}{q_2'' - q_3} = \frac{9{,}6 - 4{,}4}{66 - 50} = 0{,}33 \text{ ч,}$$

т. е. еще раньше, через 20 мин, наддозаторные бункера будут полными вновь и третья дробилка должна быть отключена.

Выкладки могут быть продолжены. Однако уже изложенное убежда-

ет, что принятое в форпроекте решение не обеспечивает нормальной работы предприятия из-за малой вместимости наддозаторных бункеров. Чтобы избежать частых включений – выключений молотковых дробилок, следует иметь значительно большие по вместимости наддозаторные бункера для размещения предварительной смеси зернового и гранулированного сырья.

Выберем на основании опыта вместимость наддозаторного бункера для смеси зернового и гранулированного сырья равной 25 т. Определим алгоритм работы. Проведем решение задачи с конечной операции. Общее время работы основной линии дозирования – смешивания 400/60 = 6,67 ч, или 6 ч 40 мин. Примем, что до начала включения в работу дозаторов подача измельченной предварительной смеси продолжалась 30 мин (0,5 ч). За это время было подано продукта E'_x = 22 т (44 · 0,5). После включения в работу дозаторов продукт в них начинает постепенно убывать, так как расход больше подачи: $q_3 > q'_2$. Через время t_6 бункера будут пустыми:

$$t_6 = \frac{E'_x}{q_3 - q'_2} = \frac{22}{50 - 44} = 3{,}67 \text{ ч, или } 3 \text{ ч } 40 \text{ мин.}$$

Чтобы не допустить останова линии дозирования, примем, что третья дробилка была включена в работу через 3 ч 30 мин. Остаток продукта в бункере был

$$E''_x = [22 + (44 \cdot 3{,}5)] - 50 \cdot 3{,}5 = 1 \text{ т.}$$

За 3 ч 30 мин было подано в наддозаторные бункера 154 т продукта (44 · 3,5), а с учетом первоначальной подачи 176 т. Такое же количество прошло через молотковые дробилки. Остается измельчить и подать 157,2(333,2 – 176), для чего необходимо 7,15 дробилко-часа. Эта информация необходима для контроля за временем работы дробилок.

Третью дробилку можно включить в работу, например, на 1 ч 30 мин. За это время в наддозаторные бункера будет подано 99 т (66 · 1,5), а израсходовано 75 т. С учетом остатка к моменту останова третьей дробилки в бункере будет полная вместимость, т. е. 25 т. Нарастающим итогом подготовлено 275 т сырья и останется 58,2 т, на что потребуется еще 2,65 дробилко-часа, или 1 ч 20 мин совместной работы двух дробилок. Количество продукта в наддробильном бункере будет уменьшаться, и на момент останова всех дробилок в нем будет

$$[25 + (44 \cdot 1{,}33)] - 50 \cdot 1{,}33 = 17 \text{ т.}$$

Сведем данные рассматриваемого алгоритма в таблицу 31 и построим циклограмму (рис. 30).

При данном алгоритме работы дробилок проверим, достаточно ли иметь вместимость наддробильных бункеров 36 т, рассмотрев ситуацию через каждый час (табл. 32).

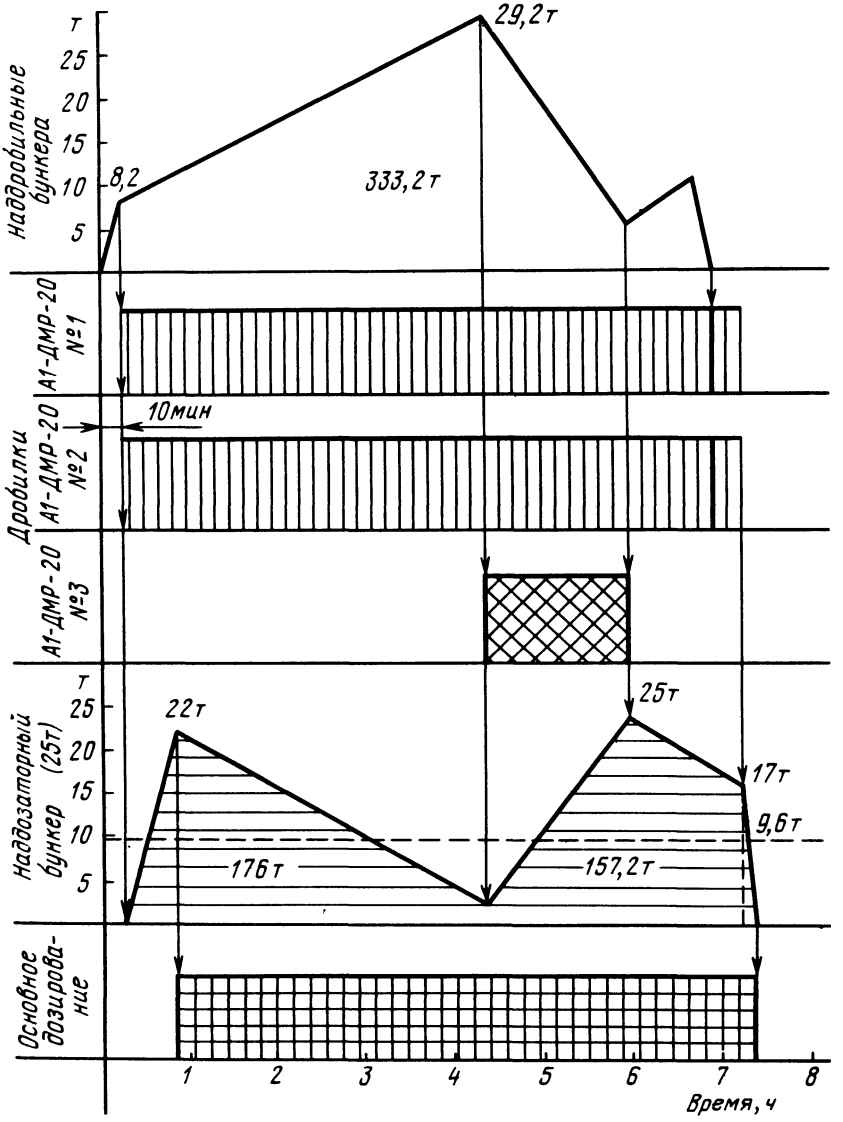


Рис. 30. Циклограмма работы наддробильных и наддозаторных бункеров молотковых дробилок и линии основного дозирования.

31. Сводные данные алгоритма работы молотковых дробилок

Операция	Продолжительность операции	Подача продукта, т	Наличие с учетом остатка на конец периода, т	Число работающих дробилок	Расход на дозирование, т	Подача нарастающим итогом, т	Остаток подачи, т
Измельчение	30 мин	22,0	22	2	–	–	311,2
Измельчение – дозирование	3 ч 30 мин	154,0	1	2	175,0	176,0	157,2
То же	1 ч 30 мин	99,0	25	2	75,0	275,0	58,2
"	1 ч 20 мин	58,2	17	2	66,5	333,2	0
Дозирование	20 мин	–	0	–	17	333,2	0
Итого						333,2	

Общее время дозирования 6 ч 40 мин; дробилко-часов 15,15

32. Сводные данные алгоритма заполнения – опорожнения бункеров

Операция	Продолжительность операции	Подача, т	Расход, т	Наличие в бункерах, т	Продолжительность работы дробилок (дробилко-час)
Подача смеси без измельчения	10 мин	8,2	–	8,2	–
Работа дробилок:					
двух	1 ч 00 мин	50	44	14,2	
	1 ч 00 мин	50	44	20,2	
	1 ч 00 мин	50	44	26,2	7,0
	30 мин	25	22	29,2 (max)	
трех	1 ч 00 мин	50	66	13,2	4,5
	30 мин	25	33	5,2	
двух	1 ч 00 мин	50	44	11,2	3,0
	30 мин	25	22	14,2	
	19 мин	–	14,2	0,0	0,64
Итого	6 ч 59 мин	333,2	333,2	0,0	15,14

Приведенный расчет показывает, что максимальное заполнение имеющихся наддробильных бункеров вместимостью 36 т будет всего 29,2 т, т. е. рассмотренный алгоритм работы дробилок удовлетворяет

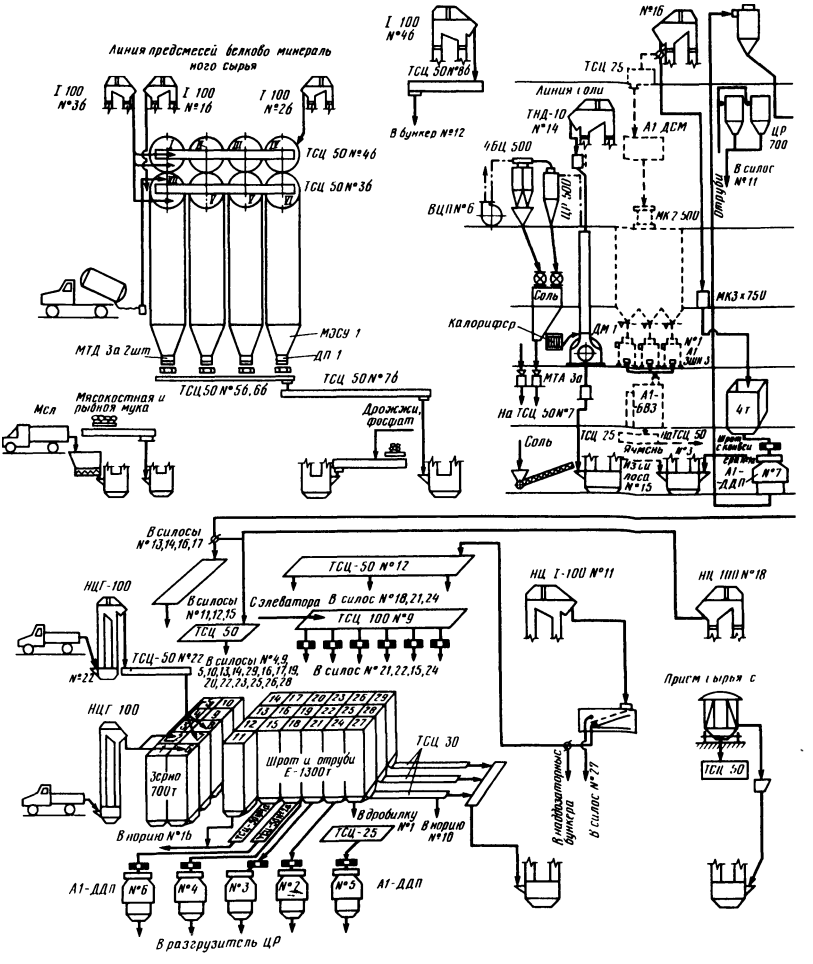
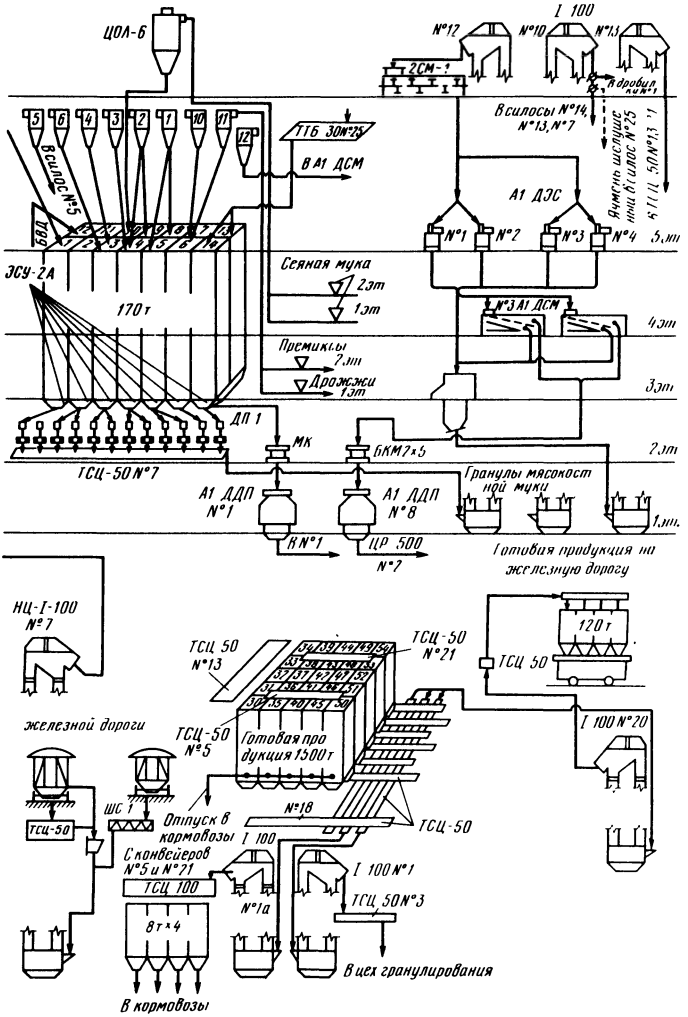


Рис. 31. Технологическая схема производства комбикормов с применением

плановому заданию при условии, что при реконструкции наддозаторные бункера № 170 и 171 будут заменены одним бункером вместимостью 25 т.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА С ОБЪЕМНЫМ ДОЗИРОВАНИЕМ И НЕПРЕРЫВНЫМ СМЕШИВАНИЕМ

Кишеневский комбинат хлебопродуктов имеет в своем составе цех рассыпных комбикормов мощностью 740 т/сут, цех гранулирования производительностью 420 т/сут, зерновой склад силосного типа вмести-



объемных дозаторов.

мостью 8 тыс. т, склад премиксов на 530 т, склад-навес для сырья, прибывающего в таре, на 1,1 тыс. т. В настоящее время цех специализирован на выпуск комбикормов для молодняка птицы. Эта продукция в общем объеме составляет около 90 %, что более половины выпускаемых в республике комбикормов для молодняка птицы. Более 60 % готовой продукции цех вырабатывает в виде крупки.

Технологическая схема цеха комбикормов мощностью 740 т/сут показана на рисунке 31. Зерно поступает двумя потоками с автомобилей, одной линией с железной дороги, где разгружаются как обычные

вагоны, так и вагоны-зерновозы, затем его размещают в силосном корпусе, где, кроме зерна, складируют отруби и шрот. Суммарная вместимость хранилища 2,0 тыс. т. Непосредственно под силосами расположено пять молотковых дробилок: А1-ДДП № 2; 3; 4; 5; 6. Измельченное зерно пневмотранспортом направляют в наддозаторные бункера № 3; 4; 5 и 8; 9 вместимостью по 14 т каждый. Травяную витаминную муку, премиксы, дрожжи, шроты также транспортируют пневмотранспортом. Для измельчения шротов предназначена дробилка А1-ДДП № 7. При необходимости для измельчения зерновых компонентов используют также молотковую дробилку А1-ДДП № 1, расположенную отдельно. Для нее в качестве наддробильных используют бункера № 13 и 14, расположенные в одном ряду с наддозаторными, имеющими вместимость 20 т.

В технологической схеме предусмотрена линия предварительной смеси белково-минерального сырья. В восемь бункеров этой линии подают мел (I), сухое молоко (II), дрожжи (III), обесфторенный фосфат (IV), рыбную (V), мясокостную (VI) и известняковую муку (VII). Дозирование на предприятии объемное, в том числе и на линии предварительных смесей. Мел или известняковую муку дозируют с помощью тарельчатых дозаторов МТД-3а, остальное сырье с помощью дозаторов ДП-1. Сдозированные компоненты попадают в два параллельно установленных конвейера ТСЦ-50 № 5б и 6б. Сформированная смесь далее поступает на ТСЦ-50 № 7б, норию I-100 № 4б и далее с помощью ТСЦ-50 № 8б в наддозаторный бункер № 12 на линию основного дозирования.

Поваренную соль сушат горячим воздухом в пневмотрубе, установленной над дробилкой ДМ-1. Измельченная и высушенная соль отделяется от крупной и влажной по скоростям витания, выносится в циклон-разгрузитель ЦР-500 и далее попадает в бункер соли на линии основного дозирования. Ввод соли осуществляют с помощью дозатора МТД-3а.

Основное дозирование происходит в объемных дозаторах ДП-1 (12 шт.); компоненты попадают на сборный конвейер ТСЦ-50 № 7, далее с помощью нории I-100 № 12 поднимаются на шестой этаж, где установлен смеситель непрерывного действия 2СМ-1. После смесителя рассыпной комбикорм проходит контроль на наличие:

металломагнитных примесей в сепараторах А1-ДЭС (4 шт.);

крупных частиц в просеивателях А1-ДСМ № 3, 4. Готовый продукт взвешивают в автоматических весах Д-500. Схода с просеивателей направляют в дробилку А1-ДДП № 8, затем пневмотранспортом возвращают на контроль.

Одним из узких мест в производстве является вместимость склада готовой продукции. Он силосного типа вместимостью 1500 т, состоит из 25 силосов, по 60 т каждый. Из одного ряда силосов (№ 30; 35; 40; 45; 50) отпускают комбикорм на автомобильный транспорт. Кроме того, имеется дополнительное отпускное устройство из восьми силосов, по 30 т каждый (240 т), для отпуска комбикорма в кормовозы. Над железной дорогой смонтированы четыре отпускных силоса, по 30 т каждый (120 т). Суммарная вместимость всех силосов готовой продукции 1860 т, что в два раза ниже нормативной. Недостаток силосов для готовой продук-

ции значительно осложняет работу. Он требует четкой организации отпуска и доставки комбикормов потребителям.

Во многие комбикорма для молодняка птиц входит шелушеный ячмень. В настоящее время ячменная мука поступает в таре по железной дороге, что требует немалых затрат на ПРТС-работы. В связи с указанным на предприятии проработали вариант монтажа линии шелушения ячменя, состоящей из просеивателя А1-ДСМ, магнитных колонок, бункеров, трех шелушильных машин А1-ЗШН-3, пневмосепаратора А1-БВЗ. Для повышения эффективности работы шелушильных машин целесообразно отобрать мелкую фракцию зерна, установив в просеивателе сито с отверстиями размером 2,2 х 20. Выделенную в пневмосепараторе лузгу необходимо собирать в специальном бункере отходов и по мере накопления реализовывать на производство кормовых смесей для КРС или отпускать хозяйствам. Шелушеный ячмень также следует накапливать в бункере, периодически измельчать в молотковой дробилке для передачи в линию основного дозирования. Максимальная расчетная производительность линии шелушения около 7 т/ч.

В качестве основных направлений дальнейшего совершенствования техники и технологии на данном предприятии можно указать следующие: замена объемного дозирования на весовое с применением горизонтальных тензометрических весов (с обязательным доведением класса дозаторов до 0,5); замена смесителя 2СМ-1 на порционные смесители; строительство силосного корпуса готовой продукции. Целесообразно также проработать вопрос установки дозаторов непрерывного действия типа ДН.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КОМБИКОРМОВОГО ЦЕХА РАМЕНСКОГО КОМБИНАТА ХЛЕБОПРОДУКТОВ

Комбикормовый цех в составе комбината хлебопродуктов построен мощностью 600 т/сут. После освоения всех проектных показателей он был реконструирован первоначально на мощность 900, а затем с одновременной реконструкцией складского хозяйства, расширением зернового элеватора – до 1200 т/сут. Проведение ряда оргтехмероприятий позволило устойчиво работать на уровне 1300 т/сут. Очередная реконструкция, завершенная в конце 1986 г., обеспечила мощность предприятия 1800 т/сут.

Комплекс комбикормового производства включает следующие объекты:

производственный восьмиэтажный цех с отделением предварительного дозирования – смешивания белкового и трудносыпучего сырья;

трехэтажный склад с приемным устройством для хранения сырья минерального происхождения и сырья, прибывающего в таре, примыкающий к отделению предварительных смесей белкового сырья;

склад мучнистого сырья силосного типа с приемным устройством, в котором размещены две линии предварительных смесей зернового и гранулированного сырья, примыкающий к производственному корпусу с противоположной стороны;

склад силосного типа для хранения и отпуска готовой продукции на автомобильный транспорт со встроенными автомобильными весами и на железную дорогу;

склад силосного типа для приемки и хранения известняковой муки, фосфатов, гидролизных дрожжей, ККЛ и другого сырья;

мелассохранилище с двумя резервуарами, по 200 м^3 каждый;

приемное устройство для зерна с автомобильного транспорта на четыре проезда с автомобилеразгрузчиками ПГА-25 (прием в заготовки до 30 тыс. т); то же для зернового и гранулированного сырья с железной дороги;

элеватор вместимостью 62 тыс. т для зерна с зерносушилкой ДСП-32;

элеватор для хранения витаминной травяной муки в среде нейтральных газов вместимостью 15 тыс. м^3 (10 тыс. т);

другие объекты общекомбинатского назначения.

Построение технологической схемы комбикормового цеха может быть своего рода эталоном для схем такого рода. В схему заложены такие прогрессивные идеи, как: прямоточность технологического процесса; однозначность коммуникационных привязок; закрепление силосов и бункеров за определенными видами сырья; наличие линий предварительных смесей зернового и белкового сырья; двухэтапное измельчение зерна с контролем крупности размола и доизмельчением сходов на специально выделенных системах; ввод мелассы и жира в рассыпные комбикорма в каскадных вертикальных смесителях до гранулирования, т. е. отдельной операцией; сокращение до минимума числа конвейеров, норий; применение поворотных труб. Лаконичному построению и надежности технологического процесса способствует модернизация многих видов технологического и транспортного оборудования, изготовление ряда машин в собственных мастерских.

Так, с учетом недостатков в конструкциях выпускаемых молотковых дробилок типа А1-ДДР и А1-ДМР изготовлены молотковые дробилки ДР-1 с частотой вращения ротора 24 с$^{-1}$ (1460 об/мин) вместо 48 с$^{-1}$, имеющие мощность привода 90 и 132 кВт, что обеспечивает производительность 13...16 т/ч. Дробилки оборудованы шнековыми питателями, стабилизирующими подачу продукта в машину.

Ранее была проведена модернизация рассева ЗРМ-2М с использованием заводского привода и подвески. Кузов же к рассеву изготовлен новый, шкафного типа с тремя рамами, работающими параллельно. В результате обеспечена простота, надежность, герметичность и высокая производительность машины (до 25 т/ч). Заслуживают внимания разработанные заводом распределители потока продукта, удобные в обслуживании, хорошо аспирируемые. Они установлены в схеме перед рассевами.

Изготовлены также порционные смесители (2 шт.) вместимостью 4,5...5,0 т, которые установлены в узле главного дозирования – смешивания. Корпус смесителей изготовлен из листовой стали толщиной 5 мм, имеет длину 4,5 мм. Диаметр вала 300 мм, диаметр витков рабочего

органа 1,5 м. Смесители укомплектованы редукторами РК-600 и РМ-1000 с передаточным отношением 1:40 и электродвигателями мощностью 55 и 75 кВт соответственно. Частота вращения вала 24 мин$^{-1}$. Комбинатом модернизированы весовые дозаторы АД-3000-ГК и увеличена их грузоподъемность до 5 т; применены железоотделители электромагнитные подвесные.

Комплексный подход к решению вопросов построения и надежности работы схемы позволил перейти на полностью автоматизированное управление, более того, начать использование ЭВМ для контроля и управления рядом технологических операций, в частности работой узлов смесеприготовления, и решения задач по управлению производством (АСУП). В дальнейшем предполагается расширить применение ЭВМ для управления транспортно-технологическими маршрутами в основном производстве, операциями отпуска готовой продукции и т. д. Расчет рецептуры комбикормов осуществляет вычислительная машина завода с передачей копий расчетов для просмотра и утверждения межобластному вычислительному центру и облуправлению.

Существующая технологическая схема весьма совершенна, отработана. Практически по ее образу и подобию с использованием всех основных приемов и элементов построения, а также машин можно собирать схемы на производительность 700...900 т/сут (1/2 существующей схемы) и 350...450 т/сут (1/4 схемы).

Рассмотрим схему линий подачи зернового сырья (рис. 32). С элеватора зерно тремя подсилосными конвейерами № 4, 5, 6 подают в нории № 1; 2; 3 и далее в три надсепараторных бункера. Очистка зерна в элеваторе происходит в одном сепараторе производительностью 100 т/ч (фирмы "Бюлер"). С помощью нории № 4а зерно перемещают в надвесовой бункер Е-2 и взвешивают в автоматических весах ДН-2000.

Очищенное и взвешенное зерно через винтовой конвейер производительностью 150 т/ч и ряд транспортных механизмов, показанных в схеме, через поворотную трубу на 12 направлений распределяют в 23 надвесовых бункерах. Непосредственно под бункерами смонтированы два многокомпонентных дозатора АД-5000-ГК, формирующих предварительную смесь зернового и гранулированного сырья.

В описанной части схемы лимитирующими элементами являются надсепараторные бункера и сепаратор, поскольку зерновые виды сырья должны проходить через него поочередно, а дозирование смеси может быть начато только после накопления всех видов сырья в наддозаторных бункерах.

Работу технологической схемы анализировали при выработке комбикорма по рецептам: 1) ПК-4, К-60, БВД-60; 2) ПК-1, ПК-3, К-51.

В первом случае анализ проводили, начиная с линий подачи зернового сырья из силосного корпуса, при условии, что наддозаторные бункера пустые, а во-вторых – считали, что в наддозаторных бункерах есть продукт. Была рассчитана подача сырья и в соответствии с результатами построены циклограммы работы цеха в двух вариантах:

вариант А с включением в работу трех молотковых дробилок при так

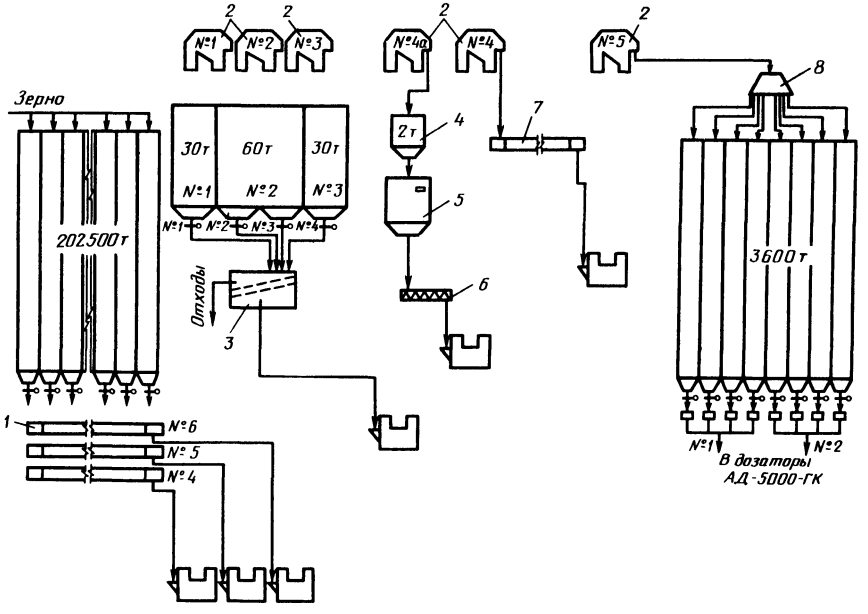


Рис. 32. Технологическая схема подачи зернового сырья в производство:

1 – подсилосный конвейер; *2* – нория II-175; *3* – сепаратор производительностью 100 т/ч (фирмы "Бюлер"); *4* – надвесовой бункер; *5* – автоматические весы ДН-2000; *6* – конвейер винтовой (150 т/ч); *7* – конвейер ленточный (120 т/ч); *8* – труба поворотная на 12 направлений.

называемом "естественном" ходе событий, при котором сигнал об очередной разгрузке дозатора АД-5000-ГК поступает при закрытии днища бункера № 17 (и № 18 во втором потоке), т. е. когда смесь зернового и гранулированного сырья полностью освобождает коммуникации;

вариант Б с включением в работу всех четырех молотковых дробилок в каждом потоке при так называемом "управляемом" ходе событий, когда смесь еще не освободила коммуникации, но уже выработан управляющий сигнал на очередную разгрузку весового дозатора АД-5000-ГК с использованием реле времени, сигнал на которые поступает при выходе электродвигателей дробилок на режим холостого хода. С помощью реле подается также сигнал на разгрузку бункера № 17 (№ 18). В данном случае реализуется режим программируемой логики, своего рода диспетчеризации потоков, которая преследует цель свести к минимуму холостой ход главного смесителя, работа которого задает ритм выработки готовой продукции. При этом сокращается также холостой ход молотковых дробилок.

Предложенный рациональный алгоритм работы все же не позволяет

добиться идеального гармонического взаимодействия отдельных частей технологической схемы. Сводные данные анализа возможных режимов работы технологической схемы приведены в таблице 33. При выработке комбикормов ПК-4 и К-60 лимитирующей является работа линий предварительных смесей зернового и гранулированного сырья; при выработке БВД, естественно, нагрузка на этих линиях снижается.

Время начального цикла составляет 16...22 мин, поэтому схема относится по нашей классификации к низкоинерционной, т. е. она легко поддается управляющим воздействиям. Подготовительное время, включающее передачу с элеватора зерна и его сепарирование, зависит от вида комбикорма. При выработке комбикорма по рецепту ПК-4 оно весьма велико – 1 ч 02 мин, так как за это время надо передать пять различных зерновых культур; по рецепту К-60 – 46 мин 30 с, поскольку культур три, а при выработке БВД – всего 22 мин 30 с, так как в них содержится всего два зерновых компонента.

Особое внимание следует обратить на продолжительность холостого хода молотковых дробилок и основного смесителя. Так, в "неуправляемом" процессе при работе трех дробилок (рецепт ПК-4) в каждом цикле холостой ход 2 мин 45 с (в расчете на одну измельчающую машину), а всего 2 мин 45 с · 3 = 8 мин 15 с; основной смеситель холостит при этом 3 мин 5 с. В "управляемом" режиме работы при включении четырех дробилок холостой ход стал 1 мин 35 с (1 мин 35 с х 4 = 6 мин 20 с), т. е. суммарно сократился всего лишь на 1 мин 55 с (в расчете на одну машину). Холостой ход смесителя стал всего лишь 20 с, из которых 10 с следует отнести к оправданному холостому ходу, а 10 с – к резерву. Резерв можно использовать, усовершенствовав подачу компонентов в дозатор АД-5000-ГК. При этом техническая производительность цеха может возрасти на 106 т/сут. Все представленные в таблице расчеты выполнены, исходя из продолжительности смешивания в смесителе СГК-5, равной 5 мин.

Можно реализовать и другой режим, например, загрузка смесителя по 4500 кг и сокращение времени смешивания на 30...45 с, что практически не изменит конечного результата. Исходя из надежности подшипниковых узлов смесителей, загрузка их в 4,5 т оказалась предпочтительней.

Стремление работать без остатков при переходе с выработки комбикормов с одного рецепта на другой приходит в противоречие с наличием в схеме автоматических весов ДН-2000. По существу, эти весы по своим характеристикам не соответствуют требованиям автоматизации. Здесь нужны программируемые весы, которые могут отпустить в производство любое заданное количество компонентов, причем управление ими должно осуществляться с центрального пульта, а для этого завода – от ЭВМ. Место установки весов – до надсепараторных бункеров. При этом необходимо знать так называемые константы схемы – количество тонн зерна, находящегося в коммуникациях, для упреждения срабатывания подсилосных задвижек.

33. Сводные данные по режиму работы комбикормового цеха

Показатели	Рецепт					
	ПК-4		К-60		БВД-60	
	вариант А	вариант Б	вариант А	вариант Б	вариант А	вариант Б
Подготовительное время до начала дозирования смеси зернового и гранулированного сырья	1 ч 02 мин	1 ч 02 мин	46 мин 30 с	46 мин 30 с	22 мин 30 с	22 мин 30 с
Время начального цикла (без подготовительного)	22 мин 20 с	20 мин 45 с	20 мин 15 с	18 мин 45 с	16 мин 50 с	16 мин 5 с
Время установившегося цикла (при $t_{см} = 5$ мин)	9 мин 30 с	6 мин 45 с	8 мин 40 с	6 мин 35 с	7 мин	6 мин 30 с
Время холостого хода молотковых дробилок в каждом цикле (3 шт. – вариант А; 4 шт. – вариант Б)	2 мин 45 с	1 мин 35 с	2 мин 45 с	1 мин 55 с	2 мин 40 с	2 мин 10 с
Суммарное время холостых пробегов транспортного и технологического оборудования в линии подачи	1 ч 48 мин 25 с	1 ч 41 мин 25 с	58 мин 45 с	44 мин 30 с	1 ч 11 мин 25 с	1 ч 11 мин 25 с
Число циклов в час в одном потоке	6,3	8,8	6,9	9,1	8,5	9,2
Производительность потока, т/ч	31,5	44,0	34,5	45,5	42,5	46,5
Выработка в смену в одном технологическом потоке, т	219,5	306,5	249,2	328,7	324,0	347,6
Производительность цеха, т/сут	1317,0	1839,0	1495,0	1972,2	1944,0	2085,6
То же с учетом начального цикла, влияющего на работу только первой смены, т/сут	1460,0	2051,4	1617,8	2126,6	2035,0	2184,6
Длительность холостого хода основного смесителя СГК-5,0	3 мин 5 с	20 с	2 мин 5 с	10 с	35 с	10 с

Анализ технологической схемы комбикормового цеха Раменского комбината хлебопродуктов показывает все же некоторые возможности дальнейшего совершенствования схемы, прежде всего в результате управления ходом технологического процесса и максимального исключения холостых "пробегов" дробилок. Стремление к созданию "гармоничного" технологического процесса выдвигает требования к техническим характеристикам смесителей. В частности, можно обоснованно сформулировать требования к продолжительности времени смешивания.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КУЙБЫШЕВСКОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Для технологических схем предприятий этого типа характерна последовательная подготовка отдельных видов зернового и гранулированного сырья, которая в зависимости от мощности предприятия осуществляется не только одной, но и параллельно двумя-тремя линиями. При эксплуатации технологических схем этого типа возникают сложности из-за большого числа переключений с подготовки одних видов сырья на другие. В связи с этим подача сырья отключается, возникают паузы для освобождения коммуникаций, проводится перенастройка процесса, которая повторяется несколько раз за смену и не представляет собой стандартной операции. Для эффективного проведения перенастройки необходимо иметь информацию о степени заполнения бункеров, времени транспортирования сырья по коммуникациям, правильно рассчитывать время очередных включений и т. д.

Одной из причин указанной сложности работы является малая вместимость наддозаторных бункеров. Сложности возрастают, если предприятию приходится вырабатывать продукцию по многим отличающимся рецептам для различных половозрастных групп животных. В этом случае при переходе на выработку продукции по другому рецепту в бункерах остаются остатки подготовленного сырья, не входящие в комбикорм последующего рецепта.

Другая сложность – противоречие между большой производительностью подсилосных конвейеров ТСЦ-50 и малой вместимостью наддробильных бункеров (6 т каждый в проектах заводов производительностью 315, 500 и 630 т/сут), а также "жесткими" коммуникациями подачи зерна с норий II-100 в бункера и из бункера в молотковые дробилки. Это исключает возможность использования всех дробилок для измельчения компонентов, входящих в больших количествах. Такое построение схемы не позволяет использовать полностью технические возможности ведущего измельчающего оборудования и приводит к большим затратам времени, необходимым на проведение подготовительных операций.

Наиболее конкретно указанные трудности можно выявить, взяв для анализа в качестве примера выработку определенной партии комбикорма $Q_з$ (рецепт, задание в тоннах) и задаваясь одновременно временем выработки этой партии ($T_р$, ч), соответствующим установленной мощ-

ности завода. Анализу помогает несколько видоизмененное исполнение технологической схемы с исключением второстепенных элементов и указанием непосредственно на схеме данных материального баланса, фактической производительности машин и другой конкретной информации.

Анализ построения десятков технологических схем комбикормовых заводов убеждает, что технологам на действующих предприятиях необходимо уделить значительно больше внимания технологической подготовке производства. В ряде случаев для этого необходимо проводить расчеты, строить циклограммы, в целом искать пути оптимизации работы технологических схем. Большой резерв здесь заключается в правильном планировании очередности выработки комбикормов в ассортименте на период 5...10 дней, исходя из максимальной загрузки оборудования в течение всего периода.

При решении задач подобного типа могут быть рассчитаны и получены следующие данные.

1. Минимальное время проведения подготовительных операций ($T_п$), которое включает в себя суммарное время всех операций по перекачке, очистке, измельчению зерна и других компонентов до начала операции дозирования на главной линии (параллельно проходящие операции не складываются). При этом следует выдержать условие: после начала дозирования операция дозирования – смешивания уже не прерывается вплоть до окончания выпуска партии.

2. Фактическое время работы линии дозирования – смешивания определяют вычитанием из расчетного времени $T_р$ времени подготовительных операций $T_п$:

$$T_д = T_р - T_п.$$

3. Определяют число замесов, фактическую загрузку смесителя, расчетное время цикла дозирования – смешивания. Поскольку

$$Q_з = G_ф n,$$

где $G_ф$ – фактическая загрузка смесителя ; n – число замесов (обязательно целое число),

тогда

$$n = Q_з / G_ф .$$

При этом задание $Q_з$ может быть уточнено, так как оно должно соответствовать целому числу замесов

$$T_ц^р = T_д / n \text{ (расчетно)},$$

где $T_ц^р$ – расчетное время установившегося цикла; $T_д$ – время, предназначенное для работы линии дозирования – смешивания, мин.

Получив расчетное время цикла $T_ц^р$, его следует сопоставить с техническими возможностями работы узла дозирования – смешивания и

дать оценку возможности выполнения планового задания в целом либо выявить резерв времени, имеющийся при его выполнении.

4. Устанавливают очередность подачи на измельчение зерновых видов сырья (а возможно, и гранулированного) по каждой линии, а также количество зерна, подаваемого в каждой операции, т. е. до очередного переключения.

Поскольку на линии подачи в подавляющем большинстве случаев автоматические весы для регистрации (или задания) массы отсутствуют, в первом приближении можно определить вместо количества подачи сырья по видам (т) время его подачи (мин и с), ориентируясь на производительность цепных подсилосных конвейеров. При этом определяют фактическую производительность цепных конвейеров, установленных в подсилосном этаже. Если это невозможно, следует сделать в расчетах поправки на насыпную массу зерновых и других компонентов, приняв за 100 % насыпную массу пшеницы.

Анализ многих технологических схем с целью поиска оптимальных режимов их работы позволяет сделать вывод, что для успешной реализации резервов технологических схем в подсилосном этаже на каждой линии подачи зерна необходимо устанавливать ленточные весы (дозаторы непрерывного действия типа ДН) и использовать их в качестве задатчиков и регистраторов потока.

5. Определить суммарное время холостых пробегов транспортного и технологического оборудования, простоев конвейеров, норий, дробилок, коэффициенты эффективности работы дробилок и их использования.

Коэффициент эффективности работы дробилок $K_э$ представляет собой отношение расчетного или теоретического времени работы дробилок $T_р$ к фактическому времени $T_ф$. В него входит суммарное время коротких холостых пробегов (всех холостых пробегов), в которое нецелесообразно останавливать это оборудование, имеющее крупные электродвигатели с тяжелыми пусковыми режимами. Тогда

$$K_э = T_р / T_ф .$$

Коэффициент эффективности показывает, как используется измельчающее оборудование за то время, когда оно включено в работу.

Коэффициент использования дробилок будет

$$K_и = T_ф / Ф,$$

где $Ф$ – фонд рабочего времени; $Ф = KT$ (K – число дробилок, использованных на подготовке данного сырья; T – общее фактическое время, необходимое для выполнения задания).

Этот коэффициент показывает, как используется фонд рабочего времени молотковых дробилок, занятых на той или иной операции или на предприятии в целом. Фактическое время $T_ф$ рассчитывают по построенной циклограмме, с достаточно большой точностью, поэтому $K_и$ отражает фактическую сторону дела. При оценке полученной величины $K_и$ может встретиться несколько вариантов (табл. 34).

34. Взаимосвязь коэффициента использования $K_и$ с построением и функционированием технологической схемы

Выводы по анализу циклограммы	Значение $K_и$	Выводы по построению и функционированию технологической схемы
Установленное задание не может быть выполнено в расчетное время без нарушения установленных "Правилами" режимов работы оборудования и требований к качеству продукции из-за нехватки подготовленных видов зернового сырья	Намного меньше единицы	Явно неудовлетворительное построение схемы измельчения
	Близко к 0,7... 0,9	Неудовлетворительное построение других частей схемы
	Близко к единице	Недостаточная производительность дробилок
Установленное задание может быть выполнено за время меньшее, чем расчетное	Намного меньше единицы	В линии измельчения имеется значительный резерв
	Близко к 0,7... 0,9	Возможности схемы используются полностью. Мощности предприятия могут быть пересмотрены в большую сторону
	Близко к единице	Возможности схемы используются полностью. При пересмотре мощности предприятия необходимо увеличить число дробилок
Установленное задание может быть выполнено в расчетное время	Намного меньше единицы	В линии измельчения имеется резерв
	Близко к 0,85... 0,9	Возможности схемы измельчения используются полностью
	Близко к единице	Молотковые дробилки являются узким местом, и при их аварийных остановках задание не будет выполнено

Технологические схемы с раздельной подготовкой зерновых компонентов относят к высокоинерционным схемам. В них чрезмерно велико подготовительное время. Время начального цикла $T_{н.ц}$, включающее подготовительные операции и проведение первого замеса (выпуск первой продукции), найденное при построении циклограмм, составило при выпуске продукции по рецепту ПК-1 на комбикормовых заводах: Куйбышевском – 1 ч 26 мин...1 ч 29 мин; в г. Славянске-на-Кубани – 1 ч 50 мин...2 ч 18 мин.

В этих случаях построение линий дозирования – смешивания должно быть таково, чтобы обеспечить, к примеру, выпуск сменного 8-часового задания фактически за 6 ч 31 мин (первый случай) и за 5 ч 42 мин (второй случай), т. е. весовое и смесительное оборудование должно быть подобрано со значительным запасом.

Очередность выполнения всех операций по анализу технологической схемы приведена на примере схемы Куйбышевского комбикормового завода.

1. Вычертить (подготовить) технологические схемы, определить по ним весь перечень силосов, бункеров, транспортных механизмов, основных технологических машин и вспомогательного оборудования, участвующего в работе при выпуске той или иной продукции. Схема должна соответствовать фактическому положению дел на производстве. Уточнить коммуникации, наличие датчиков, задвижек, конечных выключателей, которые могут формировать управляющие сигналы.

2. Определить, в первом приближении, число тонн партии комбикорма, при выработке которого будет проведен анализ, а также расчетное время работы завода при выработке задания согласно утвержденной мощности.

3. Установить точный состав комбикорма данной партии по рецепту.

4. Вычертить план подсилосного этажа (взять имеющийся чертеж) и указать на нем те силосы, в которых размещено зерновое (и гранулированное) сырье, используемое при выработке данного комбикорма. При этом рассчитывают длину движения зерна по подсилосным конвейерам.

5. Сделать расчет массы всех видов сырья (т), требуемого для выработки установленной партии комбикорма. Если в дальнейшем размер партии будет уточнен по условиям кратности ее числу замесов главного смесителя, расчет следует уточнить. Данные всех расчетов для наглядности целесообразно свести в таблицы.

6. Провести хронометраж (в условиях действующего предприятия) или выполнить расчет (при анализе схем проектируемых, строящихся предприятий или в учебных целях) времени работы подъемно-транспортного, технологического и вспомогательного оборудования. Данные расчета или хронометража выполняют в дальнейшем роль констант, присущих конкретной технологической схеме.

7. Уточнить производительность цепных и других конвейеров при перемещении тех видов сырья, которые указаны в рецепте, исходя из условий их работы в потоке. Уточнить производительность молотковых дробилок при измельчении сырья и при установке конкретных сит.

8. Анализируя протяженность коммуникаций и время перемещения по ним отдельных видов сырья, установить, какой из участков производства будет лимитировать ход производственного процесса, т. е. имеет максимальное время выполнения операций, отклик на управляющее воздействие.

9. Сделать расчет масс всех компонентов на один замес главного смесителя (кг), определить расход каждого компонента в процессе дозирования (т/ч) и суммарный расход.

10. Рассчитать теоретическое время работы дробилок при измельчении зерна и гранулированного сырья, а также суммарное теоретическое время их работы.

11. Составить сводную таблицу данных о коммуникационных привязках молотковых дробилок к линиям подачи и наддробильным бункерам с

указанием итоговых данных (число линий подачи зернового сырья, число культур, бункеров, дробилок, вместимость бункеров).

12. Составить таблицу распределения зернового сырья в наддозаторных бункерах с указанием по культурам номеров и вместимости бункеров, номеров и марок многокомпонентных весовых дозаторов.

13. Составить таблицу распределения компонентов по многокомпонентным дозаторам с указанием масс компонентов для набивки перфокарт и уточнения фактической загрузки главного смесителя.

14. Составить таблицу для выполнения соотношения производительности молотковых дробилок (или группы), расхода зерновых видов сырья по многокомпонентным весовым дозаторам (т/ч) с указанием времени заполнения бункеров при работе дозаторов. При этом необходимо ввести условие, при котором начинается дозирование. Например, если подача с дробилок измельченного зернового сырья по всем культурам превышает их расход через дозаторы, можно считать, что начало дозирования соответствует запасу всех компонентов хотя бы на три замеса (или 15...30 мин работы, что формулируется каждый раз, исходя из условий работы производства).

15. После проведения подготовительной работы, хронометража, расчетов сопоставления, подготовки данных в виде таблиц и т. д. следует построить циклограмму на заданный промежуток времени, правильно выбрав масштаб и заботясь о наглядности и точности построения.

16. На построенной циклограмме проставить все активные точки процесса и установить, каким реальным операциям они соответствуют (открытию – закрытию задвижек, шиберов, срабатыванию датчиков, началу – окончанию операций и т. д.).

17. Выписать и свести в итоговые таблицы все вновь полученные данные – время начального $T_{н.ц}$ и установившегося $T_{ц}$ циклов, простои $T_{ож}$ и холостые ходы $T_{х.х}$, основного технологического и транспортного оборудования, время важнейших переключений и отключений.

18. На основании полученных данных сделать расчет часовой, сменной и суточной производительности завода (при двухпоточной схеме – по каждому потоку), коэффициентов эффективности работы дробилок и использования дробилок, других показателей.

19. Провести анализ полученной циклограммы для выяснения узких мест и резервов технологической схемы, выявить и сформулировать главные недостатки имеющейся схемы и наметить пути их устранения, начиная с самого узкого места как важнейшего фактора, сдерживающего рост производительности и лимитирующего качество продукции.

20. Ввести в схему предлагаемые усовершенствования, построить с учетом этого новую циклограмму, придерживаясь указанной очередности действий (пункты 1...19), рассчитать вновь все основные показатели и провести их сопоставление с данными первой циклограммы.

21. Провести оценочный расчет затрат на совершенствование схемы, рассчитать технико-экономические показатели от намечаемых мероприятий.

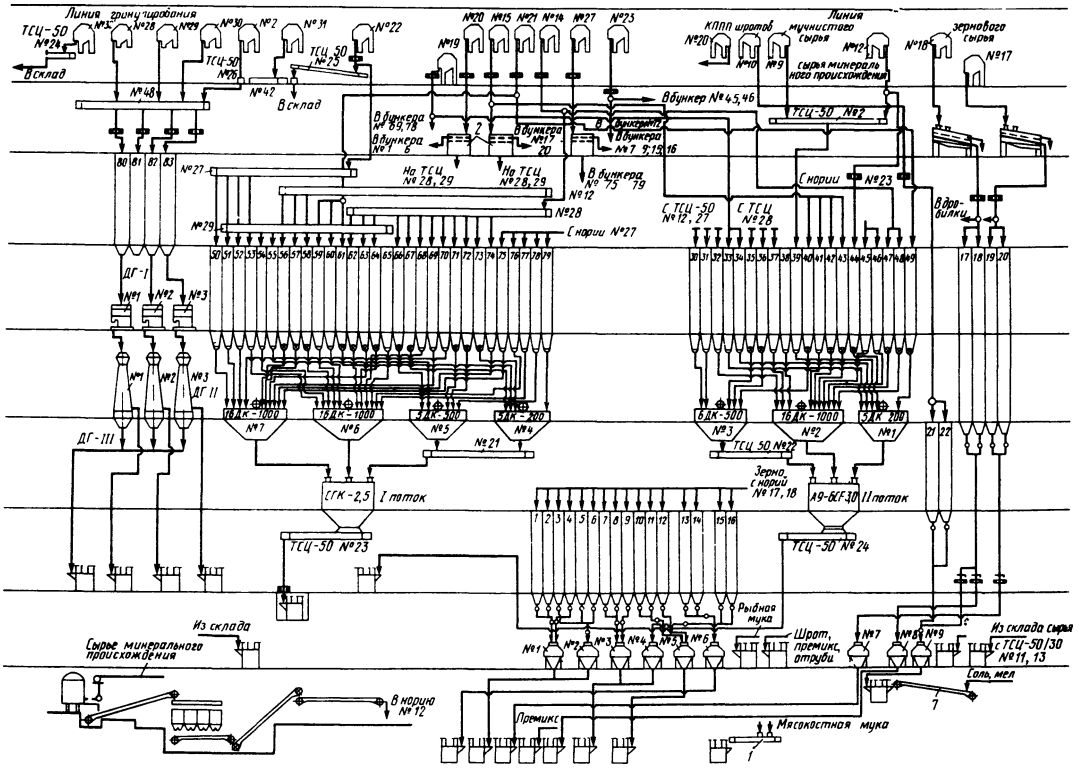


Рис. 33. Вариант технологической схемы Куйбышевского комбикормового завода мощностью до 945 т/сут при вводе в действие второго технологического потока (I поток – 525 т/сут; II поток – 420 т/сут).

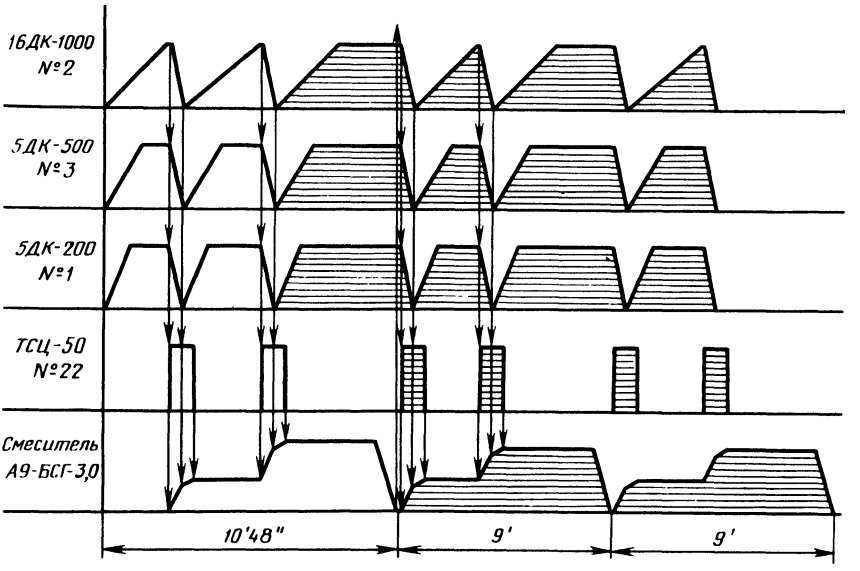


Рис. 34. Циклограмма работы узла дозирования – смешивания во II потоке при проведении двух последовательных операций дозирования и одной операции смешивания.

Технологическая схема Куйбышевского комбикормового завода (рис. 33) – схема двухпоточная, явно несимметричная. Производительность каждого потока определяют, исходя из фактической загрузки смесителя $G_ф$ и продолжительности установившегося цикла $T_ц$. В связи с тем что во втором потоке установлен смеситель А9-БСГ-3,0, а суммарная грузоподъемность многокомпонентных дозаторов 1700 кг, принято решение выполнять два отвеса по 1500 кг и затем уже проводить операцию смешивания. Как показано на рисунке 34, установившийся цикл $T_ц$ в этом случае будет равен 9 мин. Число циклов в час $n_2 = 60/9 = 6{,}67$, а производительность второго потока

$$q_п^{II} = G_ф^2 n_2;\ q_п^{II} = 20 \text{ т/ч};\ Q_п^{II} = 21\, q_п^{II};$$

$$Q_п^{II} = 21 \cdot 20 = 420 \text{ т/сут}.$$

Производительность первого потока определена по стандартным данным:

$$Q_п^{I} = 21\, G_ф^1 n_1;\ Q_п^{I} = 21 \cdot 2{,}5 \cdot 10 = 525 \text{ т/сут}.$$

Если во втором потоке производить смешивание после однократного дозирования, производительность его будет намного ниже, хотя чис-

ло замесов возрастет (21 · 1,65 · 10 = 346,5 т/сут). Одновременно следует ожидать и снижения качества операции смешивания, так как коэффициент заполнения смесителя снизится до 0,55 (1,65/3,0).

Таким образом, следует принять, что вполне обоснованная техническая производительность завода по узлу дозирования – смешивания равна 945 т/сут (525 т/сут в первом потоке и 420 т/сут во втором потоке). Чтобы она превратилась в производительность завода, должны быть приведены в соответствие все подготовительные линии, вместимость складов должна соответствовать нормативной.

Анализ работы был проведен при следующих условиях: продолжительность выработки партии 12 ч (удлиненная смена); вырабатываемая продукция – комбикорм К-55 в количестве 472,5 т в обоих потоках (1-й вариант); комбикорм ПК-1 в количестве 262,5 т в первом потоке и комбикорм К-55 в количестве 210 т во II потоке. Для придания задаче конкретности было принято определенное размещение зернового сырья в силосах склада (рис. 35). С учетом недостатков, выявленных на предварительной стадии анализа работы этого предприятия, вместимость наддозаторных бункеров принята по 12 т каждого, а не по 8 т, как указано в проекте.

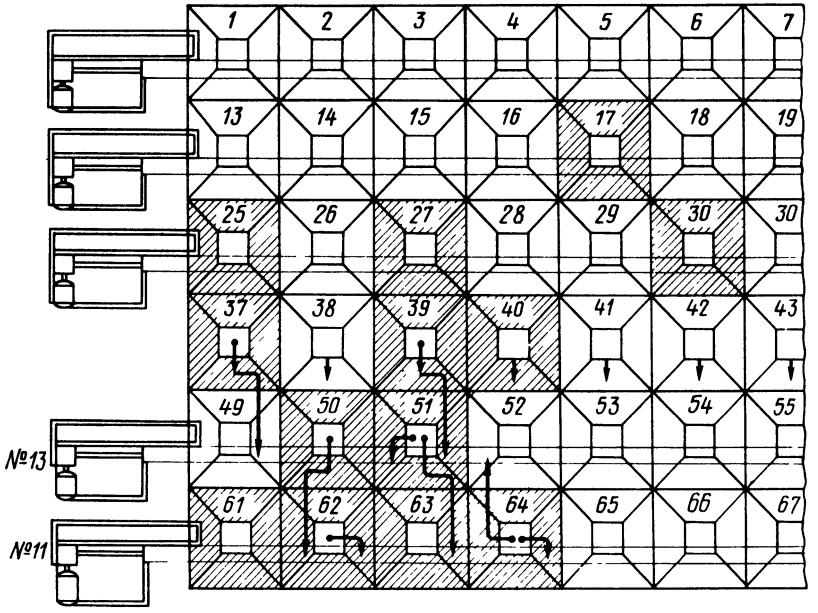


Рис. 35. Схема размещения сырья в складе силосного типа:

17 – шрот подсолнечный; *25* – фосфат; *27* – премикс; *30* – мясокостная мука; *37* – овес; *39* – горох; *40, 63* – рожь; *50* – ячмень; *51, 64* – пшеница; *61* – кукуруза; *62* – просо.

35. Расход зерновых компонентов при выработке комбикорма по рецепту К-55 двумя потоками

Компоненты	Массовая доля, %	Масса компонентов на один замес, кг		Общая масса компонентов под задание, т			Расход при дозировании, т/ч		
		СГК-2,5	А9-ДСГ-3,0	I поток	II поток	Всего	I поток	II поток	Всего
Рожь	16,4	410	492	43,05	34,44	77,49	4,10	3,26	7,36
Кукуруза	27,0	675	810	70,88	56,70	127,58	6,75	5,43	12,38
Овес	20,0	500	600	52,50	42,00	94,50	5,00	4,03	9,03
Всего	63,4	1585	1902	166,43	133,14	299,57	15,85	12,72	28,57

36. Расход зерновых компонентов при выработке комбикормов по рецепту ПК-1 (первый поток) **и К-55** (второй поток)

Компоненты	Массовая доля, %		Масса компонентов на один замес, кг		Общее количество компонентов под задание, т			Расход при дозировании, т/ч		
	ПК-1	К-55	СГК-2,5	А9-ДСГ-3,0	I поток	II поток	Всего	I поток	II поток	Всего
Пшеница	28,0	–	700	–	73,50	–	73,50	7,00	–	7,00
Горох	10,0	–	250	–	26,25	–	26,25	2,50	–	2,50
Овес	1,8	20,0	45	600	4,73	42,00	46,73	0,45	4,03	4,48
Просо	10,0	–	250	–	26,85	–	26,85	2,50	–	2,50
Ячмень	32,8	–	820	–	86,10	–	86,10	8,20	–	8,20
Рожь	–	16,4	–	492	–	34,44	34,44	–	3,26	3,26
Кукуруза	–	27,0	–	810	–	56,70	56,70	–	5,43	5,43
Всего	82,6	63,4	2065	1902	216,83	133,14	349,97	20,65	12,72	33,37

При проведении работы была использована изложенная выше методика: расчет, пооперационный анализ, табулирование, построение и анализ уже построенных циклограмм. Данные расчета приведены в таблицах 35 и 36.

Как видно из схемы (рис. 36), при выработке комбикорма по рецепту ПК-1 задействовано для подготовки зерновых компонентов 12 наддробильных бункеров общей вместимостью 100 т, шесть молотковых дробилок, восемь наддозаторных бункеров общей вместимостью 96 т. Зерновые компоненты направляют в три дозатора, причем пшеницу из трех бункеров (№ 68; 70; 71) вынуждены направить для оптимальной загрузки в три многокомпонентных дозатора одновременно.

Определенный интерес в представленной схеме имеет задача подготовки пшеницы. Рассмотрим ее подробнее как самостоятельную "задачу о трех бункерах", которая может нередко возникать в процессе технологической подготовки производства.

Две молотковые дробилки измельчают зерновой компонент и подают его в три наддозаторных бункера и далее в три многокомпонентных весовых дозатора (рис. 37). Необходимо найти целесообразный алгоритм заполнения бункеров в течение $n = 105$ циклов дозирования, т. е. при выполнении определенного задания. После начала дозирования операция дозирования не должна прерываться. Под целесообразным алгоритмом заполнения бункеров следует считать такой, при котором число переключений задвижек $З_1, З_2$ и $З_3$ и включений – отключений дробилок – минимальное.

1-й вариант. Примем алгоритм – единовременная подача продукта в каждый бункер равна пятикратному его расходу. Затем приведем подачу сырья в бункер E_1:

$$Q_1 = 5\,q_1 = 5 \cdot 105 = 525 \text{ кг.}$$

Время подачи

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{2\,G} = \frac{0{,}525}{10} = 3 \text{ мин } 09 \text{ с.}$$

Примем время срабатывания задвижек 3...5 с, т. е. что оно не влияет на производительность дробилок. После переключения задвижек проведем подачу сырья в бункер E_2 (425 т):

$$Q_2 = 5 \cdot 425 = 2125 \text{ кг.}$$

Время подачи $\tau_2 = 12$ мин 45 с.

После переключения задвижек проведем подачу сырья в бункер E_3 (170 т):

$$Q_3 = 5 \cdot 170 = 850 \text{ кг.}$$

Время подачи τ_3 – 5 мин 10 с.

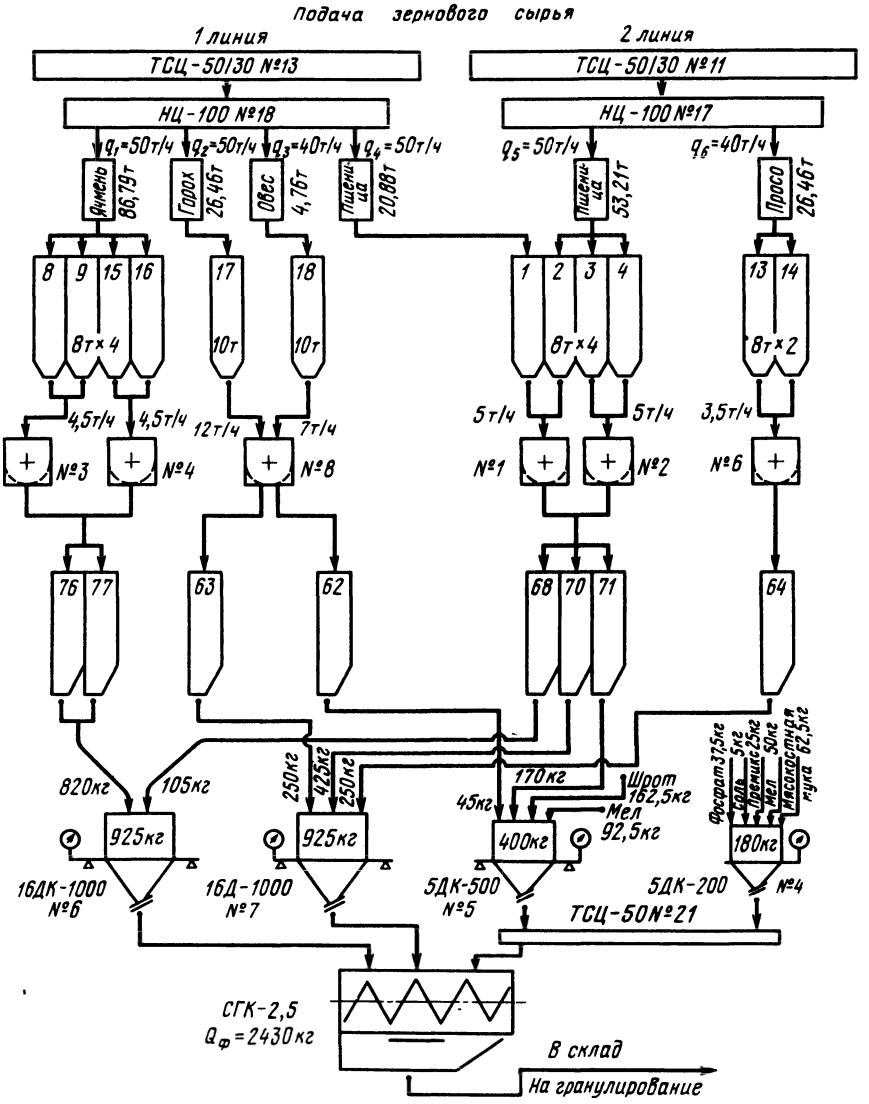


Рис. 36. Схема движения потоков зернового сырья при выработке комбикорма по рецепту ПК-1 (I поток, 2-й вариант).

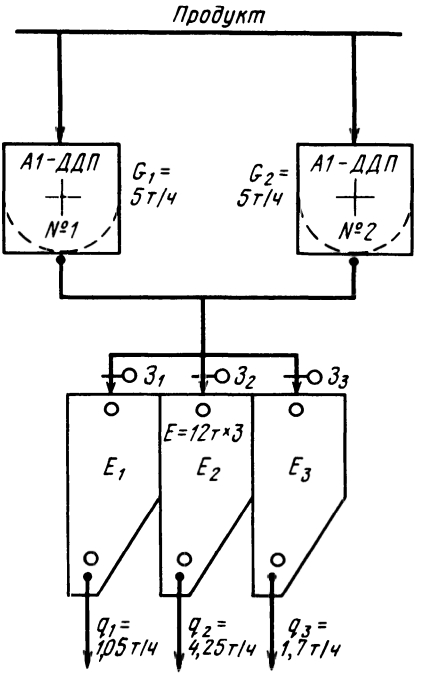


Рис. 37. Исходные данные к решению задачи о трех бункерах.

Всего на первоначальный цикл подачи сырья в бункера E_1, E_2 и E_3 потребуется

$\Sigma\,\tau$ = 3 мин 9 с + 12 мин 45 с + + 5 мин 10 с = 21 мин 04.

Спустя 21 мин 04 с после начала подачи измельченного продукта в работу могут быть включены многокомпонентные весовые дозаторы, так как в бункерах уже создан запас на 30 мин дозирования. С этого момента истинная подача сырья будет равна разности поступления и расхода. Лимитирующим фактором становится вместимость бункера E_2, поскольку в него подается наибольшее количество сырья, т. е. бункер E_2 будет заполняться наиболее быстро. Для заполнения бункера E_2 потребуется n циклов подачи:

$$n = \frac{E_2 - Q_2}{b_2} = \frac{12 - 2{,}125}{0{,}636} = 15{,}52 \text{ цикла},$$

где b_2 – превышение подачи над расходом в бункере E_2 за время одного цикла, т. е. за 21 мин 04 с.

Поскольку n может быть только целым числом, примем n = 15. Тогда максимальное заполнение E_2 будет

$$E_2 = n\,b_2 + Q_2 = 15 \cdot 0{,}636 + 2{,}125 = 11{,}665 \text{ т}.$$

После заполнения бункера E_2 до рассчитанной вместимости молотковые дробилки следует остановить (можно и одну молотковую дробилку – см. ниже). Бункера E_1 и E_3 лимитировать процесс не будут, но для соблюдения правила кратности и простоты управления подачу сырья в них без одновременной подачи его в бункер E_2 осуществлять не будем (работа по правилу жесткой логики).

Далее расчет следует проводить по лимитирующему фактору, т. е. по бункеру E_2. С начала включения молотковых дробилок прошло 16 циклов подач. Остановить дробилки надо через T_0 = 21 мин 04 с × 16 = 5 ч 36 мин 44 с. Поданного в бункера измельченного продукта достаточно

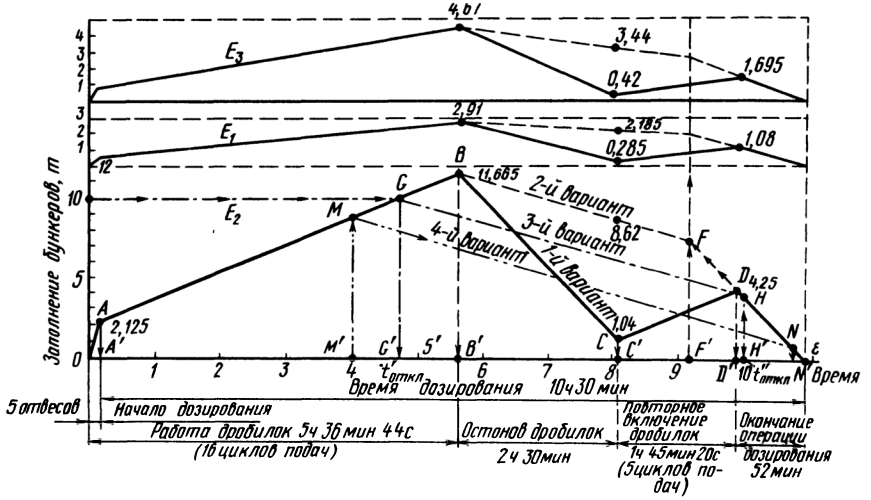


Рис. 38. Циклограмма процесса заполнения трех бункеров, имеющих различный расход сырья:

——— – работа двух дробилок с отключением в точке B' и повторным включением на отрезке $C' - D'$; – – – – на отрезке $B'F'$ продолжает работать одна дробилка, в точке F вторая дробилка остановлена.

для m циклов дозирования: $m = 16 \cdot 5 = 80$ циклов. После этого останется выполнить m_1 циклов (105 – 80). Для этого потребуется времени $t = 6 \cdot 25 = 150$ мин, или 2 ч 30 мин. За это время из бункера E_2 расход составит 4,25 т/ч · 2,5 = 10,625 т, а остаток будет 11,665 т – – 10,625 т = 1,04 т.

Через 2 ч 30 мин простоя дробилки могут быть включены в работу для выполнения оставшихся пяти циклов подач. Время работы дробилок 21 мин 04 с х 5 = 105 мин 20 с, или 1 ч 45 мин 20 с.

К концу подачи в бункере E_2 будет сырья 1,04 + 0,636 · 5 = 4,25 т, что обеспечит работу на 1 ч (4,25 т : 4,25 т/ч).

Циклограмма заполнения – разгрузки бункеров E_1, E_2 и E_3 показана на рисунке 38. Здесь OA'– время подачи измельченного зерна в бункер E_2 без расхода; $A'B'$ – время работы двух дробилок; $B'C'$ – отключение дробилок; $C'D'$ – повторное включение дробилок; $D'E'$ – окончание дозирования без подачи сырья; $OABCDE$ – ход процесса.

Всего за время подачи был выполнен 21 цикл заполнения бункеров. Число включений – выключений задвижек 6 · 21 = 126, т. е. весьма велико. Управлять работой задвижек можно с помощью одного программируемого реле. Молотковые дробилки проработали всего 5 ч 30 мин 44 с + 1 ч 45 мин 20 с = 7 ч 16 мин 04 с и имели один останов на 2 ч 30 мин на отрезке $B'C'$(см. циклограмму).

2-й вариант. Для выполнения установленного задания, т. е. измель-

чения 74,09 т зерна пшеницы, можно при достижении максимального расчетного заполнения бункера E_2 отключить одну из молотковых дробилок в точке B'. Вторая молотковая дробилка будет продолжать работу. Поскольку время повторного включения дробилок длилось 1 ч 45 мин 20 с (отрезок $C'D'$),то время работы одной дробилки удвоится. Для графического решения задачи от точки B' по оси абсцисс откладываем отрезок $B'F'$, равный $2C'D'$, и из точки F' восстанавливаем перпендикуляр $F'F$ до пересечения с продолжением линии DE в точке F. Линия DE показывает расход из бункера E_2 при отсутствии подачи сырья. В данном случае ход процесса показывает линия $OABFDE$.

3-й вариант. Принципиально можно найти и некоторые другие варианты работы во второй половине выполнения задания, например, если требуется остановить одну из дробилок на профилактический осмотр, замену сит, молотков или ремонт. Тогда при достижении заполнения бункера E_2, например 10 т (точка G), отключим вторую дробилку. Одна дробилка будет выполнять ту же работу по измельчению в два раза дольше. Отрезок $G'B'$ отложим от точки $F'(F'H')$, из точки H' восстановим перпендикуляр $H'H$ до пересечения с линией DE в точке H. Соединим точки G и H. Линия $OAGHE$ показывает алгоритм заполнения бункера E_2 по третьему варианту: OA – заполнение баз расхода; AG – расход на дозирование при заполнении бункера двумя дробилками; GH – расход на дозирование при работе одной дробилки; HE – расход на дозирование при отключенных дробилках. Точка G' показывает время отключения первой дробилки $t'_{откл}$, точка H' – время отключения второй дробилки $t''_{откл}$.

По 2-му и 3-му вариантам предусматривается отключение дробилок за 50...60 мин до окончания операции дозирования, чтобы зарезервировать время на осмотр или переналадку дробилок при переходе на выработку комбикорма по другому рецепту. Если этого не требуется, можно работать по 4-му варианту, оставив 5...10 мин на прохождение сырья по коммуникациям. В этом случае, выбирая точки GM и т. д., необходимо помнить, что отрезки $A'M'A'G'$ и т. д. должны быть всегда кратными OA', т. е. времени $\Sigma\tau$ (21 мин 04 с в данном случае), выбранному для подачи определенных количеств сырья. Выбранная подача обеспечивает отсутствие остатков в бункерах ("хвостов"), что является весьма важным при переходе на выработку комбикорма по другому рецепту.

Число переключений задвижек по 2-му варианту также будет равно 126 (21 · 6, где 21 – число циклов подач, 6 – число переключений за один цикл). По 2-му варианту на отрезке $B'D'$ при работе одной дробилки длительность цикла подачи удвоится, а так как время также удвоится, результат не изменится. То же рассуждение справедливо и для 3-го и 4-го вариантов.

Результаты графоаналитического расчета: время подготовительных операций $T_п$ – 1 ч 28 мин; продолжительность установившихся циклов в первом потоке $T^1_ц$ – 6 мин; во втором потоке $T^2_ц$ – 9 мин; соответственно производительность потоков 25 и 20 т/ч; число циклов за 12-часовую смену 105 и 70; суммарное время холостых пробегов транспортного и

технологического оборудования 1 ч 15 мин, суммарное время простоев конвейеров 14 ч 42 мин; суммарное время отключения дробилок 31 ч; коэффициент использования дробилок 0,677, при этом коэффициент эффективности работы дробилок очень высок – около 0,98.

Анализ полученных данных позволяет наметить путь дальнейшего совершенствования технологической схемы. Среди задач управленческого порядка следует отметить достаточно сложные задачи определения очередности подачи зернового сырья, измерения количества зерна за каждую подачу, определения времени начала работы каждой молотковой дробилки и составления алгоритма заполнения – разгрузки наддробильных и наддозаторных бункеров.

Для обеспечения непрерывной работы молотковой дробилки после включения ее в работу рассмотрим ход решения такой задачи в общем виде. Примем вместимость наддозаторного бункера E, т; число наддозаторных бункеров для данного компонента n; производительность молотковых дробилок при измельчении данной культуры при установленных ситах G_1, т/ч; расход компонентов в процессе дозирования q_2, т/ч; количество компонента, подлежащего измельчению в соответствии с рецептурным составом и размером партии комбикорма (заданием), m, т; минимальное количество компонента в бункере E до начала дозирования $m_н$, т.

Требуется рассчитать вместимость наддозаторных бункеров E_x, необходимую для работы молотковых дробилок без останова внутри технологического цикла, и время включения дробилок в работу τ_x для выполнения этого условия.

Общее время работы дробилок до заполнения наддозаторных бункеров будет

$$\tau = \frac{m_н}{G_1} + \frac{E_x - m_н}{G_1 - q_2},$$

где $\tau_1 = m_н / G_1$ – время подачи сырья в наддозаторные бункера до начала дозирования; $\tau_2 = \frac{E_x - m_н}{G_1 - q_2}$ – время заполнения бункеров после начала дозирования.

Количество компонента (m), прошедшего через бункер в дозатор, за время τ_2 составит

$$m_2 = q_2 \tau_2 .$$

Количество подготовленного компонента за время τ_2 равно расходу m_2 и наличию сырья в бункерах E_x. Количество компонента, подлежащего измельчению m, должно быть меньше или равно подготовленному. В этом случае будет выполнено условие безостановочной работы:

$$m \leqslant E_x + m_2 = E_x + \tau_2 q_2$$

$$\text{или } m \leqslant E_x + \frac{E_x - m_н}{G_1 - q_2} q_2 = \frac{E_x (G_1 - q_2) + E_x q_2 - m_н}{G_1 - q_2} q_2.$$

В окончательном виде, решая относительно E_x, получим

$$E_x = m - \frac{q_2}{G_1}(m - m_н).$$

Если $E_x \leqslant E\,n$, задача имеет решение. Если $E_x > E\,n$, останов дробилок неизбежен. При условии $E_x < E\,n$ количество компонента $m_н$ до начала дозирования будет

$$m_н = m + \frac{G_1}{q_2}(E_x - m)$$

или

$$m_н = m + \frac{G_1}{q_2}(E\,n - m).$$

Тогда τ_1 – время подачи в наддозаторные бункера до начала дозирования – можно выразить

$$\tau_1 = \frac{m + \frac{G_1}{q_2}(E\,n - m)}{G_1}.$$

Если известно время подготовительного цикла $T_п$ (в приведенном случае $T_п$ = 1 ч 28 мин), а также продолжительность транспортных операций $t_{тр}$ при подаче каждой зерновой культуры в ту или другую дробилку в соответствии с технологической схемой, то время включения дробилок в работу τ_x для их последующей безостановочной работы будет лежать в интервале

$$T_п - (\tau_1 + \tau_{тр}) \leqslant \tau_x \leqslant T_п - (\tau_2 + \tau_{тр}).$$

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИЕЦАВСКОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА

Иецавский комбикормовый завод Латвийской ССР мощностью 315 т/сут имеет производственный корпус – монолитное железобетонное здание. Кроме склада зерна силосного типа вместимостью 1,6 тыс. т, смонтированы три металлических силоса по 1,8 тыс. т для приемки и оперативного хранения зерна (всего 7,0 тыс. т). Склады силосного типа предназначены для шротов на 1,44 тыс. т и мучнистого сырья на 1,28 тыс. т, силоса для готовой продукции на 1200 т.

В 1982 г. после проведения ряда работ по техническому перевооружению завода его мощность возросла до 400 т/сут.

В настоящее время технологическая схема построена следующим образом:

линия подготовки зерновых компонентов предусматривает последовательную очистку зерна и подачу его в наддробильные бункера. Для измельчения предусмотрено шесть молотковых дробилок: три А1-ДДП и три А1-ДДР. Одна из них может быть использована для измельчения

шротов. По линии подготовки зерна подают и подготавливают гранулированную витаминную муку;

белковые виды сырья соответственно рецептуре формируют в виде предварительной смеси и передают в наддозаторные бункера;

минеральные премиксы поступают со специализированного завода г. Олайне бестарным способом в кормовозах. Для хранения предусмотрено шесть бункеров, по 1,5 м^3 каждый;

витаминно-аминокислотные премиксы (ВАП) поступают из специализированного предприятия г. Ливаны и вводятся самостоятельной линией. Каждому виду минерального премикса соответствует свой ВАП;

на главной линии дозирования – смешивания установлено два многокомпонентных дозатора типа "Цеба-автомат" (Югославия) грузоподъемностью 2000 кг и 500 кг и два смесителя СГК-2,5, расположенных последовательно;

после смешивания предусмотрено контрольное просеивание в просеивателе А1-ДСМ.

Анализ технологической схемы показывает, что узел основного дозирования – смешивания при условии обеспечения загрузки дозаторов может обеспечить производительность значительно бóльшую, чем 400 т/сут. Так, при массе одного замеса 2,4 т, рабочем периоде 21 ч и с учетом увеличения производительности в 1,5 раза при установке двух смесителей последовательно техническая или расчетная производительность линии будет

$$Q_л = 1{,}5\, G_ф^c\, n\, T_{сут} = 1{,}5 \cdot 2{,}4 \cdot 10 \cdot 21 = 756 \text{ т/сут},$$

где 1,5 – коэффициент возрастания производительности при установке двух смесителей последовательно (зависит от времени набора дозаторов); $G_ф^c$ – фактическая загрузка смесителей, здесь 2,4 т; $T_{сут}$ – рабочий период в сутки, 21 ч; n – число циклов в час, 10.

Имея такую техническую производительность основного узла дозирования – смешивания, установленные плановые задания в 400... 420 т/сут можно выполнить за 11...12 ч работы этого узла, используя остальное время на подготовку к выпуску продукции и поддержание оборудования в исправном состоянии.

Производительность молотковых дробилок на измельчении зерна составит до 35 т/ч (А1-ДДП – 3 шт; А1-ДДР – 2 шт.). Если обеспечить их использование хотя бы с коэффициентом 0,7...0,8, их производительность составит:

$$Q_д = (0{,}7...0{,}8) \sum_1^5 q\, T_{сут},$$

где q – производительность дробилки, участвующей в процессе подготовки зерна.

Тогда

$$Q_д = (0{,}7...0{,}8)\, 35 \cdot 21 = 514...588 \text{ т/сут},$$

что при доле зерновых в составе комбикормов 76...77 % может обеспечить максимальную выработку комбикормов до 670...760 т/сут. В основ-

ном вопрос эксплуатации этой линии сводится к рациональной организации подачи зерна на измельчение. Необходимо учесть, что линия подачи, оснащенная просеивающей машиной, одна. Кроме того, надо поддерживать дробилки в рабочем состоянии.

Более точные расчеты можно провести при разборе функционирования схемы на конкретных рецептах, задаваясь величиной партии комбикорма и т. д. Тем не менее и приведенные приблизительные расчеты убеждают в наличии значительных резервов в технологической схеме основного производственного корпуса. Чтобы эти резервы полностью реализовать, необходимо обеспечить нормативные запасы сырья, наличие складов и рациональное построение коммуникаций. Инженерно-технические работники комбикормового завода рассмотрели возможность использования дозаторов непрерывного действия типа ДН. Наиболее целесообразным представляется установка их в линии подачи зерна в производство, а именно в подсилосном этаже склада силосного типа. При этом решаются одновременно две весьма важные задачи:

организация линии предварительной смеси зернового сырья, что увеличивает коэффициент использования молотковых дробилок и упрощает управление технологическим процессом;

повышает точность оперативного учета и обеспечивает работу "без хвостов", т. е. позволяет подавать в производство строго расчетное количество сырья.

Всего предлагается установить четыре дозатора: ДН 25-10 на дозировании гранулированных шротов и три дозатора ДН 100-40 на подаче зерна. Рассмотрим это более детально. Предположим, что необходимо выработать 151,2 т (63 замеса по 2,4 т) комбикорма в смену по рецепту, содержащему три зерновых компонента: ячменя 10 %, пшеницы 30, кукурузы 37, т. е. всего 77 % зерновых. Из склада силосного типа необходимо передать в производство: ячменя 15,12 т; пшеницы 45,36, кукурузы 55,94, а всего 116,42 т.

Вместимость 11 наддробильных бункеров № 22...32 составляет 66 т. В линии измельчения по новой схеме (рис. 39) установлено четыре молотковых дробилки А1-ДДР суммарной производительностью 40 т/ч. Суммарная вместимость десяти наддозаторных бункеров № 1...6; 8; 10; 1А; 2А составляет 60 т. Расход на дозирование зерновой смеси при установке двух смесителей СГК-2,5 параллельно составит 31,42 т/ч. Производительность дозаторов ДН 100-40 находится в диапазоне 10... 40 т/ч. Необходимо найти оптимальный алгоритм работы.

Время работы основных дозаторов при максимальной производительности линии дозирования 40,8 т/ч (2,4 · 10 · 1,7) будет всего 3,7 ч, или 3 ч 42 мин. С учетом этого следует настроить работу дозаторов типа ДН. Производительность потока будет:

по ячменю 15,12/3,7 = 4,08 т/ч;

по пшенице 45,36/3,7 = 12,24 т/ч;

по кукурузе 55,94/3,7 = 15,10 т/ч, а суммарно 31,42 т/ч.

При дозировании ячменя дозатор будет работать на самом нижнем пределе и точность дозирования будет снижена. Если время дозирова-

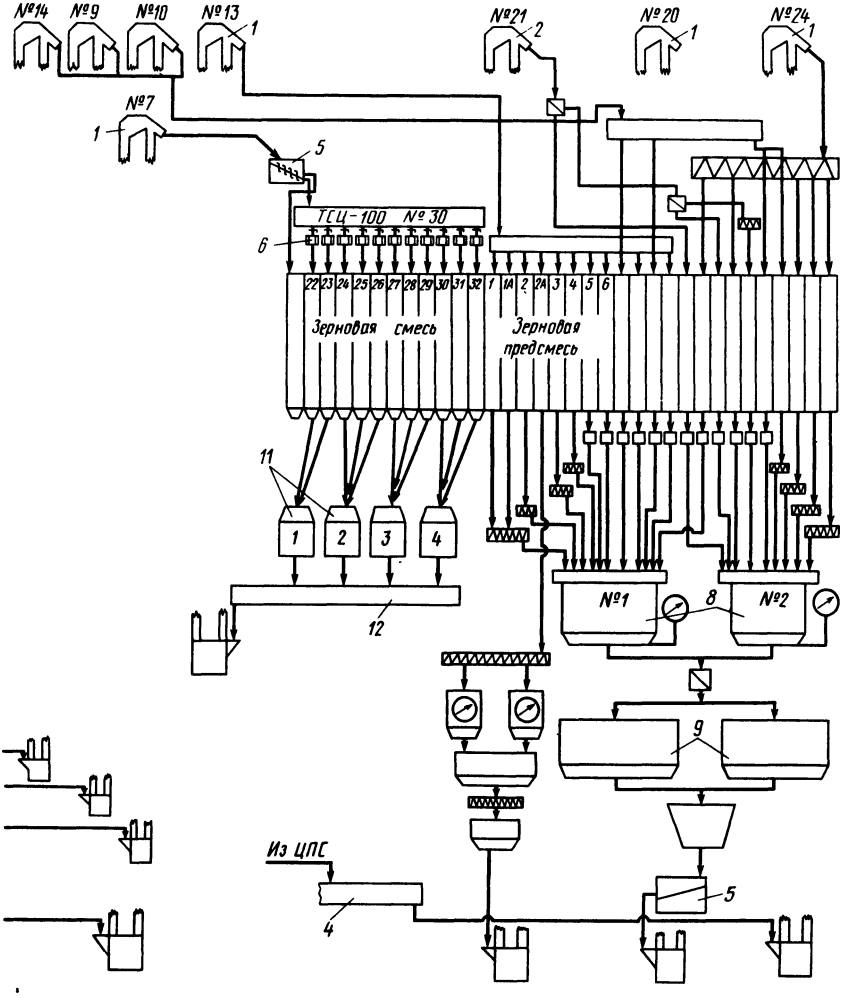
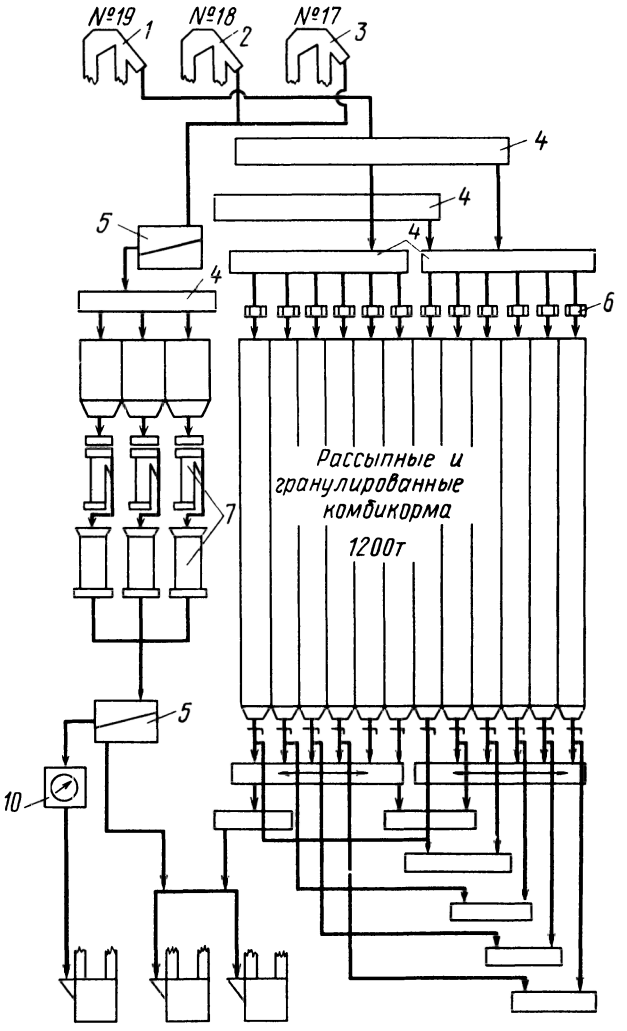


Рис. 39. Изменение технологической схемы Иецавского комбикормового завода нием в ней дозаторов непрерывного действия типа 4488 ДН:

1 – нория I-100; *2* – нория I-20; *3* – нория НЦ-50; *4* – конвейер ТСЦ-50; *5* – просеи- *8* – многокомпонентные весовые дозаторы грузоподъемностью: № 1 – 2000 кг, № 2 – дробилки А1-ДДР; *12* – цепной конвейер ТСЦ-100.



Латвийской ССР в связи с организацией линии смесей зернового сырья с примене-

вающая машина типа А1-ДСМ; *6* – магнитная защита; *7* – линия гранулирования; 500 кг; *9* – смесители СГК-2,5; *10* – автоматические весы ДН-500; *11* – молотковые

ния установить больше, дозатор ДН 100-40 для дозирования малых количеств ячменя использовать уже нельзя.

Через 10...15 мин после начала дозирования зерновой смеси можно включать в работу молотковые дробилки, по-видимому, три дробилки, с тем чтобы в бункерах № 22...32 шло медленно накопление сырья. Каждый час будет прибывать 1,42 т (31,42 – 30,0), а за суммарное время дозирования 3,7 ч в бункерах накопится всего 5,25 т, что не может изменить ход дозирования предварительной смеси. Бункера практически будут работать напролет.

При наличии одного потока смеси зернового сырья наличие 11 малых бункеров (66 т) не нужно, более того, оно затрудняет ведение технологического процесса – как заполнение бункеров, так и загрузку дробилок. Значительно удобнее иметь один бункер вместимостью 17... 19 т и четыре выхода из него по числу дробилок.

Определим время начала основного дозирования. Расход на дозирование составляет 31,42 т/ч, подача при работе трех дробилок только 30 т/ч. Поскольку расход больше подачи, в наддозаторных бункерах следует создать запас на те же 5,25 т (1,42 · 3,7). Для этого требуется всего 0,18 ч, или 11 мин. С учетом перемещения сырья по коммуникациям через 15...20 мин после начала работы дробилок основное дозирование может быть включено в работу.

Следует отметить, что при построении непрерывного процесса наличие большого числа маленьких бункеров в узле основного дозирования также не способствует рациональному протеканию дозирования: либо часть бункеров будет пустая, либо надо заменять перфокарту. Наиболее рационально здесь иметь один большой бункер вместимостью 12...15 т для предварительной смеси, что значительно удешевляет строительство и облегчает управление технологическим процессом.

Таким образом, анализ показывает необходимость замены в схеме одного дозатора ДН 100-40 на ДН 40-16 для дозирования зерновых компонентов, включаемых в комбикорма в малых соотношениях, а также нерациональность иметь много малых наддробильных и наддозаторных бункеров. Значительно лучше во всех отношениях при построении непрерывного процесса иметь по одному бункеру: наддробильный 17... 19 т, наддозаторный 12...15 т.

КОМБИКОРМОВЫЙ ЦЕХ НА ПОСПЕЛИХИНСКОМ КОМБИНАТЕ ХЛЕБОПРОДУКТОВ

Комбикормовый завод мощностью 350 т/сут имеет семиэтажный монолитный производственный корпус, совмещенный со складами хранения сырья вместимостью 3 тыс. т и готовой продукции 1,15 тыс. т, склад силосного типа для хранения зернового и мучнистого сырья – 7,1 тыс. т, одноэтажный склад для хранения сырья, поступающего в таре. Приемные устройства оснащены двумя автомобилеразгрузчиками У15-УРВС и двумя АВС-50. На приемке сырья из железнодорожных вагонов смонтированы три механические лопаты, вагоноразгрузчики ВГК и

МВС, три точки разгрузки вагонов-зерновозов. Готовую продукцию в таре в железнодорожные вагоны загружают погрузчиком КМП, рассыпные комбикорма – через верхние люки.

Технологическая схема Поспелихинского комбикормового завода разветвленная, включает следующие технологические линии: – зернового сырья, отделения пленок, мучнистого сырья, рассыпной травяной муки, кормовых продуктов пищевых производств, шротов, прессованного и кускового сырья, подготовки затаренного сырья, соли, мела, предварительных смесей зернового и гранулированного сырья, ввода жидких компонентов, карбамида, карбамидного концентрата, ввода премиксов, дозирования – смешивания, гранулирования, хранения и отпуска готовой продукции.

Фрагмент технологической схемы, включающий линии подготовки зернового сырья и основного дозирования – смешивания, показан на рисунке 40. Подготовка зерновых компонентов в этой схеме представляет наибольший интерес, поэтому будет рассмотрена подробно. В схеме предусмотрена только одна линия подачи зернового сырья в производство.

После сепаратора ЗСМ-50 и А1-ДЭС зерно разделяется на два несимметричных потока: "малый" направляют в норию I-20 № 6, которая подает зерно в три больших бункера вместимостью 94 т и далее в дробилку ДДМ-5 № 4; "большой" поток – в норию II-50 № 5, далее на цепной конвейер № 11 и в четыре бункера вместимостью 25 т; из бункера № 39 и № 40 (E = 12,5 т) зерно попадает в дробилку ДДМ-5 № 1; из бункера № 37 и 38 (E = 12,5) – в дробилку ДДМ-5 № 2.

После дробилки ДДМ-5 № 4 через норию № 10 продукты размола попадают в два бункера (№ 45 и 46) вместимостью 12,5 т. После дробилок № 1 и 2 нория № 16 через цепной конвейер № 10 подает продукты размола в три бункера № 42; 43; 44 вместимостью 18,0 т. После рассмотрения технологических схем можно сделать фрагмент схемы в удобном для анализа виде (рис. 41, 42) с указанием ряда балансовых данных. Конкретное выполнение внутрицеховых транспортных операций абстрагируется в виде суммарного времени перемещения. Продолжительность выполнения этих операций можно выявить хронометрированием либо по расчету, зная высоту подъема, путь перемещения и другие данные. Для простоты здесь принято: наличие одного механизма – длительность выполнения транспортной операции 30 с, двух – 1 мин; двух большей протяженности либо трех коротких – 1,5 мин.

Проанализируем работу данной несимметрично построенной схемы подготовки зерновых компонентов при работе в течение 8 ч при выработке комбикорма по рецепту ПК-3 с содержанием зерновых 77,2 %, в том числе кукурузы 37,2, пшеницы 30, ячменя 10 %. Исходя из установленной мощности завода 350 т/сут, сменное задание может быть 116,7 т (350 : 3), а с учетом правила кратности можно принять 117,5 либо 120 т при фактической загрузке смесителя $G_ф$ 2,5 или 2,4 т и при числе замесов $n_з$ соответственно 47 или 50. Примем для анализа $Q_з$ = 120 т/сут, $G_ф$ = 2,4 т; $n_з$ = 50. Требуется определить очередность подачи зерновых

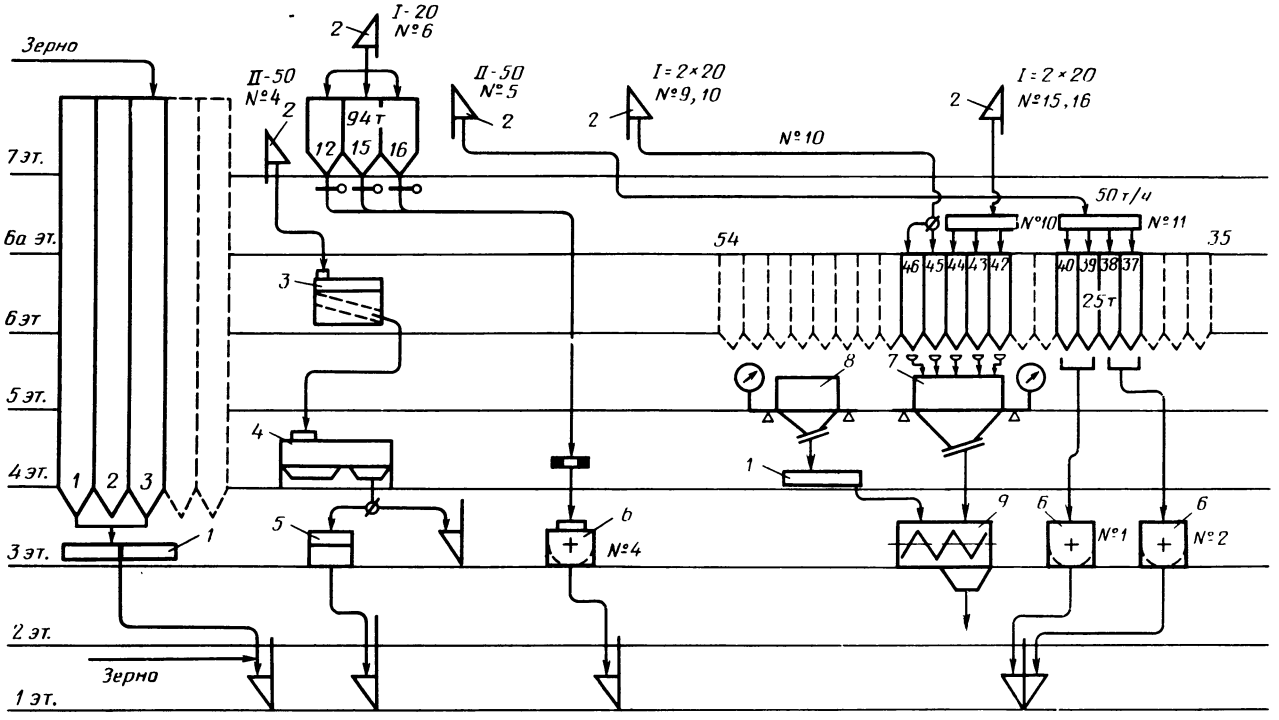


Рис. 40. Линия зернового сырья:

1 – конвейер ТСЦ-50; *2* – нории; *3* – сепаратор ЗСМ-50; *4* – электромагнитный сепаратор А1-ДЭС; *5* – магнитная колонка; *6* – молотковые дробилки ДДМ-5; *7* – многокомпонентный весовой дозатор 10ДК-2500; *8* – дозатор 5ДК-500; *9* – смеситель СГК-2,5.

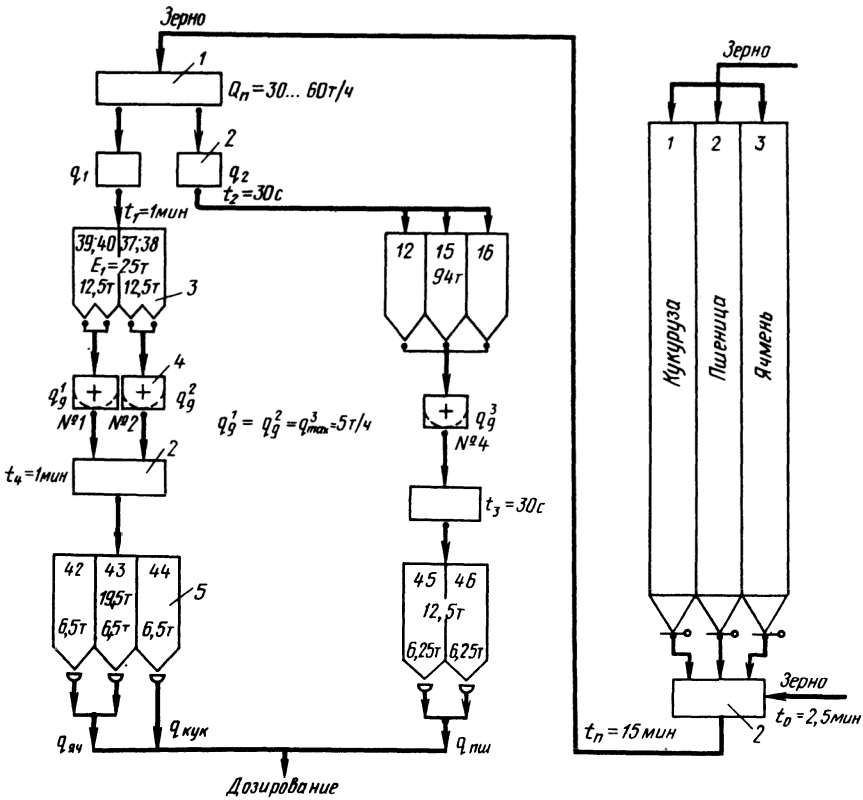


Рис. 41. Блок-схема для анализа работы линии подготовки зернового сырья:

1 – сепарирование; *2* – транспортные операции; *3* – наддробильные бункера; *4* – дробилка ДДМ-5; *5* – наддозаторные бункера.

культур на измельчение, режим работы дробилок, алгоритм работы бункеров, время подготовительных операций и т. д.

Для выполнения задания необходимо подготовить следующие количества зернового сырья:

кукурузы $Q_1 - (120 \cdot 0{,}372)$	44,64 т
пшеницы $Q_2 - (120 \cdot 0{,}3)$	36,00 т
ячменя $Q_3 - (120 \cdot 0{,}1)$	12,00 т
Всего	92,64 т

Будем считать, что для упрощения задачи эти виды зернового сырья уже перекачены из склада силосного типа в производственный корпус и

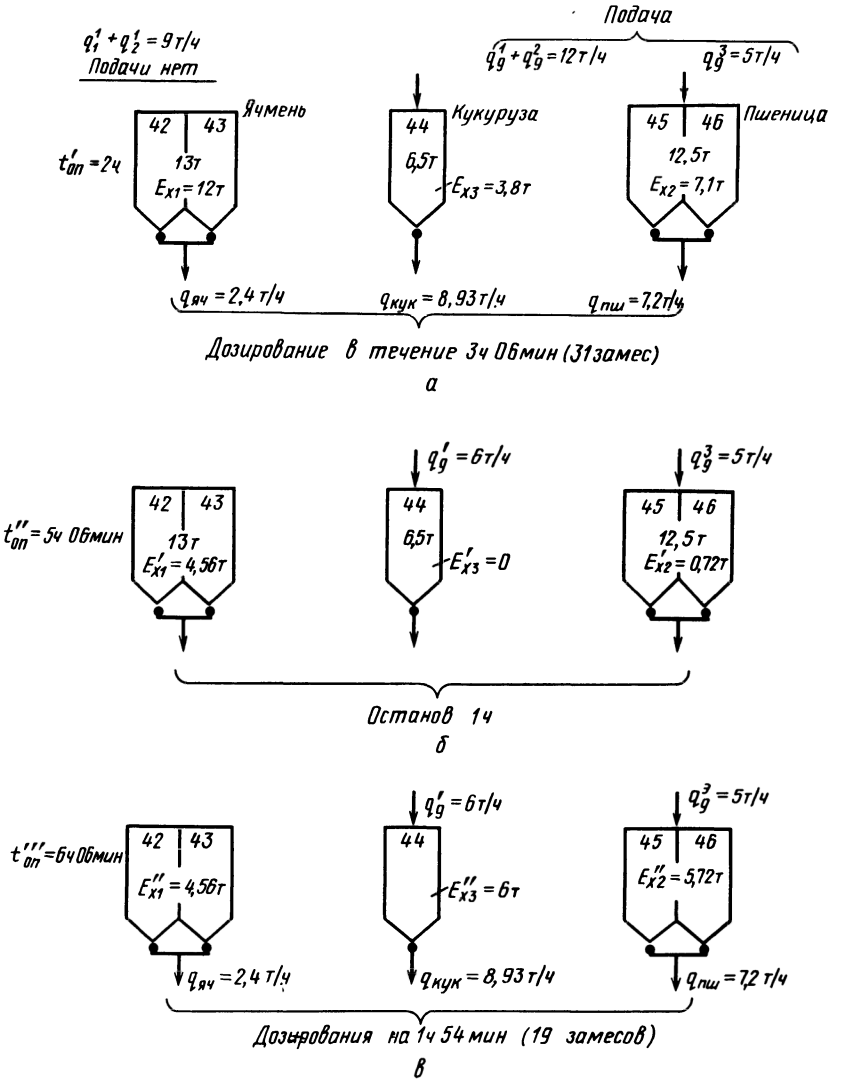


Рис. 42. Оперативная ситуация работы наддозаторных бункеров:

а – в момент начала основного дозирования (оперативное время 2 ч); *б* – в момент останова дозирования (оперативное время 5 ч 06 мин); *в* – ситуация на момент возобновления операции дозирования (оперативное время 6 ч 06 мин).

находятся в силосах № 1; 2; 3 (см. рис. 41). Сепарирование зерна осуществляют по данной схеме поочередно. В какой последовательности следует подавать зерно? Очевидно, можно начать с малого компонента, в данном случае с ячменя, чтобы как можно скорее свести задачу с тремя неизвестными к таковой с двумя неизвестными.

Прежде всего установим, сколько времени суммарно можно максимально затратить на проведение подготовительных операций. Для этого выясним, сколько времени требуется фактически для выработки установленного задания по работе основного узла дозирования – смешивания.

Очевидно, что при десяти стандартных циклах в час потребуется для этой цели 5 ч (50/10), а на подготовительные операции останется весьма большое время – 3 ч. При предварительной оценке возможностей схемы примем решение направить ячмень в две дробилки № 1 и 2, с тем чтобы сократить подготовку ячменя и полностью разместить продукты размола в наддозаторных бункерах № 42 и 43. Примем производительность подачи кукурузы и пшеницы по 50 т/ч, ячменя 45, а производительность молотковых дробилок при измельчении кукурузы 6, пшеницы 5, ячменя 4,5 т/ч.

Будем считать также, что включать в работу дробилки можем при наличии продукта в наддробильном бункере хотя бы на несколько минут работы, а дозаторы – при наличии продукта на 2...3 отвеса. Если подача в наддозаторные бункера превышает расход, последнее условие можно снять и включать дозирование сразу же после начала подачи.

Итак, в начале смены после запуска маршрута (оперативное время 0 ч 5 мин) открываем шибер под силосом № 3 и подаем ячмень на сепарирование и далее в бункера № 39; 40 и № 37; 38 поровну с производительностью подачи $q_1 = 45$ т/ч. Время подачи (и сепарирования) $t_п' = 12/45 = 0{,}26$ ч, или всего 16 мин. Практически через 3...5 мин после начала подачи можно включать в работу молотковые дробилки № 1; 2 и начинать измельчение ячменя. Для этого потребуется времени для измельчения ячменя

$$t_д^я = \frac{Q_з}{q_д' + q_д^2} = \frac{12}{9} = 1{,}33 \text{ ч, или } 1 \text{ ч } 20 \text{ мин.}$$

Операция измельчения ячменя будет закончена, если считать оперативное время с начала смены:

запуск маршрута 5 мин;
подача на сепарирование 1,5 мин;
задержка потока на сепарировании 1 мин;
транспортные операции 1 мин;
накопление запаса 3 мин;
измельчение 1 ч 20 мин.

Всего 1 ч 31,5 мин.

После выборки ячменя (через 16 мин) задвижка под силосом № 3

должна быть закрыта, коммуникации после сепаратора перестроены для подачи пшеницы в бункер № 12, открыта задвижка под бункером № 2.

Пшеница в бункер № 12 начнет поступать через t_1 = 5 + 1,5 мин + 1 + + 1 + 16 + 5 (освобождение коммуникаций и переключение задвижек) + + 1,5 + 0,5 = 31,5 мин. Еще через 3 мин можно включить в работу дробилку № 4. Операция измельчения пшеницы по техническим возможностям дробилки ДДМ-5 может длиться всего 36/5 = 7,2 ч, или 7 ч 12 мин, т. е. практически до конца смены (31,5 + 7 ч 12 мин = 7 ч 43,5 мин).

Сепарирование пшеницы с подачей в бункер № 12 продлится 36/50 = = 0,72 ч, или 43 мин 12 с, и закончится в оперативное время t_2 = 31 мин 30 с + 43 мин 12 с = 1 ч 14 мин 42 с, т. е. через 1 ч 15 мин.

После очередной переналадки коммуникаций и окончания измельчения ячменя можно начать подачу кукурузы на сепарирование и далее на измельчение в дробилки № 1 и 2. Измельчение кукурузы будет начато в оперативное время t_3 = 1 ч 39 мин (рис. 43). Еще через 19 мин, т. е. в оперативное время 1 ч 58 мин (округленно 2 ч) следует включить в работу основное дозирование.

Расход зерновых компонентов на дозирование составит при загрузке смесителя 2,4 т и десяти циклах в час: $q_{кук}$ = 8,93 т/ч; $q_{пш}$ = 7,2; $q_{яч}$ = = 2,4 т/ч. Очевидно, что критическая ситуация ожидается с подготовкой пшеницы – производительность подачи 5 т/ч меньше расхода 7,2 т/ч, что неизбежно приведет к остановке дозирования из-за отсутствия сырья.

Следует знать ситуацию в наддозаторных бункерах на оперативное время 2 ч: ячмень в бункерах № 42; 43 подготовлен полностью, т. е. E_x = = 12 т при вместимости бункеров 13 т; пшеница в бункерах № 45, 46 – E_{x2} = 7,1 т (подача за имевшийся ресурс рабочего времени 1 ч 25,5 мин при производительности дробилки 5 т/ч); кукуруза в бункере № 44 – E_{x3} = 3,8 т (подача за 19 мин работы двумя дробилками).

Начиная с этого оперативного момента (2 ч), который следует считать "критическим", т. е. резко изменяющейся ситуацией процесса, задача сводится к обоснованию алгоритма работы бункера № 44 с кукурузой, а также № 45; 46 с пшеницей. Этот момент соответствует указанному на рисунке 43, точка *А*. Бункер № 44 будет продолжать наполняться. Через интервал времени t он будет заполнен и одна из молотковых дробилок должна быть отключена.

Определим, через сколько времени после начала дозирования бункер № 44 будет полным:

$$t = \frac{E - E_{x3}}{q_д^1 + q_д^2 - q_{кук}} = \frac{6{,}5 - 3{,}8}{12 - 8{,}93} = 0{,}88 \text{ ч, или } 53 \text{ мин.}$$

Дробилку ДДМ-5 № 2 следует отключить (точка *С*), подача в бункер с этого момента уменьшится в два раза и будет 6 т/ч, продукт в бункере пойдет на убыль.

Более сложная ситуация может возникнуть с бункерами № 45, 46.

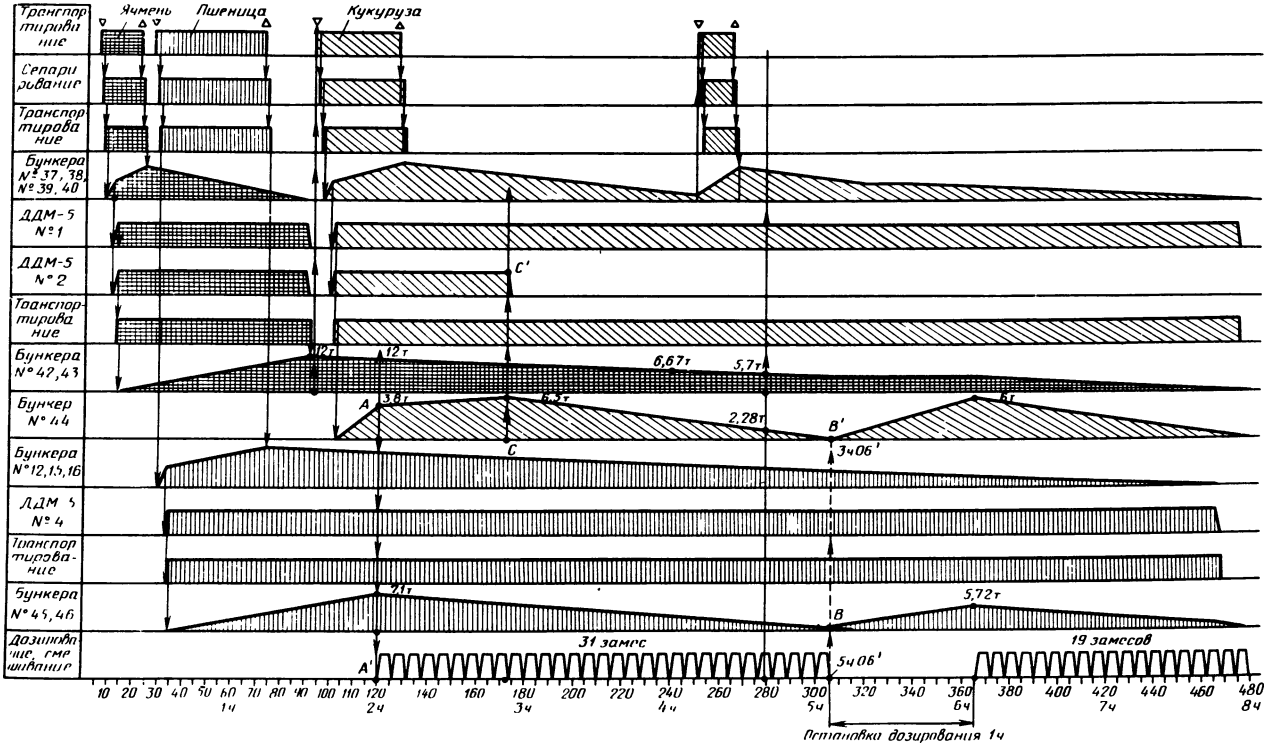


Рис. 43. Циклограмма технологического процесса работы линии подготовки зернового сырья.

Через интервал времени t' они будут пустыми, что следует признать как появление второй "критической" ситуации:

$$t' = \frac{E_{x2}}{q_{пш} - q_д^3} = \frac{7,1}{7,2 - 5} = 3,22 \text{ ч, или 3 ч 13 мин.}$$

За это время должно быть сделано 32 замеса (3 ч 12 мин). Определим наличие зерна в бункерах через 3 ч 12 мин после начала основного дозирования:

расход ячменя $Q'_{яч} = q_{яч} t' = 2,4 \cdot 3,2 = 7,68$ т/ч;

остаток ячменя в бункерах № 42; 43 – 4,32 т (12 – 7,68);

наличие кукурузы E'_{x3} в бункере № 44

$$t'' = \frac{E - E_{x3}}{q_{кук} - q'_д},$$

где t'' – время работы одной дробилки; $t'' = 2,32$ ч.

Из формулы находим

$$E'_{x3} = E - t''(q_{кук} - q_д^1) = 6,5 - 2,32(8,93 - 6) = -0,29 \text{ т.}$$

Оказывается, что из-за большого расхода кукурузы вторая критическая ситуация наступает одновременно и в бункере № 44.

Расчетно разница составляет 6 мин, т. е. успеем сделать всего 31 замес. Дозирование следует остановить через 3 ч 06 мин (оперативное время 5 ч 06 мин). В этом время бункер № 44 с кукурузой будет пуст, а пшеницы останется на один замес, т. е. 0,72 т.

Если остановить дозирование на 1 ч и пополнить запасы подготовленных пшеницы и кукурузы, наличие их в бункерах на конец останова будет: кукурузы 6 т; пшеницы 5 т + 0,72 = 5,72 т.

Через 1 ч (оперативное время 6 ч 06 мин) включаем дозирование и завершаем 19 оставшихся циклов дозирования – смешивания. Сменное задание в количестве 250 т будет выполнено в оперативное время 8 ч, т. е. практически без запаса.

Следует отметить, что останов дозирования на 1 ч вызван практически не отсутствием в бункерах кукурузы (можно было в любой момент включить в работу вторую молотковую дробилку), а отсутствием пшеницы. В целом критическая ситуация создается из-за отсутствия должной гибкости технологической схемы.

Представленная циклограмма и выполненные расчеты показывают, что фактическое время подготовительных операций составило 3 ч: 2 ч до начала выпуска готовой продукции и 1 ч неизбежного простоя из-за отсутствия одного вида сырья, т. е. конкретно измельченной пшеницы. Одна дробилка ДДМ-5 № 4 с задачей не справляется. В то же время одна из молотковых дробилок на измельчении зерна кукурузы (ДДМ-5 № 2) использовалась плохо, только на 32 %.

Дробилка ДДМ-5 № 1 использовала практически весь фонд рабочего времени – 96 %; дробилка № 4 на измельчении пшеницы 94 % фонда своего рабочего времени. Узел дозирования работал только 5 ч, т. е. он имеет значительный резерв. В целом следует отметить, что, несмотря на наличие высокопроизводительного ведущего оборудования (дозаторов и смесителей), мощность предприятия недоиспользуется из-за несовершенного построения технологического процесса – неправильно запроектированных коммуникаций и несоответствия вместимости наддозаторных бункеров большому проценту ввода, например зерновых видов сырья, а также и производительности оборудования.

КОМБИКОРМОВЫЕ ЗАВОДЫ НА КОМПЛЕКТНОМ ОБОРУДОВАНИИ

При техническом содействии ЧССР в нашей стране строят предприятия средней мощности. В них используют оборудование и отечественного производства – многокомпонентные весовые дозаторы, прессы-грануляторы. По схеме (рис. 44) предусмотрено шесть технологических линий. Линия зернового сырья предназначена для формирования предварительной смеси в многокомпонентном весовом дозаторе 10ДК-2500.

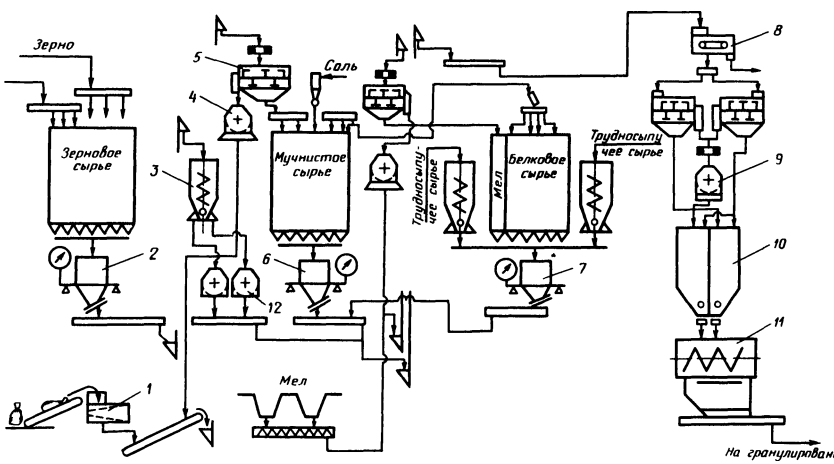


Рис. 44. Технологическая схема комбикормового завода на комплектном оборудовании мощностью 420 т/сут:

1 – растарочная машина; *2* – многокомпонентный весовой дозатор 10ДК-2500; *3* – смеситель вертикальный СМК-160; *4, 9* – молотковая дробилка СУН 41-22; *5* – просеивающая машина ПС-12; *6* – многокомпонентный весовой дозатор 16ДК-1000; *7* – дозатор 5ДК-200; *8* – электромагнитный сепаратор МЛ-750; *10* – бункера; *11* – главный смеситель ЖМВС-130; *12* – молотковые дробилки МК-90.

Особенность ее в применении вертикального смесителя СМК-160, предназначенного для усреднения предварительной зерновой смеси перед измельчением. Две молотковые дробилки МК-90 обеспечивают производительность до 15 т/ч каждая; подача зерна на измельчение – порционная. В линии мучнистого сырья установлены многокомпонентные дозаторы 16ДК-1000.

В линию белкового и трудносыпучего сырья входят дозаторы 5ДК-200. Для трудносыпучего сырья предусмотрены в качестве бункеров смесители СМК-160. Их вертикальное исполнение позволяет использовать рабочий орган (шнек) в качестве активатора.

Линия обработки объединенной порции предварительных смесей состоит из транспортного оборудования, магнитного сепаратора МЛ-750, двух просеивающих машин ПС-12, дробилки СУН 41-55 (до 5 т/ч) для доизмельчения сходов и двух спаренных бункеров. Вместимость бункеров достаточна для принятия полного замеса, т. е. не меньше вместимости ванны смесителя. Они сводят к минимуму холостые ходы дробилок и простои многокомпонентных дозаторов.

Линия основного смешивания предусматривает смеситель ЖМВС-130 с ванной вместимостью 2,5 т. Четыре пресса ДГ-I в линии гранулирования обеспечивают гранулирование в потоке всей продукции. Перед каждым прессом также установлен смеситель СМК-160.

По проекту предусмотрены мешкорастарочные машины, сушка соли в пневмотрубе подогретым в калорифере воздухом по применяемой в нашей стране схеме, контейнеры для внутрискладской механизации работ с трудносыпучими видами сырья.

В комплект комбикормового завода входит металлический элеватор вместимостью 20 тыс. т с зерносушилкой и сепараторами для очистки зерна.

Увеличить производственную мощность комбикормовых заводов, строящихся при техническом содействии ЧССР (типа построенного в Звенигородке Украинской ССР) можно, если установить в линии измельчения дополнительно одну-две молотковые дробилки, в линии готовой продукции – четыре просеивателя; заменить смеситель ЖМСВ-130 на смеситель А9-БСГ-3 или предусмотреть их последовательную установку; смонтировать дополнительно пресс-гранулятор ДГВ с сопутствующим оборудованием; организовать контейнерную площадку для приемки сырья в оборотных контейнерах и контейнерах разового пользования типа МК или МКР; расширить напольные склады для хранения шротов и кормовых продуктов пищевых производств на 760 т; провести работы по энергоснабжению, автоматизации, аспирации.

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАВОД РЫБНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ

Предприятия выпускают комбикорма для рыб, но особую сложность представляет изготовление комбикорма для личинок и молоди рыбы, так называемые стартовые комбикорма. В этом случае требуется сверх-

тонкое и тонкое измельчение компонентов, ввод растительных масел или рыбного жира, а также выпуск продукции в виде крупки разного размера.

Важный показатель рыбных комбикормов – водостойкость. Она характеризуется способностью гранулированного комбикорма противостоять прониканию воды внутрь гранул и сохранять определенное время заданную (или подобную) геометрическую форму в набухшем состоянии. От степени водостойкости зависит экстрагирование питательных веществ, что связано, с одной стороны, с использованием их, а с другой – с загрязнением водоемов, снижением в воде содержания кислорода.

Свойства гранул комбикорма должны зависеть от особенностей и повадок рыб, которым они предназначаются. Например, форель – рыба хищная, подвижная, она берет гранулы в движении, пока они не достигли дна водоема. Гранулы для такой рыбы не должны быть набухающими. Придонные рыбы кормятся до 20 мин. За этом время упавшие на дно гранулы должны успеть набухнуть, но не должны распадаться.

Маркировка специальных комбикормов для рыб отличается от общепринятой. Стартовые комбикорма (табл. 37) предназначены для вскармливания личинок и мальков рыб массой от 0,1 до 40 г. Их вырабатывают в виде гранул диаметром от 0,2 до 2,5 мм и маркируют РГМ-6М с указанием номера (например, РГМ-6М № 4). Продукционные комбикорма для кормления годовиков, товарных двухлеток, а также производителей маркируют РГМ-5В с указанием номера (например, РГМ-5В № 8).

37. Маркировка и назначение комбикормов РГМ-6М и РГМ-5В

Номер	Диаметр гранул, мм	Назначение
		Стартовые (РГМ-6М)
1	До 0,2	Личинки рыб
№ 2	0,2...0,4	Мальки форели, бестера, сомиков
№ 3	0,4...0,6	То же
№ 4	0,6...1,0	"
№ 5	1,0...1,5	Сеголетки форели, бестера, сомиков
№ 6	1,5...2,5	Годовики
		Продукционные (РГМ-5В)
№ 7	3,2	Годовики и двухлетки
№ 8	4,5	Товарные двухлетки и трехлетки
№ 9	6,0	То же
№ 10	8,0	Товарные трехлетки и производители

Выпускают комбикорм и других рецептов, например эквизо, СБ-3, 111-9. Состав комбикормов для рыб характеризуется большим набором компонентов (табл. 38).

38. Состав комбикормов для рыб, %

Компоненты	Рецепт				
	РГМ-6М	РГМ-58	РГМ-8В	Эквизо	111-9
Мука:					
рыбная	48,0	45,0	20,0	18,0	19,0
мясокостная	5,0	8,6	6,0	–	1,0
кровяная	5,0	3,0	–	–	–
водорослевая	1,0	1,0	1,0	–	–
травяная	–	4,2	–	–	–
Шрот:					
соевый	16,0	6,6	26,0	–	20,0
подсолнечный	–	–	25,0	–	10,0
Обрат сухой	5,5	7,0	–	–	2,0
Дрожжи гидролизные	6,0	3,8	8,0	–	3,0
Мука пшеничная II сорта	5,3	16,7	7,8	10,0	–
Жир рыбный	7,0	–	–	–	–
Масло растительное	–	3,0	5,0	–	–
БВК	–	–	–	35,0	–
Ферментолизат БВК	–	–	–	35,0	–
Метионин	–	–	–	1,0	
Пшеница	–	–	–	–	19,0
Кукуруза	–	–	–	–	10,0
Отруби пшеничные	–	–	–	–	15,0
Премикс ПФ-2В	1,0	1,0	1,0	1,0	–
Премикс ПIII-2Укр	–	–	–	–	1,0
Холин-хлорид	0,2	0,1	0,2	–	–

Комбикорма для рыб должны соответствовать ТУ 15-615– 84 "Комбикорма гранулированные тонущие для выращивания разновозрастных рыб ценных видов". Сюда относят форель, лосось, бестера (гибрид белуги и стерляди), канального сома, веслоноса, осетра.

Днепропетровский экспериментальный завод рыбных гранулированных комбикормов впервые в отечественной практике может в стационарных условиях вырабатывать также экструдированные плавающие комбикорма по ТУ 15-613–84 для тех же видов рыб, а также для карпа.

Плавающие гранулы – экструдаты в зависимости от размера разделяют на пять групп, мм: 1,7...2,5; 2,5...3,7; 3,7...5; 5...7; 7...9. Длина гранул для всех номеров групп должна составлять не более 1,5 диаметра. Гранулы должны плавать на поверхности спокойной воды не менее 30 мин (табл. 39).

Комплектное оборудование поставлено фирмами "Тайё Гегё" и "Морикава Шодзи" (Япония). Завод предназначен для выработки в год 37 тыс. т специальных гранулированных комбикормов для рыб, в том числе 35 тыс. т продукционных комбикормов и 2 тыс. т – стартовых.

39. Показатели качества гранулированных и экструдированных комбикормов

Показатели	Норма и характеристика	
	Экструдаты	Крупка гранулы
Внешний вид	В виде слегка деформированных цилиндров	Крупка в виде россыпи без комков. Гранулы цилиндрической формы
Запах	Соответствующий набору компонентов исходного комбикорма без затхлого и плесневелого, и других посторонних запахов	
Цвет	Соответствующий цвету компонентов или темнее	
Массовая доля влаги (не более), %	13,5	13,5
Крошимость (не более), %	5,0	5,0
Водостойкость (не менее), мин:		
для крупки	–	10
для гранул	–	20
для экструдата	30	–
Крупность помола компонентов – остаток на сите с отверстиями (не более), %:		
ø 0,15 мм для крупки, марка № 1...4	–	10
ø 0,3 мм, марка № 5...7	–	10
ø 0,63 мм, марка № 8...9	10	10
ø 1,0 мм, марка № 10; 11	10	10
Массовая доля сырого протеина (не менее), %:		
для стартовых	–	45
для гранул при выращивании ценных видов рыб	38	38
то же карпа	32	32
Массовая доля сырой клетчатки (не более), %:		
для крупки	–	3
для гранул	–	8
для экструдата	8	–
Массовая доля сырого жира, %:		
без введения жира	8	8
при введении жира	6...18	6...18
Массовая доля кальция (не более), %:		
для крупки	–	2
для гранул	–	1
для экструдата	2	–

Продолжение

Показатели	Норма и характеристика	
	Экструдаты	Крупка гранулы
Массовая доля фосфора (не менее), %:		
для крупки	–	2
для гранул	–	1,5
для экструдата	1,5	–
Массовая доля лизина (не менее), %	2,1	2,1
Перекисное число йода (не более), % йода:		
для крупки марок № 1...5	–	0,2
для крупки марок № 6; 7 и гранул при выращивании ценных видов рыб	0,3	0,3
Кислотное число (не более), мг КОН:		
для крупки	–	30
для гранул при выращивании ценных рыб	70	70
Содержание металломагнитных примесей (частиц) размером до 2 мм включительно (не более), мг на 1 кг:		
для крупки и гранул	30	30
Содержание вредной примеси:		
куколя, плевела опьяняющего, головни, вязеля, спорыньи, триходесмы седой и гелиотропа опушенноплодного	В соответствии с НТД на используемое сырье	
Зараженность	Не допускается	

Режим работы для заводов такого типа принят сокращенным, так как в зимнее время рыба в водоемах средней полосы спит и остается небольшая потребность в кормах для рыбы незамерзающих водоемов тепловых станций. Фактически рабочий период не больше 260 дней в году.

Завод состоит из комплекса основных и вспомогательных сооружений – производственного корпуса с примыкающими к нему складами сырья и готовой продукции, склада шротов силосного типа с приемным устройством, других вспомогательных сооружений. Площадь одноэтажного склада сырья, сблокированного с производственным корпусом, около 2,5 тыс. м^2. Сырье в таре поступает по железной дороге и автомо-

бильным транспортом, всего до 2165 т. Площадь склада тары 280 м^2. Площадь склада готовой продукции в таре 860 м^2, можно расположить до 440 т бумажных мешков с комбикормом.

На заводе работает 205 человек, в том числе 185 человек промышленно-производственного персонала.

Технологическая схема Днепропетровского экспериментального завода рыбных гранулированных комбикормов (рис. 45) состоит из 12 основных технологических линий.

1 линия – подача рыбной муки, муки пшеничной II сорта, соевого и подсолнечного шрота в наддозаторные бункера с обработкой по ходу подачи: просеиванием, измельчением, магнитным сепарированием.

2 линия – подача премикса, водорослевой муки, других компонентов, включаемых в малых количествах, наполнителя, составление предварительной смеси и передача ее в наддозаторные бункера.

3 линия – основное дозирование – смешивание всех сухих компонентов в соответствии с рецептурой.

4 линия – тонкое измельчение сдозированных компонентов продукционного комбикорма в двух параллельно установленных дробилках и передача измельченного продукта на линии гранулирования или экструдирования.

5 линия – супертонкое ступенчатое измельчение сдозированных компонентов стартового комбикорма в специальной бесситовой дробилке с массивными молотками, оборудованной устройством для пневматической классификации. Крупный сход с дробилки просеивают в рассеве кроватного типа и схода возвращают на доизмельчение. Линия заканчивается передачей подготовленного продукта на линию гранулирования.

6 линия – гранулирование продукционного и стартового комбикорма (последовательно) с прессом-гранулятором, охладительной колонкой и грохотом. Сходовая фракция с грохота направляется на обмасливание (пропитку растительным маслом или рыбьим жиром), проходовая – возвращается на гранулирование.

7 линия – фракционирование стартового комбикорма на семь марок. После гранулирования стартовые комбикорма поступают в крошильную установку, а затем на классификацию.

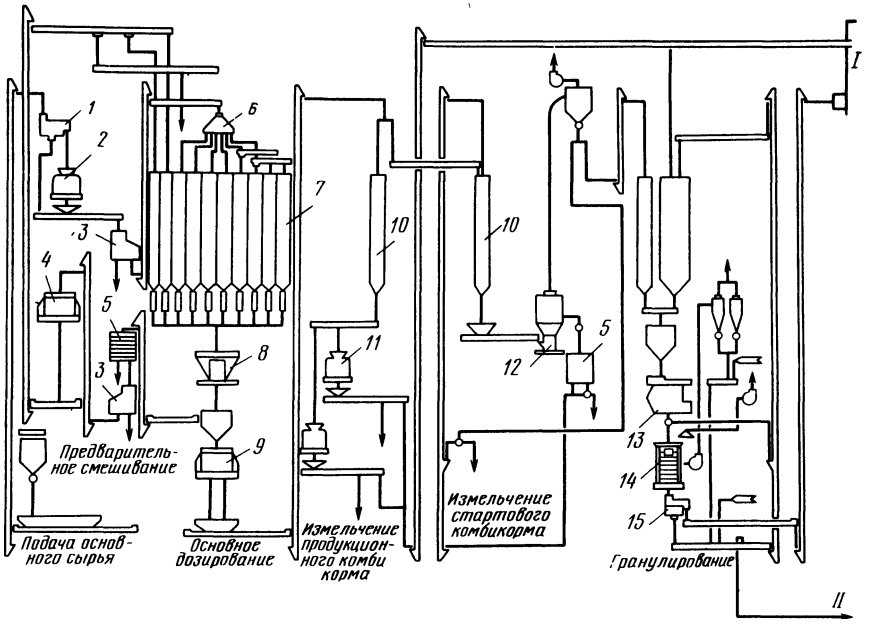
8 линия – дополнительное гранулирование продукционного комбикорма с прессом-гранулятором, грохотом для горячих гранул, охладителем и грохотом для холодных гранул.

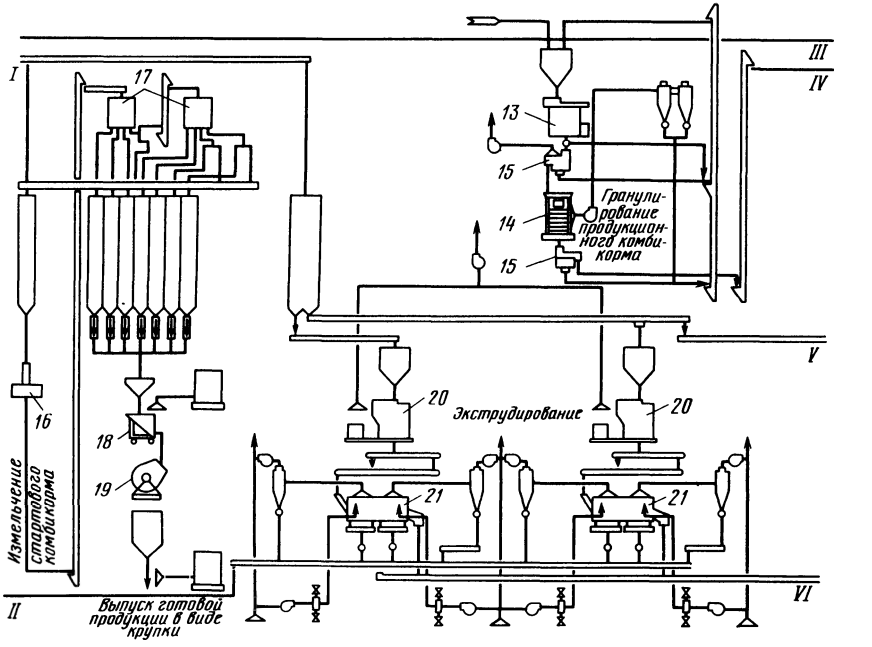
9 линия – экструдирование. Включает три экструдера, две сушилки кипящего слоя и одну барабанного, охладительную колонку, грохот, линию пневмотранспорта экструдата.

10 линия – обмасливание экструдированного и гранулированного продукта.

11 линия – упаковка готовой продукции в бумажные мешки, зашивка, маркировка, складирование.

12 линия – отпуск готовой продукции.


I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
Предварительное смешивание
Подача основного сырья
Основное дозирование
Измельчение продукционного комби корма
Измельчение стартового комбикорма
Гранулирование
II


I
III
IV
V
VI
II
13
15
14
15
Гранулирование продукционного комбикорма
17
16
18
19
20
Экструдирование
20
21
21
Измельчение стартового комбикорма
Выпуск готовой продукции в виде крупки

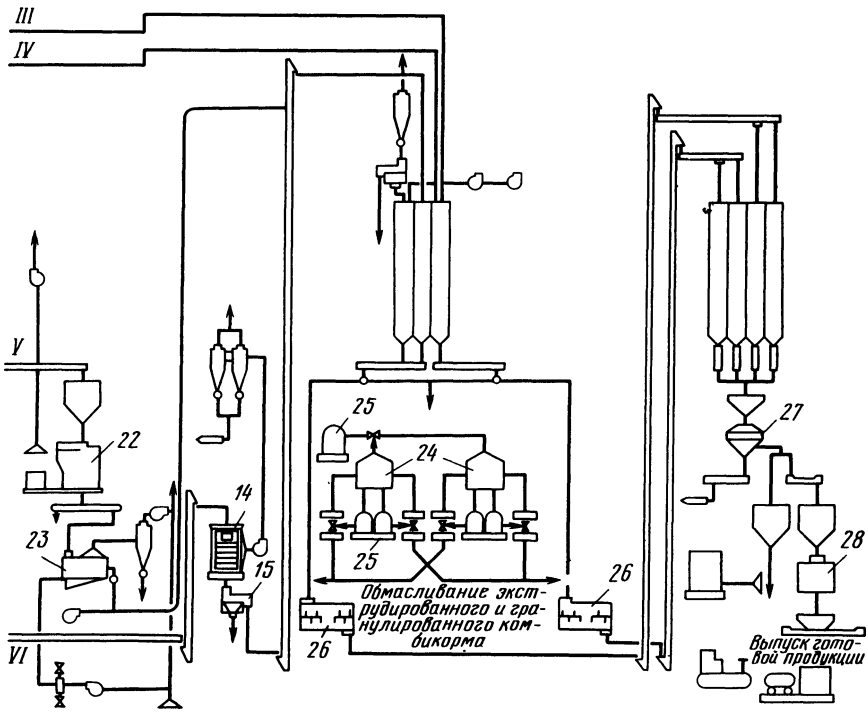


Рис. 45. Технологическая схема Днепропетровского экспериментального завода рыбных гранулированных комбикормов:

1 – вибрационный сепаратор VR-51; *2* – молотковая дробилка типа "Нью-Джет"; *3* – электромагнитный сепаратор барабанного типа; *4* – порционный смеситель вместимостью 500 кг; *5* – рассев кроватного типа; *6* – поворотный круг; *7* – наддозаторные бункера; *8* – многокомпонентный весовой дозатор грузоподъемностью 1000 кг; *9* – порционный смеситель вместимостью 1000 кг; *10* – наддробильный бункер емкостью 10 м^3; *11* – молотковая дробилка типа GX-1; *12* – молотковая дробилка типа FP - 3; *13* – пресс-гранулятор производительностью 3,5 т/ч с электродвигателем мощностью 75 кВт; *14* – охладительная колонка типа 1500; *15* – виброгрохот; *16* – валковый измельчитель; *17* – просеиватель-классификатор ST-102; *18* – бункерные весы грузоподъемностью 200 кг; *19* – барабанный смеситель; *20* – экструдер ЕР-50; *21* – сушилка псевдокипящего слоя; *22* – экструдер ЕР-150; *23* – барабанная сушилка; *24* – такни для хранения растительного масла и рыбного жира; *25* – насосы; *26* – смеситель непрерывного действия типа 10.27-тарар для обмасливания крупки и гранул; *28* – мешкоупаковочный полуавтомат.

В технологической схеме Днепропетровского завода применено следующее основное технологическое оборудование:

многокомпонентные дозаторы грузоподъемностью 1000 кг;

порционный смеситель вместимостью 1 т, позволяющий делать до 15 замесов в час;

молотковые дробилки – две типа G X-1 производительностью 10 т/ч с электродвигателем мощностью 150 кВт для тонкого измельчения компонентов (сито ø 2,5 мм) и одна типа FP-3 поизводительностью 3000...5000 кг/ч с электродвигателем мощностью 55 кВт, бесситовая с пневмоклассификатором.

В комплекте с дробилкой FP-3 поставляют лопастной классификатор типа осевого вентилятора с 18 лопастями. Вынесенный воздушным потоком вверх продукт попадает на вращающиеся лопасти вентилятора. При этом тонкодисперсные частицы проходят через лопасти (проход), а более крупные – скользят по ним и попадают в сход для повторного просеивания и измельчения. У дробилки типа FP-3 24 массивных П-образных молотка с износостойким покрытием. Продукт в нее вводят сбоку тремя короткими шнеками;

два пресса-гранулятора с электродвигателем мощностью 75 кВт, оснащенные кольцевыми матрицами с фильтрами ø 3,2; 4,5; 6; 8 мм;

два экструдера типа "Дёда-ЕР". Производительность экструдера ЕР-150 до 1500 кг/ч;

две сушилки псевдокипящего слоя с площадью газораспределительной решетки 0,5 м^2. Температура агента сушки (горячего воздуха) 140 °С. Съем влаги с 20...30 % до 13,5 %;

локальные цилиндрические фильтры – пылеотделители с площадью фильтрующей поверхности 6,18 и 34,6 м^2.

Здание производственного корпуса – ангарного типа, оборудование размещено на внутренней "этажерке" по свободной схеме без четко выраженных этажей.

При изготовлении гранул методом экструзии обращают внимание на содержание в рассыпном комбикорме крахмала, которого должно быть не менее 30 %. Нагрев продукта в рабочей зоне составляет 120...140 °С. В смеситель экструдера предусмотрена подача воды и пара. Экструдируемый продукт должен представлять собой мелкоизмельченную кормосмесь – остаток на сите с отверстиями ø1 мм не более 10 %.

Кормовая смесь выдавливается из матрицы в виде жгутов, нож обрезает их на необходимую длину. В результате перепада давлений продукт мгновенно расширяется после выхода из фильер. При этом происходит быстрая потеря влаги, продукт становится пористым.

Отличительная особенность схемы завода – отсутствие аспирационных сетей (кроме сетей линий гранулирования) в обычном понимании этого слова. Сети заменены локальными фильтрами, устанавливаемыми непосредственно на бункерах для хранения сырья, бункерах дробилок и т. д. Воздух после очистки возвращается в помещение.

ШУМИХИНСКИЙ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД

Завод производительностью 80...90 т/смену имеет агрегат ОКЦ-50, 30-тонные автомобильные весы, зерносушильный комплекс КЗС-20ш, склад для зерна вместимостью 3,6 тыс. т, склады грузов в таре на 250 т, БВД на 70 т, готовой продукции на 420 т, гараж на 12 машин и другие сооружения.

Взаимоотношения завода с хозяйствами строятся на основании договоров, которые предусматривают поставку сырья по кварталам с указанием культур. За каждую тонну поставленного сырья отпускается одна тонна комбикорма. Завод производит комбикорма для молодняка животных, мясного откорма свиней и дойных коров. В технологической схеме предусмотрено шелушение пленчатых культур – овса, ячменя, проса.

Отпускные цены на комбикорма устанавливают ежегодно при рассмотрении и утверждении промфинплана. Прибыль за вычетом фонда материального поощрения направляют на погашение кредита (стоимость строительства около 920 тыс. р.) с последующим отнесением на увеличение паевого взноса хозяйств.

Высший орган управления завода – собрание уполномоченных хозяйств-пайщиков. Текущее руководство представляют директор и совет завода из пяти человек, которые руководствуются общим Положением о межхозяйственном предприятии в сельском хозяйстве.

После приобретения опыта и выявления узких мест была проведена реконструкция предприятия с доведением производительности до 80... 90 т в смену.

В частности, были заменены две молотковые дробилки КДМ-3 на А1-ДДП, изменены транспортные коммуникации, добавлены нории, механизированы работы по приемке БВД и передаче их в производство. Завод теперь может принять за смену 150...200 т зерна, 70 т БВД; выработать 80 т комбикормов и отпустить до 250 т продукции.

Объем выработки комбикормов в год зависит от возможности поставки заводу необходимого сырья и колеблется от 15 до 22 тыс. т, размер годовой прибыли достигает 100 тыс. р., издержки производства на 1 т продукции составляют 8,3 р., себестоимость 1 т комбикорма в среднем 72,15 р. Среднегодовая численность работников комбикормового завода 40 человек.

Дальнейшее развитие предприятия предусматривает ввод склада силосного типа вместимостью 11,2 тыс. т, сооружение 60-тонных автомобильных весов, автомобилеразгрузчика, зерносушилки ДСП-32. Рецепты вырабатываемых комбикормов составляет и рассчитывает технолог завода, их согласовывает зоотехник РАПО.

Лаборатория завода контролирует качество продукции по следующим показателям: крупность размола, наличие целых зерен и металломагнитных примесей, влажность. Такие показатели, как содержание сырого протеина, сырой клетчатки, песка, фосфора, кальция и натрия, проставляют в качественных удостоверениях (ф. № 43) по данным областной лаборатории.

КИНЕЛЬ-ЧЕРКАССКИЙ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД

Производственное здание трехэтажное, кирпичное; бункера для сырья и готовой продукции сварные на стальных конструкциях; напольный склад сырья вместимостью 600 т кирпичный. Проектная производительность завода была 60 т/сут, первоначально он обслуживал один колхоз. Затем стал самостоятельным и получил статус межхозяйственного. В него вошли цеха по производству ЗЦМ, солеминеральных брикетов-лизунцов, амидоконцентратной добавки (АКД) и участок производства витаминной травяной муки с установками АВМ. На заводе были построены два склада вместимостью 8 тыс. т. После реконструкции мощность увеличилась до 100 т/сут. Выпускает он комбикорма для откорма свиней, птиц и КРС.

Сырье на завод завозят автомобильным транспортом из колхозов и совхозов, с мукомольного завода, элеватора и частично по железной дороге. Отпускают комбикорм только на автомобильный транспорт.

Для очистки зернового сырья применены сепараторы ОВП-20. Две молотковые дробилки ДДМ-5 установлены в линии подготовки зернового сырья, одна ДДМ-5 – в линии мучнистого сырья и ДИС-5 – на измельчении соли и мела. Дозирование подготовленных компонентов объемное с применением дозаторов типа ДП. Предварительную смесь сырья минерального происхождения и кормовых дрожжей, сформированную при помощи тарельчатых дозаторов и смесителя, повторно дозируют также тарельчатыми дозаторами ДТ. В линии основного смешивания установлен смеситель непрерывного действия 2СМ-1.

Глава 4

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

ПЛЮЩЕНИЕ ЗЕРНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

У молодняка сельскохозяйственных животных недостаточно развита ферментативная секреция желудка. Для них природный крахмал зерна трудноперевариm. Например, на крупных свиноводческих комплексах подкормку поросят начинают с девятидневного возраста, а на самостоятельное питание переводят в 26 дней. Поэтому комбикорма для них должны быть улучшенных вкусовых качеств, а также содержать легкоперевариmые углеводы. Мучнистые и зерновые компоненты в этих комбикормах должны быть в пределах 60...77,8 %. Часть крахмала переводят в легкоусвояемую форму посредством ТО или ВТО.

Один из способов ВТО – плющение зерна с предварительным его пропариванием (рис. 46). Подготовка к плющению начинается с очистки зерна в сепараторе, отделении минеральной примеси в камнеотдели-

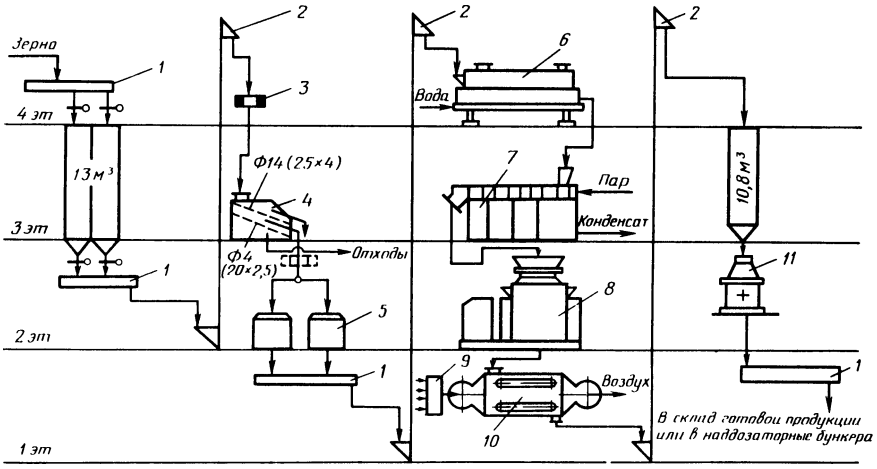


Рис. 46. Технологическая схема производства плющеных зерновых продуктов (Поволжский комбикормовый завод, г. Тольятти):

1 – цепной конвейер ТСЦ-25; *2* – нория I-10; *3* – магнитная колонка типа БКМ; *4* – сепаратор А1-БКГ-1,5; *5* – камнеотделительная машина А1-БКР; *6* – аппарат для гидратации (увлажнения) А2-КВА; *7* – аппарат для варки; *8* – плющильный станок; *9* – калорифер; *10* – ленточная сушилка А1-КНС; *11* – дробилка А1-ДДП (производительность на сите с отверстиями 2 мм – 2 т/ч).

тельных машинах, выделении металломагнитных примесей, увлажнении до 18...20 % и варке. После плющения влажные и липкие хлопья сушат до влажности 11...13 % с применением в данном случае ленточной сушилки, а затем измельчают в молотковой дробилке. Полученный продукт или направляют в наддозаторные бункера и вводят в комбикорм по рецепту СК-3, или реализуют как готовый.

Вместо указанных в схеме двух камнеотделительных машин А1-БКР целесообразно использовать одну вибропневматическую машину типа Р3-БКТ, с более высокой надежностью и эффективностью работы – 98... 99 %.

Очищенное зерно поступает в аппарат А2-КВА для гидратации (увлажнения) и варки с производительностью 1,2 т/ч. В аппарат для увлажнения поступает подогретая до 70 °С вода из расчета повышения влажности зерна с 11...13 до 18 %. Затем зерно попадает во вторую секцию аппарата А2-КВА, где подвергается дальнейшей обработке теплом и паром в течение 4,5 мин и выдержке в течение 30 мин при постоянном перемешивании. Влажность зерна при этом увеличивается примерно до 20 %, зерно "варится", так как температура пара 105... 107 °С и давление 0,05...0,1 МПа.

Станок А1-КПК производительностью до 1,5 т/ч плющит поступающие ячмень или кукурузу. Парно работающие вальцы ⌀ 490 мм и длиной 800 мм вращаются навстречу друг другу с одинаковой скоростью. Усилие сжатия в рабочем зазоре достигает (100...120) 10^5 Па. Рабочий зазор устанавливают так, чтобы получить хлопья толщиной 0,3...0,5 мм. Сушат хлопья воздухом, нагреваемым в калориферах, до влажности 11...13 %. В нижней зоне сушилки происходит охлаждение продукта.

Качество готовых плющеных зерновых хлопьев характеризуется показателями органолептическими (внешний вид, цвет, запах), влажностью (11...13 %), содержанием металломагнитных примесей – частиц размером до 2 мм (не более 10 мг/кг), степенью плющения (пластины толщиной 0,3...0,5 мм).

Процесс плющения приводит к желатинизации крахмала зерна, что выражается в увеличении содержания легкопереваримых углеводов, декстринов, общих и редуцирующих сахаров и повышении доступности крахмала воздействию ферментов. Степень желатинизации ячменя и кукурузы зависит от качества исходного сырья. Например, содержание глюкозы может увеличиваться в ячмене с 50...60 до 351...356 мг на 1 г сухого вещества, в кукурузе с 32...107 до 372...571 мг на 1 г сухого вещества.

При хранении исходных компонентов (плющевых) и комбикормов с плющеной зерновой частью в таре и насыпью в силосах при температуре воздуха 4,5...21,1 °С и относительной влажности 77...81 % технологические свойства продуктов практически не изменялись. Только кислотное число жира через два месяца хранения увеличивается, что свидетельствует о протекании гидролитических процессов. Поэтому хранить плющеные продукты рекомендуется не более 1 мес.

ЭКСТРУДИРОВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Согласно "Рекомендациям по технологии экструдирования компонентов при производстве специальных комбикормов для поросят, а также ТУ на экструдированные зерновые компоненты качество экструдата должно соответствовать следующим показателям:

Внешний вид, цвет, запах	Гранулы, крупка, измельченный продукт без плесневого и другого постороннего запаха, без видимых включений целых или раздробленных зерен
Влажность (не более), %	11
Крупность:	
гранул	Не нормируется
крупки	"
измельченного продукта	Соответственно крупности комбикорма, в состав которого его включают

Содержание металломагнитной примеси, частиц размером до 2 мм включительно (не более), мг/кг	10
Степень взорванности (не менее)	4
Степень декстринизации зерна (не менее), %:	
кукурузы	70
ячменя, гороха	50
пшеницы, овса, проса, смеси компонентов	40

Для стабильного протекания процесса экструзии необходимо тщательно очистить зерно от посторонних примесей, особенно от крупных металломагнитных и минеральных примесей, попадание которых в экструдер недопустимо. Очень важно задать исходную влажность зерна. При низкой влажности экструдируемого продукта процесс неустойчив, а при высокой – снижается содержание декстринов (табл. 40).

40. Влажность и содержание декстринов в компонентах комбикормов

Продукт	Влажность, %		Содержание декстринов, %	
	до экструзии	после экструзии	до экструзии	после экструзии
Кукуруза	17,0	10,7	0,90	11,1
Пшеница	17,0	10,8	1,00	2,7
Ячмень	11,8	7,4	0,50	8,5
	15,8	9,2	0,50	12,8
	18,1	12,1	0,50	9,5
Ячмень и пшеничные		(Процесс неустойчивый)		
отруби	13,4	6,6	0,51	9,3
(5:1)	15,0	7,2	0,51	13,8
	17,6	10,8	0,51	15,1
	19,8	11,5	0,51	11,2

Оптимальной влажностью следует считать 15...17 %.

Технологическая схема экструдирования (рис. 47) предусматривает следующие операции: очистку от посторонних примесей (песка, металломагнитных), тонкое измельчение в молотковой дробилке (сита с отверстиями ø 2 мм), дозирование и смешивание (в случае экструдирования смеси зерновых или зерна и отрубей), увлажнение в установке Б6-ДАК, собственно экструдирование, охлаждение в горизонтальных охладителях Б6-ДОБ, измельчение в жмыхоломаче ЖЛ-1 и затем в молотковой дробилке. Схема принципиально не отличается от рекомендованной для изготовления основных при производстве жирового концентрата.

Хранение экструдированных продуктов допускается в течение 1 мес. При использовании экструдера КМЗ-2, который оснащен четырехфильерной гранулирующей матрицей, получают гранулы ø 10...15 мм и длиной 20...30 мм.

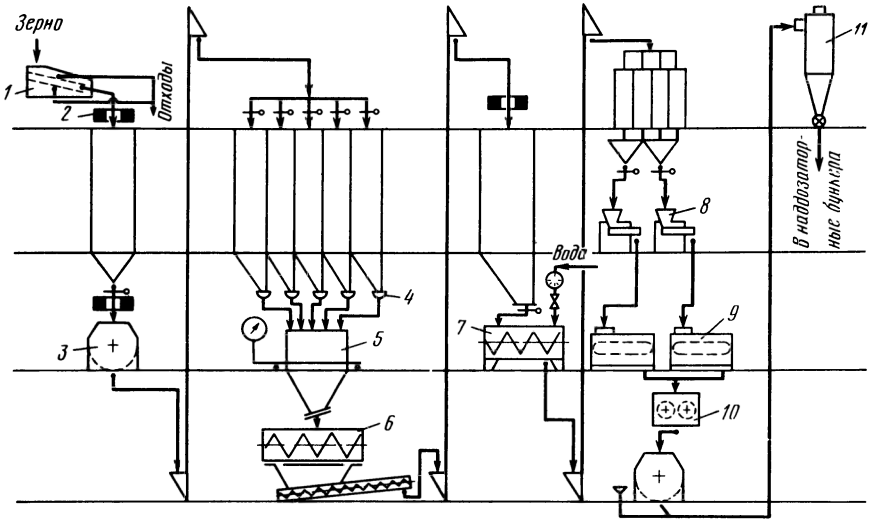


Рис. 47. Технологическая схема производства экструдированных зерновых продуктов:

1 – сепаратор ЗСП-5; *2* – магнитная колонка; *3* – молотковая дробилка А1-ДДП; *4* – шнековый питатель ПШ-200; *5* – многокомпонентный весовой дозатор 5ДК-200; *6* – смеситель А9-ДСГ-02; *7* – установка для увлажнения Б6-ДАК; *8* – экструдер ПЭК-125х8 (4 шт.); *9* – охладитель Б6-ДОБ; *10* – жмыхоломач ЖЛ; *11* – циклон-разгрузитель.

Процесс экструзии биополимеров относится к термодинамическим методам обработки, способным провести глубокие биохимические преобразования всех входящих в состав зерна биологических структур – белков, углеводов, витаминов, ферментов. При температуре 125... 135 °С, развиваемой в экструдере, и экспозиции в 20...30 с часть витаминов и ферментов будет инактивирована, изменится соотношение фракций белков, часть крахмала расщепляется до более простых углеводов – декстринов и сахаров. Обработка оказывает и стерилизующее действие, что особенно важно при производстве комбикормов для поросят. В целом же подвергнутое экструзии зерно организм молодняка животных использует эффективнее.

Сопоставление метода пропаривания и плющения с экструзией приводит к выводу, что во втором случае процесс построен проще, однако операцию увлажнения следует автоматизировать, ввести блокировку и синхронизацию подачи измельченного продукта и воды.

Технологическая линия экструдирования фирмы "Вальтер" (ФРГ) показана на рисунке 48. Подготовка продукта начинается уже при подаче в кондиционер-выдерживатель. Здесь происходит поверхностное увлажнение и прогрев благодаря автоматизированному поступлению

пара или воды (возможна совместная подача пара и воды). В кондиционере-выдерживателе, снабженном эффективной термоизоляцией, происходит темперирование – равномерное распределение влаги, прогрев по всему объему. Удаление продукта из кондиционера-выдерживателя происходит по принципу "первым вошел – первым вышел", т. е. непрерывно с одинаковым качеством подготовки.

Фирма "Вальтер" считает, что обработка на представленной линии "облагораживает" зерновые компоненты и комбикорма. На переработке зерна при хорошей клейстеризации крахмала затраты электроэнергии составляют 30...40 кВт·ч/т. В режиме инактивации антипитательных веществ на переработку компонентов такого рода затрачивается 25... 35 кВт·ч/т. Производительность линии экструзии до 7 т/ч.

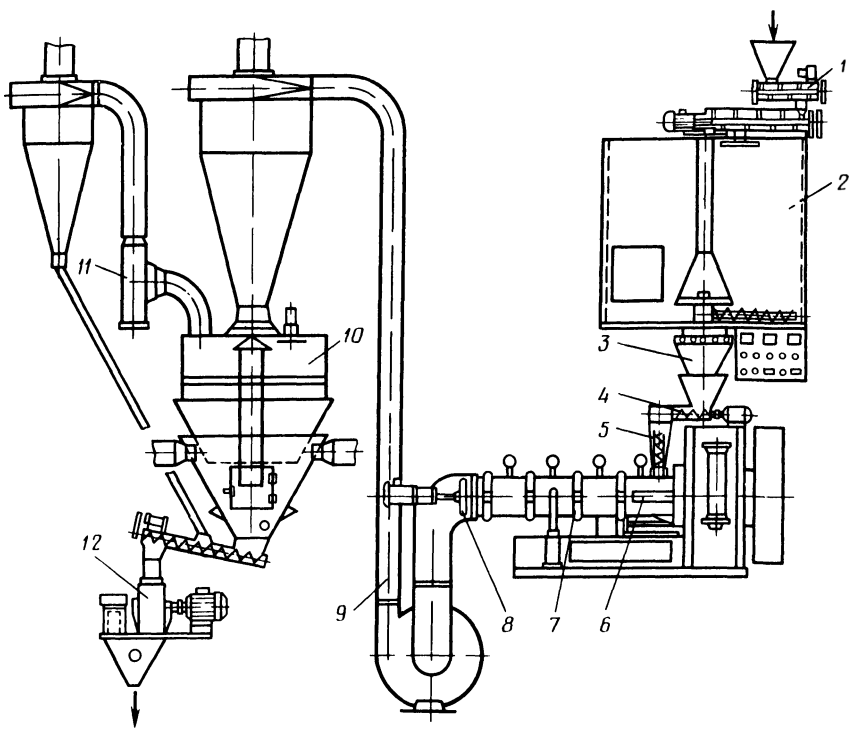


Рис. 48. Линия экструдирования фирмы "Вальтер" (ФРГ):

1 – питатель; *2* – кондиционер-выдерживатель; *3* – магнитная защита; *4* – шнек-дозатор; *5* – питатель экструдера с регулированием от 0 до 100 %; *6* – гидравлический съемник для разборки рабочих элементов; *7* – экструдер "Пико-5"; *8* – нож-измельчитель; *9* – транспортирование с подсушкой; *10* – охладитель; *11* – вентилятор охладителя; *12* – молотковая дробилка.

Экструдер "Пико-5", оснащенный электродвигателем мощностью 160 кВт, четырехступенчатый, в его третью зону можно вводить различные жидкие добавки, такие как жир, ароматизирующие вещества.

Форма применяет экструдирование при выработке комбикормов для домашних животных, рыб, пушных зверей. При производстве массовой продукции для улучшения качества, например комбикормов для птицы, поросят, телят, лошадей, овец и животных, содержащихся в зоопарках, также можно использовать экструзию.

По определению фирмы, в приведенной установке реализован механогидротермический процесс, в котором объединены различные этапы экструзии:

подготовка (увлажнение, прогрев, "созревание");

экструзия без дальнейшего увлажнения при помощи многоступенчатых шнеков и комбинированных компрессионных колец.

Благодаря четырехступенчатой обработке при высоких давлениях достигается постоянная температура, а кратковременная обработка в зоне "варочной" экструзии в течение нескольких секунд сохраняет питательные вещества. Главный привод может поставляться при необходимости с изменяемой частотой вращения ротора.

Для современного кормопроизводства необходимы специальные виды подготовки сырья растительного происхождения, в частности шрота, а также кормовых дрожжей. Это связано с повышением переваримости сырья, т. е. усвоением его организмом животных, особенно молодняка.

Подготовить сырье соответствующим образом и позволяет низкотемпературная экструзия. Ее проводят в матричных прессах-грануляторах при влажности сырья 10...12 %. Экструдируют неразмолотое зерно, шрот, кормовые дрожжи. По данным фирмы "Джиза", в процессе экструзии существенно изменяется структура белков. Выделяющееся в процессе тепло нагревает продукт до 70...75 °С, но его влияние второстепенно. В результате такой обработки частично разрушаются водородно-ионные и ковалентные связи, снижается водоотталкивающее действие, в целом изменяются физико-химические свойства белковых молекул.

При реализации технологического процесса низкотемпературной экструзии в промышленном масштабе необходимо обеспечить:

разрушение собственной структуры природных белков растительного и микробиального происхождения, в частности растяжение волокнистой структуры и высвобождение белковых фракций;

денатурацию белковой фракции для интенсивного воздействия на нее желудочных соков;

уничтожение антипитательных веществ;

повышение санитарной чистоты корма.

Одновременно с этим разрушаются содержащиеся в корме ферменты. По-видимому, частично разрушаются и витамины. Фирма упоминает о возможной инактивации токсических веществ, однако это подлежит всесторонней проверке. Если исходная влажность ниже 10...12 %, необходимо провести доувлажнение сырья сухим паром. На основании

зоотехнических опытов фирмой установлено повышение переваримости протеина после экструзии (табл. 41).

41. Повышение переваримости сырья отдельных видов в результате низкотемпературной экструзии, %

Вид и категория животных	Соевый шрот		Подсолнечный шрот		Дрожжи кормовые	
	неэкструдированный	экструдированный	неэкструдированный	экструдированный	неэкструдированные	экструдированные
КРС:						
взрослые	88	94	88	94	86	92
телята	73	86	73	86	65	84
Свиньи:						
взрослые	87	93	89	95	87	93
поросята	72	85	74	87	66	85

Особенно высокий эффект при обработке кормовых дрожжей связан с тем, что стенки дрожжевой клетки достаточно прочные, представляют настоящую защиту живому микроорганизму. Стенки клетки состоят из глюкана, маннана, хитина и липидных веществ. Практически вся клеточная структура дрожжей построена так, что она препятствует соприкосновению желудочных соков с белковым содержимым клетки. По данным фирмы, в процессе низкотемпературной экструзии давление в момент прессования на несколько долей секунды может достичь $2 \cdot 10^8$ Па. В результате экструдирования и последующего охлаждения получается плотный и однородный продукт стекловидной структуры, который нужно тонко измельчить (сито ø 1 или 1,25 мм). Такой продукт легко поглощает воду и желатинизируется, что не происходит с обычными дрожжами.

Биологические опыты на телятах, в рационы которых включали экструдированные дрожжи для замены почти половины питательных веществ сухого молока, дали положительные результаты. Возможно, что в процессе такой обработки высвобождаются также неизвестные факторы роста (НФР). Специалисты фирмы "Джиза" установили также, что экструзия дрожжей способствует высвобождению той части витаминов группы В, которая содержится в корме в виде сложных конгломератов с белковыми молекулами и в обычном виде не вполне доступна.

МИКРОНИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

В нашей стране микронизацию только начинают внедрять в производство (Латвия, Белоруссия). Поэтому целесообразно рассмотреть этот способ подготовки сырья по данным фирмы "Микронайзинг К° Ли-

митед". Она была образована специально для разработки усовершенствованных процессов инфракрасной обработки зерна и других продуктов кормового и пищевого назначения.

Инфракрасные лучи (ИК-лучи) эффективны в генерировании тепла внутри поглощающих материалов – зерна злаковых и бобовых культур, а также многих других кормовых и пищевых продуктов. При проникновении ИК-лучей в материал возбуждается колебание молекул материала с частотой 70...120 млн. мегациклов в секунду, благодаря чему происходит быстрый внутренний нагрев зерна и резкое повышение давления паров воды в нем. Это приводит к большим физико-химическим и биологическим изменениям. Зерно размягчается, разбухает, вспучивается, растрескивается. Если такое зерно сразу подвергнуть плющению, происходит почти полная клейстеризация крахмала, что повышает его переваримость и питательную ценность.

Источником ИК-лучей могут быть как специальные электрические лампы накаливания, так и керамические элементы, внутри которых

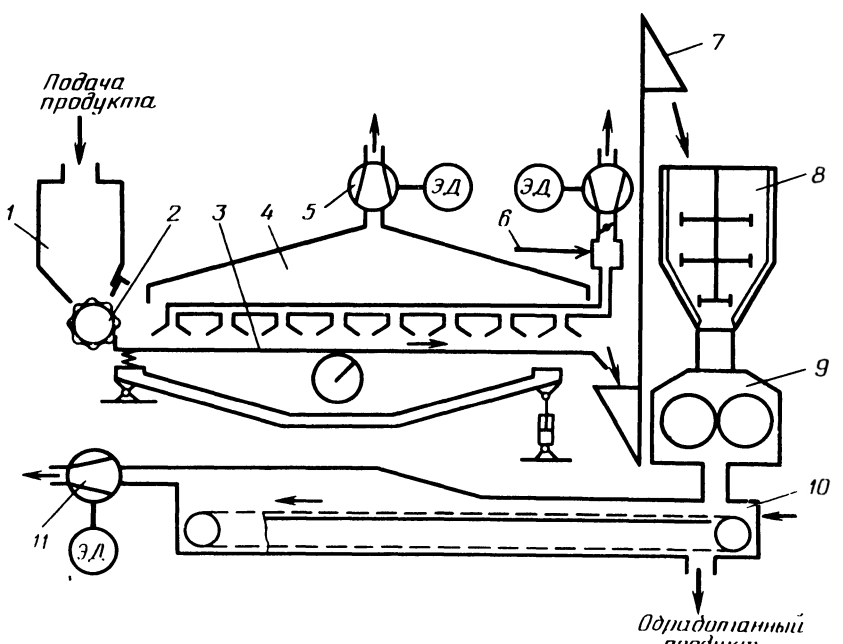


Рис. 49. Схема установки-микронизатора с газовой печью фирмы "Микронайзинг" (Великобритания):

1 – питающий бункер; *2* – питатель; *3* – вибрационный конвейер; *4* – газовая печь с поверхностью нагрева до 120...180 °С; *5* – удаление продуктов сгорания; *6* – подача газа; *7* – нория; *8* – бункер с ворошителем; *9* – плющильный станок; *10* – конвейер-охладитель; *11* – выход охлаждающего воздуха.

сгорает природный газ или пропан. В последнем случае говорят о применении газовых печей.

Области применения ИК-обработки – производство комбикормов, пивоваренная и спиртовая промышленности, хлебопечение, производство экстрактов, пищевых продуктов, например обработка какао-бобов и орехов.

Фирма "Микронайзинг" выпускает два типоразмера установок для микронизации: "Микро-Ред-10" и "Микро-Ред-20" производительностью 1 и 2 т/ч соответственно.

Основные элементы установки (рис. 49): питатель вибрационного типа с регулируемым приводом в диапазоне 0...4 т/ч; собственно микронизатор с виброконвейером, газовой печью мощностью 204 кВт, системой охлаждения, системой подачи, зажигания и регулирования сгорания газа, контроля факела; нория, два бункера – питающий и промежуточный с ворошителем для обработанного зерна, плющильный станок, охладитель ленточного типа с регулируемым приводом.

Зерна злаковых нагревают до 90 °С в течение 45 с, затем их надо плющить. Чем тоньше пластинка хлопьев, тем доступнее крахмал. В то же время нельзя их перегревать, так как снижается переваримость крахмала и падает общая эффективность обработки (табл. 42).

42. Усвоение крахмала зерна кукурузы (по Уилкинсону), %

Режим обработки	Усвоение крахмала с использованием ферментов	
	аминоглюкозидазы	панкреатина
Измельчение (контроль)	73	43
Микронизация:		
с пониженной температурой	83	61
оптимальный нагрев	93	74
с перегревом	88	73
с плющением	100	100

Усвоение крахмала других злаковых по сравнению с кукурузой происходит по-разному (табл. 43).

43. Усвоение крахмала использованием фермента панкреатина, %

Культура	Измельчение	Микронизация
Кукуруза	43	74
Пшеница	28	90
Ячмень	32	98
Просо, сорго	48	72
Овес	50	80

При обработке проса и сорго Ик-лучами снижается содержание танина в зерне. При обработке, например, проса содержание танина уменьшается в пять раз – 1 % в сыром зерне и 0,19 % в микронизированном.

Использование микронизированного зерна пшеницы и кукурузы обеспечивает удовлетворительный переход неполностью развившейся системы пищеварения поросят с молока на зерновые рационы при одновременном повышении конверсии корма. В такие рационы необходимо вводить минимум 30...40 % микронизированного зерна, измельченного в молотковой дробилке с установкой сита с отверстиями ø 3 мм. Комбикорм надо гранулировать, пропуская через матрицы с размерами фильер 3 мм. Аналогичные соотношения можно выдерживать при разработке рационов питания молодняка норки.

В смешанных рационах с грубыми кормами, предназначенными молочным коровам, мясным породам скота, телятам, лошадям, козам, кроликам, а также в комбикормах для собак можно микронизировать все вводимое зерно.

Микронизированный ячмень в комбикормах для лошадей способствует высвобождению большей части энергии корма в тонком кишечнике, благодаря чему рациональнее расходуется энергия всего корма.

Фирма "Микронайзинг" предлагает также использовать микронизаторы для обработки зерна, пораженного плесенью в процессе хранения. В результате снижается уровень обсеменения бактериями, грибами, дрожжевыми клетками зерна злаковых и бобовых, уменьшается привкус и запах заплесневелости.

Особый интерес представляет микронизация бобов сои, т. е. бобов с полным составом жиров. Одна из проблем заключается в инактивации антипитательных веществ, ингибиторов пищеварительных ферментов, которая вполне достигается. Другая – в высвобождении энергии жира при тонком измельчении микронизированных соевых бобов, подвергнутых плющению.

Если после размола размер частиц 1 мм, можно сделать доступными только 30 % масла. При тонком измельчении до размера частиц 0,25 мм становится доступным уже 90 % содержащегося в бобах масла. Следует еще раз отметить значение плющения бобов. Микронизация, измельчение (без плющения) делает доступным только 50 % масла; плющение после микронизации с последующим измельчением – до 90 %, микронизация, плющение без последующего измельчения – 80 %.

Увлажнение соевых бобов с последующим выравниванием влажности (кондиционированием) приводит к повышению эластичности клеток, в которых заключен жир, плющильные валки их полностью не разрушают, уровень доступного масла снижается до 65 %. Обрабатывать соевые бобы поэтому следует без увлажнения.

Ввод микронизированных соевых бобов в состав комбикорма дает положительный эффект в процессе гранулирования – повышается производительность прессов-грануляторов, снижается износ матриц.

Включение микронизированных бобов позволяет обеспечить содер-

жание жира в комбикормах для бройлеров до 5 %. Остальной жир (2...3 %) в виде кормовых жиров животного происхождения должен быть введен дополнительно.

Данные сравнительных анализов сырых и микронизированных соевых бобов показывают весь комплекс происходящих в них биохимических изменений; одним из важнейших моментов является высвобождение обменной энергии (табл. 44).

44. Физико-химические показатели бобов сои до и после обработки, %

Наименование	Соя	
	сырая	микронизированная
Влажность	9,48	7,30
Экстрактивные вещества	15,28	20,75
Сырой жир	20,90	21,90
Сырой протеин	38,33	38,85
Клетчатка	8,48	4,40
Зола	4,85	5,00
Лизин	2,05	2,01
Обменная энергия, ккал/кг	1700	3450
Содержание уреазы, ед/г	8000	6

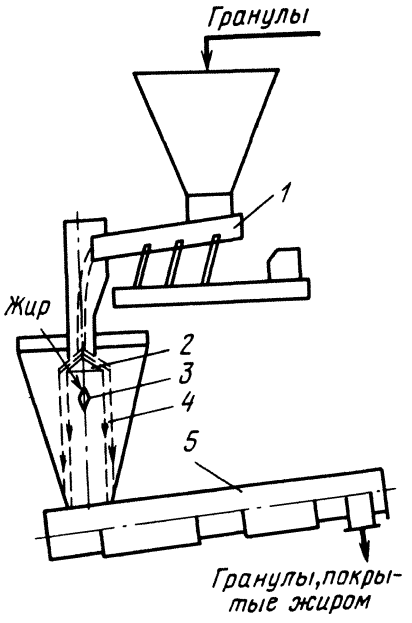
СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВВОДА ЖИРА В КОМБИКОРМА

Жир – один из самых высокоэнергетических кормовых средств. Содержание энергии в жире в 2,5...3,0 раза выше, чем в зерне. По данным S. Trickett (Великобритания), наиболее экономически выгодно вводить жир в состав комбикормов для свиней, бройлеров и крупного рогатого скота. Введение жира улучшает коэффициент конверсии корма в результате снижения количества расходуемых кормовых средств.

Подогретый жир принимают в два танка, вместимостью по 20...25 т каждый, с теплоизоляцией и подогревом. Жир вводят или в смеситель порционного типа, или наносят на поверхность гранул в специальной машине.

Вибродозатор (рис. 50) подает гранулы на вращающийся конический диск, который разбрасывает их по периферии. Снизу под диском расположена разбрызгивающая насадка, диспергирующая жир, подогретый до 82 °С. При встрече горячих капелек жира с гранулами происходит их удержание на поверхности и почти полная адсорбция, т. е. впитывание в пористую структуру гранул.

При вводе в главный смеситель подача жира происходит периодически. Для того чтобы предотвратить остывание жира, ему дают свободно циркулировать по замкнутому контуру (рис. 51). Температура поверхности нагревателя 85 °С. В главный смеситель можно вводить до



3 % жира при производительности до 30 т/ч по поступающему комбикорму и до 6 % при производительности до 20 т/ч.

При вводе 3 % жира в смеситель вместимостью 3 т мощность электрического нагревателя должна быть 16,7 кВт (нагрев с 50 до 82 °С), а во втором случае – 22,4 кВт. Для поддержания минимальной температуры в баке для жира 50 °С требуется мощность электрических нагревателей (ТЭН) 5 кВт. Суммарная мощность на нагрев жира составит 44,2 кВт.

На адсорбцию влияют температура комбикорма и жира, время

Рис. 50. Схема установки для нанесения жира на поверхность гранул:

***1* – вибродозатор; *2* – диск-разбрызгиватель; *3* – форсунка; *4* – путь гранул; *5* – шнек.**

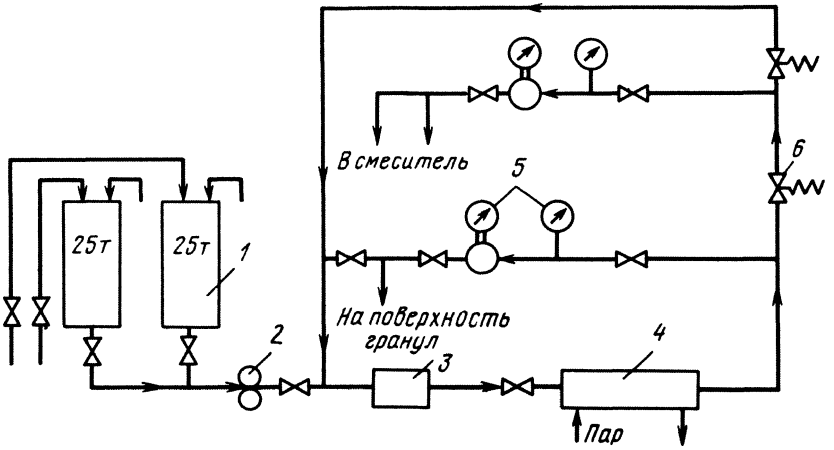


Рис. 51. Схема трубной обвязки с циркуляцией жира по замкнутому контуру:

***1* – танк приема и хранения жира; *2* – двойной фильтр; *3* – насос; *4* – нагреватель и регулятор температуры жира; *5* – счетчик расхода и манометр; *6* – регулятор давления.**

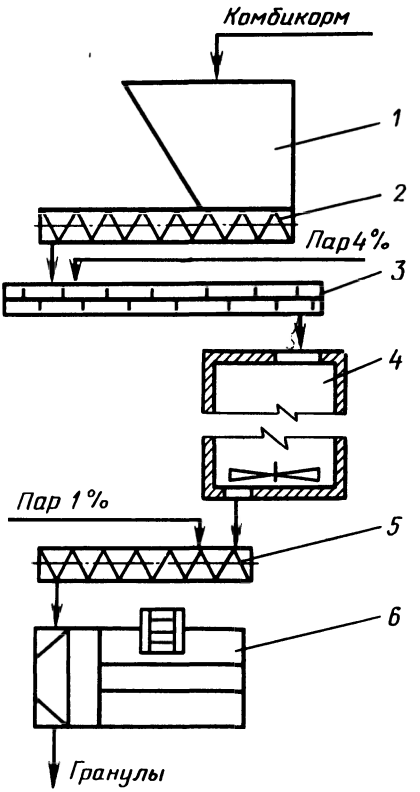


Рис. 52. Схема гранулирования с применением кондиционера-выдерживателя:

1 – бункер; *2* – дозатор; *3* – кондиционер-смеситель; *4* – кондиционер-выдерживатель; *5* – дозатор; *6* – пресс-гранулятор.

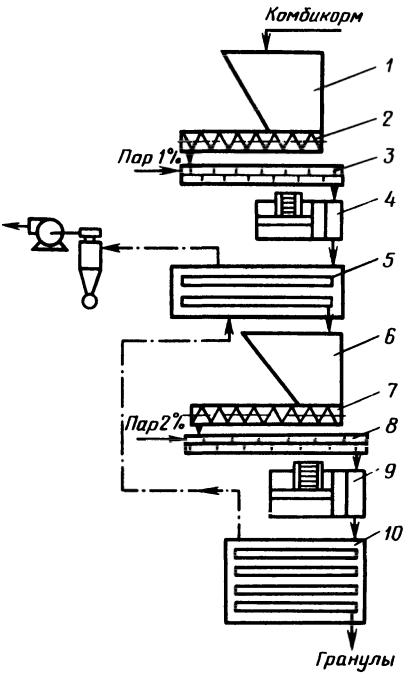


Рис. 53. Двухступенчатое гранулирование:

1, 6 – бункер; *2, 7* – дозатор; *3, 8* – кондиционер-смеситель; *4, 9* – пресс-гранулятор; *5* – промежуточный двухъярусный охладитель ленточного типа; *10* – четырехъярусный охладитель ленточного типа.

обработки, пористость структуры продукта, а в ряде случаев и давление подаваемого жира. В порционный смеситель жир (90 кг) подают в первую минуту смешивания, с тем чтобы за оставшиеся 3 мин жир успел равномерно распределиться в массе продукта и впитаться.

Последующее гранулирование рассыпного комбикорма с введенными в него 3 % жира дает гранулы хорошего качества, процесс гранулирования улучшается.

Вводом в состав комбикорма масличных культур можно общую

жиромасличность увеличить до 7 %. При использовании жира особенно важно правильно проводить операцию кондиционирования перед прессованием. Поскольку кормовые жиры обладают определенной кислотностью, необходимо применять матрицы из нержавеющей стали.

Дальнейшую возможность улучшения кондиционирования комбикорма перед гранулированием дает применение кондиционера-выдерживателя (рис. 52). Комбикорма для птицы в нем находятся 3...4 мин, а для КРС – 20...30 мин. Распределение жира в массе комбикорма при такой обработке происходит равномерно.

Двухступенчатое гранулирование позволяет получить гранулы хорошего качества с повышенным содержанием жира (рис. 53). В этом случае можно изготовить, например, хорошие гранулы для бройлеров с содержанием 4...5 % жира при сниженном расходе пара на процесс до 1 % на первой ступени и 2 % – на второй.

Вводимое количество жира методом разбрызгивания зависит от суммарной площади поверхности гранул. Чем меньше их диаметр, тем общая внешняя поверхность больше, тем больше адсорбционная способность гранул (табл. 45).

45. Адсорбционная способность гранул комбикорма

Диаметр гранул, мм	Длина гранул $L = 2D$, мм	Площадь поверхности гранулы, мм^2	Отношение поверхности к объему	Добавление жира, %
3	6	71	1,67	6,0
4	8	126	1,25	4,5
6	12	283	0,83	3,0
8	16	502	0,62	2,25
10	16	785	0,50	1,81

Существует допустимый нижний предел добавления жира, менее которого нельзя добиться его равномерного распределения по поверхности гранул. Эта граница проходит в районе 1,5 %.

Глава 5

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТЕХНОХИМИЧЕСКОГО И ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

В ходе подготовки к производству комбикормовой продукции и в процессе самого производства необходимо контролировать:

качество поставляемого сырья предприятиями различных министерств;

качество сырья, поставляемого по импорту (зерно, шроты, тапиоковая мука);

качество сырья, поставляемого с предприятий системы Министер-

ства хлебопродуктов СССР (зерно, отруби, мучки, другое сырье при переадресовках);

качество сырья, передаваемого в производство, особенно в случаях его длительного хранения;

ход технологического процесса, качество выполнения каждой технологической операции;

качество выработанной комбикормовой продукции в порядке подготовки к отправке ее потребителям;

качество продукции на складах потребителя или перевозчика (после транспортирования и хранения).

В случае расхождения данных по оценке качества сырья или комбикормовой продукции необходим арбитражный контроль. Для проведения этой большой по объему постоянной работы, требующей высокой квалификации персонала, специальных лабораторий и их приборного оснащения, специальных реактивов и времени для выполнения анализов, а во многих случаях и времени на пересыпку образцов или выездов специалистов (в случае арбитражных анализов), создана и функционирует система технохимического контроля. Отдельные звенья этой системы предусматривают следующее:

объективность и достоверность показателей качества сырья и комбикормовой продукции, по показателям качества, заполняемым предприятиями-поставщиками сырья и комбикормовыми предприятиями;

полноту информации по показателям государственных стандартов и другим специальным показателям в соответствии с НТД и особенностями сырья или продукции;

изучение динамики изменения качества в зависимости от условий и сроков хранения и транспортирования;

единообразие методик, методов и приборов для определения тех или иных показателей качества, обеспечивающих сходимость результатов анализа;

соответствующий уровень подготовленности лаборантского состава, техников и инженеров-химиков и другого персонала, занятого проведением анализов.

Основной объем работы по технохимической оценке качества сырья и готовой продукции проводят производственно-технологические лаборатории (ПТЛ) комбикормовых заводов. Они контролируют сырье и продукцию на соответствие показателям стандартов.

В схемах контроля приведены показатели, по которым проводят контроль: места отбора проб, частоты выемок и повторность анализов. Основное внимание в ПТЛ должно быть сосредоточено на доброкачественности сырья, его правильной приемке и размещении, очередности использования, соответствии показателям НТД и сопровождающим документам.

Много значит органолептический контроль. Осмотр каждой прибывающей партии сырья, отбор представительных проб, их технический, а в ряде случаев и химический анализ исключительно важны. В ряде случа-

ев, установленных нормативными документами, проводят бактериологические и токсикологические исследования. Цель всей работы сводится к получению объективной и достоверной информации о качестве сырья. На основании этого ПТЛ формируют исходные данные для размещения сырья и направления его в производство на выработку той или иной комбикормовой продукции. Одновременно формулируют различного рода ограничения в использовании сырья отдельных видов. К факторам, особо ограничивающим ввод компонентов в состав комбикорма, относятся:

содержание остаточных углеводородов в БВК;

показатель уреазы в соевом шроте;

наличие афлотоксинов сверх ПДК в арахисовом шроте;

наличие госсипола сверх установленного НТД в хлопковом шроте;

повышенная бактериальная обсемененность в рыбной и мясокостной муке, сухом обезжиренном молоке, альбумине;

повышенная кислотность в жире кормовом;

признаки токсичности в зерновом и сырье других видов;

наличие нитритов и нитратов в травяной витаминной муке и сырье других видов;

наличие посторонних химических соединений и ядохимикатов типа пестицидов и гербицидов;

соли тяжелых металлов сверх установленных ПДК в минеральном сырье и другие показатели.

На основании объективных данных о качестве сырья и его наличии, с учетом ограничений и стоимости сырья формируют запрос в РИВЦ или ИВЦ на расчет показателей исполнительного рецепта.

Исполнительные рецепты рассчитывают на ЭВМ для каждой партии комбикорма и передают на реализацию комбикормовому заводу. Результаты расчета представляют собой состав комбикорма с указанием процента ввода каждого компонента, стоимостные показатели, а также показатели качества: кормовые единицы; обменная энергия (для птицы); содержание сырого протеина, жира, клетчатки, кальция, фосфора, аминокислот (метионина, цистина, лизина).

Комбикорм каждого вида должен соответствовать показателям соответствующих ГОСТ или ОСТ. В число показателей, кроме тех, что упомянуты при расчете рецептов, входят влажность, крупность помола, содержание металломагнитных примесей, ограничения по обсемененности микроорганизмами (для промышленных комплексов).

В процессе выработки комбикорма по установленному рецепту выполняют два вида контроля: производственный, проводимый обслуживающим технологическим персоналом, и контроль со стороны производственно-технологической лаборатории.

Производственный контроль подразумевает поддержание эффективности работы всего комплекса технологического оборудования, заданных режимов работы при очистке сырья, измельчении, просеивании продуктов размола, дозировании, смешивании, гранулировании, вводе жидких компонентов, выделении металломагнитных примесей.

Рабочие места производственного персонала должны быть метрологически обеспечены для контроля за работой технологического оборудования и машин.

Например, снабжены приборами и методами контроля, инструкциями, расчетными таблицами. При аттестации рабочих мест все это обязательно проверяют.

Работники ПТЛ выборочно контролируют ход производственного процесса и сосредоточивают внимание на особо важных вопросах формирования качества готовой продукции.

На каждую партию готовой продукции оформляют удостоверение о качестве, в котором показывают как расчетные, так и фактические показатели.

В связи с задачей повышения производительности труда в отрасли предусматривается сократить до минимума общее число анализов, оснастить лаборатории высокопроизводительными приборами для массового проведения основных анализов во многих параллельных пробах, разработать и использовать экспресс-методы, механизировать заполнение сопроводительных документов о качестве и ряд других задач.

В то же время сокращение числа анализов должно строиться на увеличении достоверности и оперативности результатов, ликвидации второстепенных и повторяющихся анализов.

Данные лаборатории о качестве сырья и готовой продукции совместно с данными о производстве служат основой для ведения количественно-качественного оперативного учета. Ежегодно по проведении инвентаризации уточняют фактические данные об усушке и механических потерях в ходе производства и вносят необходимые уточнения в отчетность.

ПТЛ принимает участие в разработке мероприятий по борьбе с зараженностью сырья амбарными вредителями, грызунами и следит за их выполнением в установленные сроки. Ее работники контролируют санитарное состояние производственных, складских помещений, территории предприятия и выставляют бригадам оценки, которые влияют на итоги соцсоревнования.

Лаборатории наряду с руководством предприятия и цехов отвечают за соблюдение ветеринарно-санитарных правил и Правил организации и ведения технологического процесса и других нормативных документов. Они проверяют санитарное состояние (чистоту, наличие посторонних запахов, зараженности), железнодорожных вагонов и автомобилей, подаваемых под погрузку комбикормов, устанавливают их пригодность к транспортированию данной продукции.

ПТЛ комбикормовых заводов участвуют в разработке и выполнении мероприятий по повышению качества продукции, предупреждению брака, проведению дней качества, в том числе с участием потребителей комбикормовой продукции.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Центральная производственная лаборатория комбикормовой промышленности (ЦПЛКП) организует и проводит контроль за качеством сырья всех видов, поставляемого комбикормовой промышленности. Она контролирует также качество готовой продукции, хотя основное слово здесь принадлежит потребителям. Лаборатория служит центром по внедрению в практику достижений науки и передового опыта в области организации и проведения технохимического контроля, включая методы анализа и приборное обеспечение, обеспечение НТД. Она принимает активное участие в организации и проведении семинаров и Всесоюзных смотров качества комбикормовой продукции.

ЦПЛКП – это и методический центр для республиканских и зональных лабораторий, участвует в аттестации кадров лабораторий, занимается вопросами метрологического обеспечения, участвует в решении споров о качестве комбикормов, БВД, премиксов. Ее заключения о качестве поставляемого сырья в соответствии с решением правительства обязательны для всех предприятий, организаций и учреждений, независимо от их ведомственной подчиненности.

РЕСПУБЛИКАНСКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В каждой республике созданы и работают республиканские производственные лаборатории комбикормовой промышленности (РПЛКП). Они представляют в республике ведущее звено в оценке качества поставляемого сырья, контролируют качество комбикормовой продукции, а в отношении зональных и производственных лабораторий служат методическими центрами. Работа их протекает в русле указанных прав и обязанностей в отношении ЦПЛКП – представляют необходимую информацию.

РПЛКП по разработанному плану проверяют работу комбикормовых заводов по перечню вопросов, входящих в их компетенцию, организуют семинары и смотры качества, участвуют в рассмотрении конфликтных ситуаций при решении арбитражных вопросов.

Оснащение республиканских лабораторий должно позволять проведение контроля качества сырья и продукции не только по нормируемым показателям, но и в единичном порядке по специфическим показателям, таким как микотоксины, соли тяжелых металлов, определение фонового содержания вредных и ядовитых веществ в сырье и продукции, а также контроль за содержанием активного начала в витаминах, антибиотиках, аминокислотах, ферментных и других препаратах, содержание остаточных углеводородов, в том числе ароматических.

РПЛКП должны изучать причины выпуска предприятиями нестандартной продукции и вносить предложения управлениям хлебопродуктов и предприятиям по их устранению. Кроме того, лаборатории обобщают

данные анализов по химическому составу сырья и вносят предложения по уточнению таблиц питательности, применяемых при расчете рецептов комбикормов.

ЗОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В РСФСР, Украинской ССР и Казахской ССР существуют зональные лаборатории, проводящие работу в зоне – ряде смежных областей. В Российской Федерации таких лабораторий восемь, в Украинской ССР – пять и в Казахской ССР – две. Зональные лаборатории работают в сфере той же ответственности, что и республиканские, разделяя зоны активной деятельности. Они изучают качество сырья и продукции, всесторонне проверяют деятельность заводских ПТЛ, проводят областные и межобластные смотры качества, увязывают качество продукции с соблюдением режимов работы оборудования, квалификацией работающих, уровнем организации производственного процесса. В частности, зональные лаборатории участвуют в решении спорных вопросов по качеству сырья и комбикормовой продукции. Например, рассматривают и дают заключения по рекламациям, которые комбикормовые предприятия предъявляют поставщикам незернового сырья.

Зональные лаборатории изучают, обобщают и пропагандируют передовой опыт работы комбикормовых заводов в целом и в особенности работу ПТЛ, методы анализа, приборы, организацию проведения массовых и специальных анализов.

Зональная лаборатория способствует обеспечению заводских лабораторий химреактивами и лабораторным оборудованием. Для контроля за профессиональной квалификацией лаборантского состава, инженеров и химиков лаборатория высылает ПТЛ заводов зашифрованные контрольные образцы сырья, комбикормов, БВД, премиксов, карбамидного концентрата и оценивают результаты анализов.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВЕДОМСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Ведомственный контроль за качеством вырабатываемой комбикормовой продукции могут проводить республиканские и зональные производственные лаборатории с участием работников областного звена, представителями отделов качества и стандартов республиканских министерств хлебопродуктов, службы ГХИ, а также иногда ЦПЛКП.

Проверке может подлежать как деятельность комбикормового завода по вопросам качества продукции, так и в более узком плане – работа ПТЛ.

Деятельность комбикормового завода проверяют по следующим показателям:

качество вырабатываемой продукции;

качество принимаемого и направляемого в переработку сырья;

причины, вызывающие или которые могут вызвать выработку нестандартной продукции;

соответствие построения процесса производства утвержденным правилам, соблюдение установленных режимов работы;

соблюдение ветеринарно-санитарных правил, состояние складских, производственных, бытовых и вспомогательных помещений, микроклимата, обеспеченность спецодеждой, режим питания людей;

метрологическое обеспечение;

выполнение предприятием принятых организационно-технических мероприятий, выводов предыдущих комиссий, предписаний вышестоящих организаций, ход подготовки и проведения мероприятий по выпуску продукции в соответствии со вступившими в силу новыми ГОСТ, претензии потребителей, оформление рекламаций по качеству сырья.

Оценку качества сырья и готовой продукции проводят непосредственно в лаборатории предприятия; образцы могут быть отправлены также в республиканскую или зональную лаборатории.

По результатам проверки составляют акт, в котором находят отражение все рассматриваемые вопросы, делаются выводы, формируются предложения по устранению выявленных недостатков, указываются сроки их устранения.

Организацию и работу ПТЛ проверяют по следующим пунктам:

соответствие выполнения анализов сырья и продукции ГОСТ и другой НТД;

ведение лабораторной документации;

оснащенность лаборатории приборами, другими техническими средствами проведения анализов, наличие стеклянной посуды, химреактивов;

наличие ГОСТ, ОСТ, ТУ, прочей НТД на сырье, продукцию, технологический процесс, поступление и регистрацию изменений к НТД;

квалификация и подбор кадров, система повышения их квалификации, выполнение требований охраны труда и техники безопасности;

содержание лабораторных животных, рыбок гуппи, соблюдение правил работы с ними.

По результатам проверки лаборатории составляют акт с отражением в нем оценки деятельности лаборатории, выводов и предложений по улучшению ее работы с указанием исполнения замечаний, сроков и ответственных. В случае несогласия представителей ПТЛ с выводами или предложениями комиссии они обязаны изложить свои замечания в отдельном приложении.

Акт составляют в трех-четырех экземплярах: один вручают начальнику ПТЛ для принятия соответствующих мер, второй – направляют в вышестоящую организацию для сведения и оказания помощи предприятию в улучшении его работы, третий – направляют в ЦПЛКП или в РПЛКП в зависимости от того, кто проводил проверку.

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ

Во многом объективность анализа качества сырья или продукции зависит от правильности отбора проб. Если пробы были отобраны с нарушениями установленных (пусть и достаточно сложных) правил, дальнейшее оперирование с полученными данными теряет юридическую силу и результаты могут быть минимальными.

Пробы сырья и комбикормовой продукции нужно отбирать в строгом соответствии с действующими стандартами на методы определения их качества. При отборе проб для арбитражных анализов обязательно присутствие представителей РПЛКП (ЗПЛКП) и заинтересованных организаций, а при отборе проб зернового сырья – представителя ГХИ.

При отборе проб для контроля условий хранения, подготовки сырья к вводу в комбикорма необходимо участие представителя производственного цеха (участка).

Акт отбора проб, например сырья, составляет комиссия. В нем указывают дату и предприятие, где отобраны пробы, состав комиссии, ГОСТ, по которому взяты представительные пробы, вид сырья, его массу, место отбора, дату выработки данной партии, наименование поставщика, дату отгрузки, вид упаковки, массу пробы, цель отбора пробы.

При отправке отобранной пробы на анализ к ней прикладывают карточку, в которой указывают, куда и откуда отправлена проба; копию удостоверения о качестве сырья, составленную по данным изготовителя; копию рекламации потребителю. Опечатанную контрольную пробу оставляют в лаборатории предприятия.

Пробы при поступлении в ЦПЛКП (РПЛКП) регистрируют, присваивают ей лабораторный номер, выделяют пробу для анализов и контрольного хранения и готовят пробу к проведению анализов, дав ей сопроводительный формуляр.

Порядок анализов может быть принят следующий: определение влажности; микробиологические показатели; биологически активные вещества; химико-токсикологические показатели; биохимические показатели; технические анализы.

Если позволяют условия, анализы можно выполнить по всем показателям одновременно. Данные анализов заносят в рабочие журналы и сопроводительный формуляр. На основании их составляют заключение о качестве представленного образца, его соответствии показателям НТД и при необходимости дают рекомендации по использованию партий анализируемого сырья или комбикормовой продукции.

При поступлении зерна на арбитражные анализы лаборатория выполняет только те из них, которые указаны в сопроводительном документе. Срок выполнения анализов не должен превышать десять дней со дня поступления проб.

Результаты арбитражных анализов РПЛКП (ЗПЛКП) сообщает заинтересованным предприятиям и вышестоящим организациям. Руководители последних согласно существующему положению обязаны принять

меры по повышению качества выпускаемой продукции и в месячный срок сообщить лаборатории о принятых мерах.

Забракованное по результатам арбитражных анализов сырье может быть возвращено поставщику либо снижена его сортность. Возможна подработка сырья на предприятиях потребителя с отнесением расходов на счет поставщика.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ И СЫРЬЯ

Государственный контроль (госконтроль) за качеством комбикормов, БВД, премиксов и сырья, поставляемого на их выработку, выполняет Госстандарт СССР и его органы на местах – лаборатории государственного надзора (ЛГН). Как правило, ЛГН проводят свою работу планово с привлечением потребителей, специализированных лабораторий, организаций, подразделений или представителей НИИ и других организаций по своему усмотрению.

Выявленные несоответствия фактических показателей качества и показателей НТД считают нарушениями и оформляют соответствующими актами с наложением санкций. Забракованную по тем или иным показателям партию продукции снимают с реализации и изымают полученную от нее прибыль. Должностные лица, виновные в выпуске нестандартной продукции, несут материальную, административную, а в ряде случаев и уголовную ответственность. По результатам выявленных Госстандартом СССР нарушений технологического процесса, отклонений качества продукции нужно принимать незамедлительные меры. Результаты проверок сообщают вышестоящим организациям для принятия мер, они должны быть обнародованы и стать предметом обсуждения в трудовых коллективах. В управлениях и министерствах такие сообщения не снимают с контроля до полного выполнения установленных мероприятий по повышению качества продукции.

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Рационализация в организации и проведения технохимического контроля на комбикормовых заводах базируется на следующих основных положениях:

повышение достоверности данных о качестве сырья, указыаемых в сопроводительных документах;

повышение ответственности производственного персонала за качество выполнения каждой технологической операции и передача в связи с этим ряда анализов, не требующих специальных приборов и подготовки, на исполнение технологического персонала;

передача выполнения ряда анализов ЗПЛКП и РПЛКП главным образом анализов, выполняемых "выборочно", "при необходимости", "по усмотрению";

сокращение частоты проведения ряда анализов, относимых к второ-

степенным и, как показала практика, в меньшей степени влияющих на формирование нормируемых показателей, а также полная отмена ряда анализов, признанных ненужными.

Указанную рационализацию отрабатывал ВНИИКП ВНПО "Комбикорм" совместно с базовыми предприятиями, в качестве которых были выбраны Болшевский, Кишиневский, Капсукский (Литовская ССР) комбикормовые заводы. По результатам опробования было принято решение о внедрении скорректированной схемы технохимического контроля в практику (табл. 46).

46. Скорректированная схема технохимического контроля

Вид анализа	Схема анализа	
	действовавшая до 1.01.1987 г.	рационализация по результатам эксперимента
Зерновое сырье:		
содержание сорной примеси	Каждая партия	При необходимости
то же зерновой примеси	По усмотрению	Не предусмотрено
зараженность вредителями хлебных запасов	Каждая партия	При необходимости
содержание сырой клетчатки	По усмотрению	Не предусмотрено
то же сырого протеина	"	Выборочно
Мучнистое сырье:		
зараженность вредителями хлебных запасов	Каждая партия	Не предусмотрено
металломагнитная примесь	Выборочно	"
крупность	По усмотрению	"
содержание сырой клетчатки	"	"
Мясокостная мука:		
содержание сырой золы	Выборочно	При необходимости (РПЛКП)
остаток, нерастворимый в соляной кислоте	"	То же
содержание сырого жира	По усмотрению	"
Витаминная травяная мука:		
остаток, нерастворимый в соляной кислоте	"	"
нитриты и нитраты	"	"
содержание сырой клетчатки	"	Не предусмотрено
Сырье минерального происхождения:		
остаток, нерастворимый в соляной кислоте	"	При необходимости (РПЛКП)
содержание кальция и фосфора	"	По усмотрению (РПЛКП)
Премиксы – крупность	Каждая партия	Выборочно

Продолжение

Вид анализа	Схема анализа	
	действовавшая до 1.01.1987 г.	рационализация по результатам эксперимента
Гранулированное сырье – мелкая фракция (проход сита ø 2 мм)	Не предусмотрено	Выборочно
Очищенное сырье (в ходе технологического процесса) – наличие крупных примесей	1 раз в смену	1 раз в смену обязательно (производственным персоналом – ПП)
Отходы – на содержание полезного зерна	То же	То же
Продукты измельчения зерна:		
содержание целых зерен (остаток на ситах ø 2,3 и 5 мм)	Через каждые 2 ч работы (ПТЛ)	Через каждые 2 ч работы (ПП)
Дозирование – проверка точности дозирования	Не менее 2-х раз в смену (ПТЛ)	Не менее 2-х раз в смену (ПП)
Смешивание – проверка продолжительности цикла и времени смешивания	Не предусмотрено	1 раз в смену обязательно (ПП)
Отбор проб готовой продукции для проведения анализов:	Через 2 ч работы (ПТЛ)	Через 2 ч работы (ПП)
наличие целых зерен	То же	То же
крупность	"	"
металломагнитная примесь	"	"
содержание сырой клетчатки	В среднесменных образцах комбикормов для птиц, молодняка животных; в остальных – выборочно	Два раза в месяц (для каждой бригады)
остаток, нерастворимый в соляной кислоте (содержание песка)	Выборочно	То же
содержание кальция и фосфора	Выборочно (в комбикормах для птиц, живкомплексов)	Не предусмотрено
Контроль гранулированной готовой продукции (длина, диаметр гранул, проход через сито ø 2 мм)	Через 2 ч работы (ПТЛ)	Через 2 ч работы (ПП)
Контроль качества комбикорма при отправке потребителю:		
крупность, наличие целых зерен	Не предусмотрено	При необходимости (по бригадам)
содержание поваренной соли	То же	То же
содержание сырого протеина	"	"

Кроме указанного в таблице, производственному персоналу вменено в обязанность проверять санитарное состояние складов, транспортных средств, тары, определять органолептические показатели прибывающего и хранящегося сырья, температуру сырья при хранении, а также проводить внешний осмотр сырья при приемке и передаче в производство (визуальный контроль в тех случаях, когда это возможно), проверять готовность силосов к заполнению продукцией, правильность использования силосов и бункеров для готовой продукции, контролировать ввод в комбикорма жидких компонентов.

Рационализированная система технохимического контроля позволяет сократить в год до 20 тыс. анализов общей трудоемкостью до 11 тыс. чел.· ч в год, высвободить 4...6 человек, сэкономить химикаты. При этом в результате ответственной работы производственного персонала и активного участия республиканских лабораторий качество выпускаемой продукции не ухудшается. В других случаях, когда республиканские и зональные лаборатории удалены на большие расстояния, целесообразность передачи им ряда анализов должна быть оценена дополнительно.

Глава 6
ПОЖАРО-ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ НА КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДАХ

Комбикормовые производства относят к пожаро-взрывоопасным. Согласно Правилам пожарной безопасности помещения пожаро-взрывоопасных производств категории Б относят к взрывоопасным класса В-IIА, а пожароопасных производства категории В – к пожароопасным класса П-II. Класс помещения или зоны определяет требования к устройству электроустановок.

Пожаро-взрывоопасными производствами называют такие, в которых имеются горючие пыли с нижним концентрированным пределом воспламенения (НКПВ) 65 г/м^3 и менее при условии, что из таких пылей могут образоваться взрывоопасные смеси в объеме более 5 % объема помещения. НКПВ для большинства органических компонентов, используемых при производстве комбикормов, находится в пределах 10...50 г/м^3 в зависимости от их физико-химических свойств. Верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПВ) достигает 2000 кг/м^3 . Выше ВКПВ органическая пыль не может быть взорвана ни при каких условиях.

Места возникновения взрывов и их частота на комбикормовых заводах распределяются следующим образом, %

Бункера и силосы	48
Оборудование	34
Производственные помещения	10
Аспирационные сети	2
Не установлено	6
Всего	100

Из общего числа случаев первичных взрывов в оборудовании 47 % приходится на нории. Напрашивается вывод: необходимо улучшить конструкцию норий, правильно их эксплуатировать, строже относиться к монтажу и наладке.

Анализ статистики мощных разрушительных взрывов позволил представить следующие места их зарождения и частоту возникновения, %:

Производственные помещения	33
Силосы	25
Бункера	25
Надсилосный этаж	10
Аспирационные сети	7
Всего	100

Технические и организационно-технические причины взрывов и их частоту классифицируют следующим образом:

Нарушение правил ведения огневых работ	23
Попадание посторонних предметов в нории, пробуксовка, перекос, падение ленты	21
Самовозгорание сырья	13
Неисправности молотковых дробилок, попадание в них металла	13
Нарушение правил пользования переносным электроинструментом, светильниками, обслуживания электроустановок	7
Нарушение правил ведения сушки	4
Привнесение открытого огня	2
Причины не установлены	17
Всего	100

К технической причине взрыва относят явление (например, попадание крупного металла в дробилку, искрение) или действия (ошибка при проведении сварочных работ, курение). К организационно-техническим – нарушение требований нормативной документации или ее несовершенство, повлекшее за собой появление технической причины.

Пылевоздушную смесь может зажечь какой-либо тепловой источник соответствующей мощности: газо- и электросварка, паяльная лампа, раскаленные поверхности трения в неисправных машинах, искры от неисправного электрооборудования и в момент короткого замыкания, самовозгорание органической пыли, сырья или продукции, разряды статического электричества, открытые спирали светильников и нагревательных приборов, спичка в момент зажигания или горения, горящая сигарета в момент затяжки, самовоспламенение промасленной ветоши.

Различают несколько режимов сгорания органической пыли – вспышку, локальный пылевой взрыв, одиночный развитый пылевой взрыв, серию мощных пылевых взрывов с катастрофическими послед-

ствиями. Они могут также переходить последовательно из одного в другой.

Вспышка – горение пылевоздушной смеси без повышения давления и без выделения газов. Локальный пылевой взрыв – сгорание пылевоздушной смеси в объеме аппарата, бункера, в ограниченной зоне помещения, происходящее с незначительным повышением давления, завершающееся без разрушительных последствий. Одиночный развитый пылевой взрыв приводит к разрушению части сооружения, оборудования, наносит определенный ущерб, вызывает остановку производства на непродолжительное время.

Серия мощных взрывов характеризуется следующими с нарастающей силой один за другим взрывами. Они сопровождаются шипением и гулом, приводят к катастрофическим последствиям и жертвам и завершаются нередко пожаром. Распространению отдельных локальных взрывов могут способствовать шахты норий, воздуховоды, лестничные клетки, подземные и надземные галереи, если они не локализуют взрыв. Поэтому к их устройству предъявляют определенные требования.

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ВЗРЫВОВ

К основным условиям возникновения и развития пылевых взрывов можно отнести следующие:

пылевой режим – характер и скорость образования пыли, ее выделение, осаждение на строительные конструкции, уборку, эффективность работы систем аспирации;

наличие связей между отдельными сооружениями, зданиями, помещениями разной категории;

междуэтажные проемы, отверстия в разделяющих стенках, отсутствие тамбур-шлюзов при выходе на лестничные клетки, противопожарные клапаны в стенах, через которые проходят ленточные конвейеры, вентиляционные отверстия, перепускные люки между бункерами и силосами, воздуховоды отопления большого сечения, проходящие через несколько этажей, недостаточная прочность перегородок;

отсутствие легкосбрасываемых конструкций и взрыворазрядителей в оборудовании, бункерах и силосах, недостаточная площадь остекления, отсутствие взрыворазрядных устройств в бункерах и т. д.;

применение единого монолитного покрытия над силосами и бункерами;

наличие развитых аспирационных сетей, объединяющих нижние и верхние этажи;

прохождение через силосы, бункера норийных труб обычной конструкции, которые не рассчитаны на остаточное давление взрыва;

отсутствие в ряде случаев в бункерах для трудносыпучего сырья подбункерных разгрузителей и побудителей;

отсутствие датчиков уровня в бункерах и силосах, датчиков подпора в цепных конвейерах, реле контроля пробуксовывания натяжного барабана и тормозных устройств на нориях;

отсутствие или неправильный расчет диаметров взрыворазрядителей, нарушение норм магнитной защиты перед измельчающим оборудованием, плохая эксплуатация магнитных колонок и аппаратов;

неправильная (ошибочная) адресовка трудносыпучего сырья и травяной муки в зерновые силосы, отсутствие или плохая эксплуатация систем термометрии в силосах для шротов;

отсутствие разработанных способов подавления очагов самовозгорания в силосах, ошибочные действия персонала при подавлении очагов самовозгорания;

использование электро- и газосварки в производственных помещениях, бункерах, предварительно не подготовленных для этих целей;

нарушение графиков планово-предупредительных и капитальных ремонтов, плохое качество ремонта;

низкая квалификация обслуживающего персонала, нарушения технологического процесса, нарушение трудовой дисциплины (курение), недостаточное обслуживание оборудования из-за неполного комплекта смен;

неэффективная работа систем аспирации, разгерметизация сетей и оборудования, отсутствие шлюзовых затворов, забивания сетей пылью.

Все перечисленные и другие условия создают повышенную вероятность возникновения взрывов, которая, к сожалению, может реализоваться при появлении конкретных причин – высокой запыленности, теплового источника, аварии, попадания металла, самовозгорания, искрения.

ОЦЕНКА ПОЖАРО-ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

В соответствии с ГОСТ 12.1.010–76 взрывобезопасность оценивают вероятностью возникновения взрыва на одном предприятии в течение года $P_{взр}$; воздействие опасных факторов на людей – вероятностью $P_{оп}$.

Вероятность $P_{взр}$ и $P_{оп}$ рассчитывают с применением понятий теории вероятностей, рассматривая комбикормовое предприятие как сложную систему.

Надежность работы сложных систем складывается из надежности отдельных элементов, узлов, связей:

надежность оборудования, средств управления (автоматики, блокировок, цепей управления), защиты электроустановок;

эффективность мер и мероприятий по взрывопредупреждению;

квалификация и условия труда обслуживающего персонала, связанные с вероятностью возникновения ошибок в его действиях в ходе ведения технологического процесса и во время проведения профилактических мероприятий – ППР, капитального ремонта;

вероятность нахождения людей в различных зонах обслуживаемого помещения, поведения людей в предаварийной и аварийной ситуациях;

вероятность попадания в производственный процесс некондиционного сырья, использование которого может привести к катастрофическим последствиям (шротов с повышенным содержанием остаточного

бензина, самосогревающихся продуктов, рассыпной травяной муки после огневой сушки с очагом тления), нарушение правил хранения сырья.

Последнее обстоятельство особенно часто проявляет себя, так как причины многих взрывов – именно нарушения правил и условий хранения сырья, что тоже связано с квалификацией кадров и действиями конкретных людей.

В соответствии с упомянутым ГОСТом необходимо обеспечить разработку таких технологических процессов, которые обеспечивали бы $P_{взр} \leqslant 1 \cdot 10^{-6}$ на любом взрывоопасном участке в течение года. При этом воздействие опасных факторов на людей в течение года также не должно превышать $P_{оп} \leqslant 1 \cdot 10^{-6}$ на каждого человека.

Такой же подход к разработке систем предотвращения пожара и пожарной защиты по каждому конкретному объекту – нормативная вероятность возникновения пожара не должна превышать $1 \cdot 10^{-6}$ в год на отдельного человека. Фактическая оценка взрывобезопасности предприятий отрасли, выполненная отраслевыми институтами, в 100 раз ниже установленной нормы, т. е. $1 \cdot 10^{-4}$. Это связано со многими уже упомянутыми факторами и недопустимо плохим пылевым режимом.

ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРО-ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

Для снижения вероятности поражения работающих и повышения пожаро-взрывобезопасности необходимо выполнять комплекс организационных и технических мероприятий.

Вспомогательные помещения для обслуживающего персонала (бытовки, красные уголки, комнаты отдыха) следует размещать в отдельно стоящих зданиях. Последние разрешается пристраивать в торце производственных зданий, если они относятся к категориям Г, Д или В. В производственных корпусах можно размещать диспетчерские, в которых не предусмотрено постоянное пребывание людей.

Не допускать использование подземных тоннелей, соединяющих силосные и производственные корпуса, поскольку они способны стать волноводами и пропускать без ослабления и локализации взрывную волну из одного здания в другое. Вместо них использовать транспортные галереи в надземном исполнении с легкосбрасываемыми ограждающими конструкциями. Не сооружать и не использовать внутренние монтажные проемы в производственных корпусах, поскольку они почти беспрепятственно могут пропустить взрывную волну снизу вверх и сверху вниз. Надсилосные перекрытия выполнять в виде отдельной плиты над каждым силосом или над группой смежных силосов, если между ними предусмотрены переточные окна.

Все строительные конструкции производственных участков и цехов, включая перегородки (особенно РП), двери, перекрытия, за исключением легкосбрасываемых, должны быть рассчитаны на дополнительную нагрузку от остаточного давления взрыва, равную 3,6 кПа. Под остаточным давлением понимают максимальное давление в защищаемом

объекте, возникающее при взрыве с учетом срабатывания системы взрыворазряжения.

На всех нориях устанавливать реле контроля скорости, включать их в блокировочные цепи, выводить данные о срабатывании на пульты управления. На нориях и цепных (винтовых) конвейерах устанавливать в открывающихся крышках датчики подпора. Силосы, бункера оборудовать датчиками верхнего и нижнего уровня. Нории, молотковые дробилки, включая импортные, должны быть в обязательном порядке снабжены взрыворазрядителями соответствующего сечения. Диаметр взрыворазрядителей согласно общим правилам рассчитывают, исходя из соотношения 0,0285 м^2 на 1 м^3 защищаемого внутреннего объема оборудования, отсюда

$$\Pi D^2 / 4 > 0{,}0285\, V_з,$$

где $V_з$ – внутренний защищаемый объем, который в случае норий зависит от высоты нории, м^3.

Тогда

$$D = 0{,}19 \sqrt{V_з}.$$

Следует признать, что при большой высоте норий полной гарантии локализации взрыва установкой взрыворазрядителями в головке нории достичь невозможно. Для установки взрыворазрядителей повышенного сечения верхняя часть головки нории также не предназначена. Очевидно, вопрос защиты норий нужно решать изменением конструкции самой нории. Например, нории, поставленные фирмой "Саймон-Баррон" для комбикормового цеха мощностью 600 т/сут на Ленинградский мельничный комбинат им. С. М. Кирова, имеют одну общую шахту, выполненную из листового металла толщиной 3...4 мм; взрыворазрядители к ним установлены прямоугольного сечения в средней части шахты и выведены наружу через стены здания.

Рекомендуется устанавливать кнопки "Стоп" на каждом этаже производственных корпусов для аварийного останова всего комплекса машин и оборудования, а также кнопки "Стоп" у каждой машины. Для подключения электросварочных трансформаторов прокладывать стационарные кабельные линии с клеммными ящиками.

Пересмотру подлежит вопрос компоновки аспирационных, пневмотранспортных сетей и систем воздухообменной вентиляции. С одной стороны, чем меньше сетей, тем удачнее компоновка, меньше оборудования и соответственно затрат на обслуживание. С другой стороны – протяженные сети, особенно большого диаметра и объединяющие верхние и нижние этажи, могут служить и служат волноводами, повышают опасность распространения взрыва по этажам. В связи с этим необходимо верхние и нижние этажи аспирировать раздельно, сети аспирации силосов и бункеров компоновать отдельно от технологического и транспортного оборудования.

Склады силосного типа для сырья, шрота и готовой продукции оборудовать системами термометрии, а для слеживающихся продуктов (шрот, отруби) – побудительными выпускными устройствами. Все производственные помещения должны иметь легкосбрасываемые ограждающие конструкции (достаточную площадь остекления, сбрасываемые панели) из расчета 0,05 $м^2$ на каждый 1 $м^3$ защищаемого объема помещения (по действующим правилам). Перекидные клапаны на самотеках следует заменять на задвижки с электроприводами, а загрузку силосов и бункеров программировать поочередно, чтобы исключить возможность перетока в случае прохода взрывной волны. Применение пылеосадочных камер, аспирационных шахт категорически недопустимо. На каждом рабочем месте необходим полный набор штатного инструмента и приспособлений, переносных осветительных приборов, исключающий использование случайных предметов.

Необходимо улучшить эксплуатацию аспирационных сетей. Сюда относят прежде всего герметизацию аспирируемого оборудования и самих сетей, правильный выбор скоростей воздуха в переходных патрубках, соединяющих машину и аспирационную сеть и скоростей воздуха на горизонтальных участках. Для предотвращения отложений пыли в горизонтальных воздуховодах надо применять там повышенные скорости воздуха – до 16...18 м/с. Обоснованный выбор типоразмеров циклонов, фильтров и вентиляторов, их правильная эксплуатация также способствует улучшению пылевого режима.

Выполнение указанных и других мероприятий позволит повысить пожаро-взрывобезопасность, устойчивость работы комбикормового предприятия в целом, доведя их до нормы.

ПОДАВЛЕНИЕ ОЧАГОВ САМОСОГРЕВАНИЯ И САМОВОЗГОРАНИЯ

Подавление очагов самовозгорания сырья в бункерах и особенно силосах представляет сложную задачу, связанную с риском для людей, занятых этой операцией, чреватой возможностью развития неконтролируемого процесса горения и последующего взрыва. Методика подавления обнаруженных очагов самовозгорания в силосах практически до конца не отработана. Зная это, нужно все усилия прикладывать к недопущению очагов самовозгорания.

Самовозгоранию всегда предшествует самосогревание сырья в силосах. Развитие процесса самосогревания связано с очаговым повышением его влажности из-за подмочки при приеме, транспортировании, хранении. Сырье с повышенной влажностью сверх установленных в НТД показателей принимать на хранение нельзя.

Если на комбикормовый завод поступило сырье с локальной подмочкой и его все же направили в силосы, следует считать, что на предприятии наступил период повышенной опасности, который может перерасти в критический.

Во-первых, требуется тщательная и ответственная работа ПТЛ, чтобы этот момент зафиксировать. Далее, в зависимости от вида сырья,

требуется установить наблюдение за хранением его, возможно, с использованием термометрии, применением перекачки сырья в свободный силос, повторным взятием проб на влажность. При всех случаях надо стремиться как можно скорее направить такие партии сырья в переработку.

Решающим условием при приеме такого сырья стала бы его очистка (сепарирование) перед закладкой в силосы, которая может позволить отобрать комки повышенной влажности, охладить и в определенной мере провентилировать и смешать сырье, что повысит его стойкость при хранении.

Рекомендуется при приеме контролировать на содержание остаточных количеств растворителя шрот, на влажность – шрот, травяную витаминную муку, отруби и мучку в каждой партии (вагон, автомобиль); проводить предварительную очистку сырья, надежно защищить от осадков точки приема. После разгрузки силосов зачищать конусы от остатков сырья.

Самовозгорание длительно хранящихся остатков сырья может произойти при высокой относительной влажности воздуха в результате адсорбции влаги через неплотности. Особенно это относится к шроту и жмыху.

Если самовозгорание сырья все же произошло, ситуацию следует считать критической. Необходимо вызвать пожарную службу района, остановить производство, вывести людей из опасной зоны. Далее следует поступать согласно директивным документам и указаниям пожарных.

Инженерный персонал должен постоянно заботиться об эффективной работе аспирационных установок, очистке сетей от отложений пыли, о герметизации, правильном подборе вентиляторов и электродвигателей, о квалифицированном пересчете, перестройке, переналадке сетей при установке новых машин.

Необходимо совершенствовать магнитную защиту, своевременно очищать магнитные колонки и аппараты, проверять грузоподъемность магнитов. Особенно важно обеспечить надежную магнитную защиту перед всеми машинами ударно-истирающего действия. Среди новых магнитных аппаратов, получающих сейчас распространение в промышленности, можно назвать железоотделители П-100ПС (ЭП-1 и ЭП-2).

НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ ПО ПОЖАРО-ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

Работа будет продолжаться в двух основных направлениях – организационно-техническом и техническом. Первое зависит от поведения людей на производстве, в том числе соблюдения установленных норм и правил, указаний, других нормативных документов, и могло бы во многом определить успех дела при повышении квалификации обслуживающего персонала, закреплении людей на предприятии, поднятия

технологической и исполнительной дисциплины, комплектации смен в соответствии со штатными расписаниями.

Необходимо детально и всесторонне прорабатывать элементы пожаро-взрывобезопасности при реконструкции и техническом перевооружении комбикормовых заводов. Их нужно выделять в специальный раздел проекта. Возможно, здесь не обойтись без особых методических указаний. В процессе реконструкции необходимо повышать устойчивость работы предприятия и, несмотря на увеличение обрабатываемых пылевых продуктов в ходе производства, повышать его пожаро-взрывобезопасность при одновременном уменьшении численности и повышении производительности труда.

Второе направление – технические разработки. Внедрение их должно, безусловно, приводить к предотвращению взрывов и возгораний, локализации возникших первичных взрывов. Среди технических вопросов следует отметить:

устройство автоматической пожарной сигнализации;

устройство тамбур-шлюзов с подпором воздуха в 20 Па;

разработка конструкции пламяотсекателей для перекрытия трубопроводов;

разработка более совершенных конструкций взрыворазрядителей, удобных в монтаже и эксплуатации, в том числе с использованием полиэтиленовой пленки толщиной 0,05...0,2 мм.

Внедрять новые технические устройства нужно как на действующих предприятиях, так и во всем комплексе в проектах.

Глава 7

РЕКОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ КОМБИКОРМОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Реконструкция и техническое перевооружение (ТП) действующих предприятий – генеральное направление технической политики, проводимой в комбикормовой промышленности. Цель ее – увеличить объемы производства комбикормовой продукции и повысить ее качество. Одновременно с этим решают и такие важные задачи, как повышение в 1,8...2,3 раза производительности труда, расширение ассортимента комбикормов, увеличение объема производства продукции в гранулированном виде, сокращение потерь сырья при приемке и хранении, а также готовой продукции при отпуске, сокращение простоев транспортных средств при доставке сырья и отпуске комбикормов и БВД на железнодорожный и автомобильный транспорт, улучшение условий труда.

Реконструкция. Ее обычно проводят в несколько этапов. Причем работа может быть разделена на следующие отдельные, но взаимосвязанные между собой участки или объекты:

строительство складов силосного и напольного типа для хранения сырья с дополнительными приемными устройствами;

строительство (расширение) складов готовой продукции для бестарного и тарного хранения комбикормов, БВД; в последнем случае могут быть построены вновь или реконструированы участки выбоя продукции в тару для поставки ее в районы Крайнего Севера или для продажи населению;

расширение и развитие подъездных, выставочных и внутриплощадочных железнодорожных путей в соответствии с увеличивающимся грузооборотом. Нередко в составе этих работ находится сооружение железнодорожных весов грузоподъемностью 150 т для взвешивания поступающих и отправляемых грузов, а также локомотивное депо и средства механизации – маневровые лебедки, площадки для щитов и оборотной тары, мягких и жестких контейнеров;

развитие энергохозяйства с прокладкой кабелей, строительством энергоподстанций, распределительных пунктов, расширение котельных установок с заменой котлов, строительство теплотрасс, тепловых пунктов;

совершенствование водоснабжения и канализации, с сооружением пожарных резервуаров, артезианских скважин, отстойников, долевым участием в строительстве очистных сооружений, станций перекачки и районных коллекторов;

строительство бытовых корпусов или помещений, в ряде проектов совмещенных с лабораторными или административными корпусами, подъездных автомобильных дорог, площадок, автомобильных весов, дезбарьеров.

В зависимости от местных условий в перечень объектов реконструкции могут быть включены строительство или расширение мастерских, материальных складов, гаражей и, наконец, объектов ГО. В тех случаях, когда предприятие находится в зоне заготовок зерна, расширяют приемные устройства зерна с автомобильного транспорта, сооружают зерносушилки, визировочные эстакады, оборудуют зерновые лаборатории.

Все перечисленные работы, по существу, следует рассматривать как подготовительные, многие из которых могут быть включены в первый этап реконструкции. Проведение их уже может дать прирост в выпуске продукции, но обойтись без них чаще всего невозможно.

К основным этапам реконструкции относят работы, проводимые непосредственно в производственных корпусах. Перечислить их все невозможно, настолько велико число вариантов. Вот некоторые из них: полная или частичная замена основного технологического и транспортного оборудования на более совершенное, повышенной единичной производительности; реконструкция аспирационных сетей; установка дополнительного аналогичного оборудования, вплоть до монтажа дополнительных технологических линий; перепланировка; замена пультов управления или установка новых; монтаж новых исполнительных механизмов, датчиков; электротехнические работы, а также работы по КИПиА.

Особенно сложные работы по демонтажу и монтажу (строительству) бункеров, которые часто выполнены в виде монолитных или сборных железобетонных конструкций. В тех случаях, когда бункера стальные сварные или сборные, перепланировку решать проще. Однако работы такого рода влекут изменения нагрузок на перекрытия, колонны, стены, поэтому им должны предшествовать проектные проработки и расчеты, выполненные специализированными организациями.

Наконец, проводимые в жизнь решения должны соответствовать отраслевым правилам охраны труда и техники безопасности, направлены на улучшение условий труда работающих, повышать устойчивость работы предприятий и безопасность их действия.

Результаты реконструкций оценивают по следующим показателям: увеличение мощности предприятия; прирост выпуска продукции в натуральном и стоимостном выражении (валовая продукция и НЧП); удельные капитальные вложения на 1 т прироста мощности предприятия; изменение общей численности работающих и промышленно-производственного персонала; дополнительная прибыль (хозрасчетный доход предприятия); срок окупаемости затрат на реконструкцию.

Дополнительно можно применять еще ряд показателей, которые позволяют полнее оценить результаты проводимых работ, например такие: уровень механизации ПРТС-работ до и после реконструкции; уровень автоматизации производства; сопоставление ассортимента и качества выпускавшейся и выпускаемой продукции; удельные энергозатраты на 1 т вырабатываемой продукции; сокращение простоев автомобильного транспорта при погрузках комбикормов (БВД) и железнодорожного – при выгрузке поступающего сырья. Иногда здесь можно пользоваться показателем снижения выплаты штрафов за перепростои; общее снижение численности работающих.

Реконструкция комбикормового предприятия на современном этапе приводит к повышению его мощности (часовой производительности).

Техническое перевооружение. Предполагает основные работы в производственных корпусах и мало затрагивает или совсем не затрагивает общеплощадочные (по подъездным путям, энергосиловому хозяйству), не связано со строительством складов и приемных устройств. В целом требует меньше затрат, чем реконструкция.

ТП предприятий должно быть нацелено на повышение качества вырабатываемой продукции и основывается на внедрении новых технологических процессов, таких как влаготепловая обработка, использование оправдавших себя на практике достижений передового опыта. К ним следует отнести, например, организацию линий предварительного дозирования (дозирование – смешивание) зернового, а также белково-минерального сырья, двухэтапное измельчение с контрольным просеиванием, установку просеивателей на линиях подготовки сырья и готовой продукции, организацию линии измельчения гранулированного сырья, ввода жидких компонентов, метионина и лизина, специальной линии тонкого измельчения, увеличение объема гранулирования.

В ходе ТП заменяют оборудование на новое, современное, внедряют

новые технологические приемы, повышают уровень механизации ПРТС-работ, автоматизируют производство. Чтобы окупить затраты, в проекте предусматривают некоторое увеличение мощности предприятия, примерно на 30...70 т/сут. Удельные капитальные вложения при этом могут быть ниже, чем при реконструкции. В отдельных случаях ТП проводят практически без прироста мощностей, направляя все затраты на повышение качества выпускаемой продукции и расширение ее ассортимента.

Конкретное содержание работ при ТП зависит от состояния данного производства, местных условий, в которые входят требования к качеству и ассортименту продукции, выдвигаемые потребителями, наличие сбыта на дополнительную продукцию в связи с некоторым увеличением мощности предприятия, а также перспективой получения необходимого сырья.

При реконструкции и ТП устраняют сложившиеся диспропорции между отдельными технологическими линиями, проектные просчеты.

За последние 10...12 лет отрасль накопила большой опыт по реконструкции и ТП комбикормовых предприятий. Министерство хлебопродуктов СССР с привлечением научно-технической общественности отработало рекомендации, которые необходимо использовать при разработке проектов и проведении реконструкций и технического перевооружения. В них предусмотрено следующее:

обновление не менее чем на 1/3 активной части основных фондов, с тем чтобы в 2...3 раза повысить производительность технологических линий и перевести работу ЦПС на одно-двухсменный режим работы;

строительство складов с доведением их вместимости до установленных нормативов;

строительство преимущественно одноэтажных складов для незернового сырья с применением растаривающих машин;

размещение хранилищ мелассы и жира в непосредственной близости к основному производству;

внедрение бестарных перевозок кормовых дрожжей, мясокостной муки, премиксов, известняковой муки и другого сырья с использованием специального транспорта автомобильного и железнодорожного и контейнеров;

использование высокопроизводительного транспортного оборудования (175...350 т/ч) на приемных устройствах, машин типа У21-ДМВ-80 для выгрузки сырья трудносыпучего и минерального из железнодорожных вагонов и средств механизации для выгрузки контейнеров;

применение поворотных труб на распределении сырья и готовой продукции по силосам, фильтров-циклонов, шлюзовых затворов, смесителей, виброразгрузчиков и другого комплектного высокопроизводительного оборудования, используемого при строительстве мукомольных заводов;

дополнительная установка смесителей (параллельно или последовательно), использование прессов-грануляторов типа Б6-ДГВ с автома-

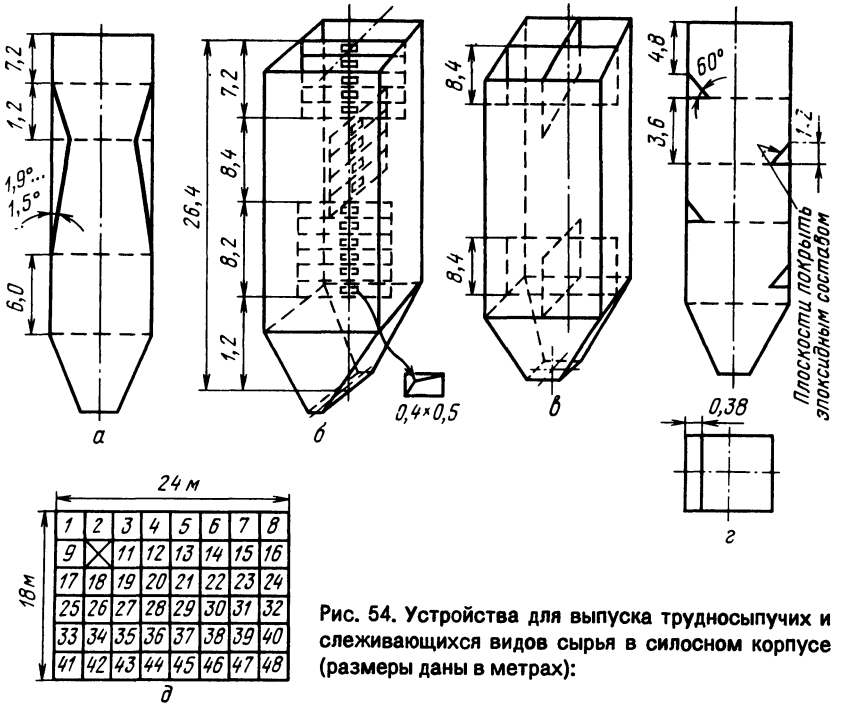


Рис. 54. Устройства для выпуска трудносыпучих и слеживающихся видов сырья в силосном корпусе (размеры даны в метрах):

а – навеска металлических щитов (силосы 33, 34, 41, 42 для сырья I группы – мука травяная, хвойная, сушеный свекловичный жом); *б* – разделение с переточными окнами (силосы 1...9, 11...16, 23, 24, 31, 32, для сырья II группы – отруби, мучка, рассыпной комбикорм, БВД, премиксы); *в* – разделение крестовое вверху и внизу (силосы 35...40, 43...48 для сырья III группы – рыбная и мясокостная мука, кормовые дрожжи); *г* – с выступами (силосы 17...22, 25...30 для сырья V группы – жмых и шрот); *д* – план силосного корпуса.

тической регулировкой подачи пара. Установка прессов-грануляторов в основных производственных зданиях;

использование экструдеров для переработки зерна;

расширение объемов централизованных перевозок комбикормов специальным и приспособленным автомобильным транспортом;

отгрузка комбикормов для районов Крайнего Севера в пакетированном виде с использованием весовыбойных аппаратов, пакетоформирующих машин, машин для прокатки мешков;

автоматизация производства и технологических процессов, в том числе с применением микропроцессорной техники и другие мероприятия.

ВНИИКП ВНПО "Комбикорм" при рассмотрении направлений реконструкции и ТП рекомендует, в частности:

металлические силосы со специальными выпускными устройствами и пневматическими сводообрушителями для хранения трудносыпучего сырья; обустройство силосов для выпуска сырья трудносыпучего и слеживающегося (рис. 54);

очистку в потоке зернового и мучнистого сырья в период приема его с железнодорожного и автомобильного транспорта;

дозирование предварительной смеси белковых и минеральных компонентов и гранулометрическую подготовку этой смеси с предварительным отсеиванием мелкой фракции и доизмельчением сходов;

контроль по крупности готового продукта и ряд других мероприятий.

ЦНИИпромзернопроект, применяя в основном уже апробированные промышленностью технические решения, разрабатывают проекты реконструкции комбикормовых предприятий мощностью 200; 300 и 315 т/сут с доведением их мощности соответственно до 600; 1000 и 1200 т/сут. В этих проектах рекомендуется, например, применять дозирование сырья непосредственно под силосами, вводить мелассу при отпуске готовой продукции; вместимость складов устанавливать с учетом местных условий; применять корпуса готовой продукции проездного типа (в том числе со встроенными весами); использовать контейнеры, смесители непрерывного действия.

В проектах реконструкции и ТП рекомендовано использовать следующее транспортное и технологическое оборудование с улучшенными характеристиками: нории II-50, II-100, У21-УН-100, У16-УН-20, А1-ДНК-50 взамен НЦГ-50 и НЦГ-100; конвейеры скребковые К4-УТФ-200(320) и цепные КПС; виброразгрузчики (виброднища для оснащения силосов) РЗ-БВА-130А; сепараторы для очистки зерна А1-БЦС-100, А1-БИС-100, А1-БИС-12; просеивающие машины А1-ДМК, А1-ДМП, молотковые дробилки А1-ДМР-20 (12); смесители непрерывного действия Б6-ДЖК; прессы-грануляторы Б6-ДГВ; электромагниты ЭП-1, ЭП-2, А1-ДСП; задвижки с электроприводом У8-ТЭА-21А, реечные У8-ТЭА-15В, быстродействующие У2-БЗБ; весы непрерывного действия ВН250-100; фильтры-циклоны РЦИЭ, РЦИРЭ; машины шелушильные для ячменя А1-ЗШН-3 и овса А1-ДШЦ-1; распределители (поворотные трубы) на девять направлений; мешкорастарочные машины У21-ДЛР, УІ-ДРМ и по образцу Гатчинского комбикормового завода; пакетоформирующие машины ПФМ-1; разгрузчики автомобильные У15-УРВС; вагоноразгрузчики МВС-4М, МГ-2У, ДМВ-80; установки для ввода жира Б6-ДСЖ, Б6-ДЖК, для ввода мелассы Б6-ДАБ, Б6-ДМА, СДЖ-50, для непрерывного растворения карбамида в мелассе Б6-ДКА; весовыбойный аппарат ДВМ-50.

Реконструкция цеха карбамидного концентрата. ЦНИИпромзернопроект разработал проект технологической линии производительностью 5 т/ч (32,4 тыс. т в год при трехсменном режиме работы) рассыпных комбикормов для свиней и крупного рогатого скота на базе существующих цехов карбамидного концентрата на восьми экструдерах. В нем предусмотрена надстройка одного этажа производственного здания. Дополнительно запроектировано сооружение приемного устройства мелкого заглубления (–2,2 м) для приема мучнистого и зернового сырья

с железной дороги, 12 оперативных металлических бункеров вместимостью 400 т для сырья и двух бункеров для готовой продукции. Приемное устройство предназначено для обработки одного универсального вагона или вагона-зерновоза. Для выгрузки мучнистого сырья предусмотрена механическая лопата У8-УУ-75, для зерна – вагоноразгрузчик У20-УВС. Максимально использовано оборудование цеха. Заложена возможность выработки и карбамидного концентрата по взаимозаменяемой схеме, а также организация выработки экструдированного зерна.

Технологическая схема включает подачу всех компонентов на дозирование с предварительной очисткой только зернового и минерального сырья, контрольный просев перед измельчением, измельчение в молотковых дробилках смеси компонентов (кроме премиксов и минерального сырья), смешивание всех компонентов комбикорма в смесителе СГК-1М. По проекту не исключена установка весовыбойного аппарата и мешкозашивочной машины.

Запроектированы четыре аспирационные установки с очисткой воздуха в фильтрах. Аспирационная установка зерновой линии заканчивается двойной очисткой воздуха – в батарейной установке 4БЦШ и фильтре. Общий объем отсасывающего воздуха около 21 тыс. м^3/ч.

Применение наружных металлических бункеров СЗ-61 в качестве наддозаторных. Ахтырский комбикормовый завод мощностью 70 т/сут введен в эксплуатацию в Сумской области в 1968 г. В результате двух реконструкций его мощность доведена до 400 т/сут рассыпных комбикормов и БВД. В структуре плана БВД составляют 25 %, комбикорма для свиней до 35, для птицы – более 25, вырабатывают также продукцию для овец, кроликов, рыб. Гранулируют 27,5 % комбикорма.

Производственный корпус представляет собой восьмиэтажное монолитное здание; силосный корпус – монолитное здание высотой 35 м, вместимостью 3,2 тыс. т готовой продукции и сырья с 35 силосами 4х4 м, 18 из которых разделены промежуточным этажом и служат для хранения шротов.

Рядом с производственным корпусом – напольный склад вместимостью 1,5 тыс. т для хранения готовой продукции. Еще два склада напольного хранения предназначены для травяной витаминной муки в таре, кормовых дрожжей, мясокостной и рыбной муки, сырья минерального происхождения. Отруби пневмотранспортом подаются непосредственно из мельницы, расположенной на расстоянии 150 м.

Рядом с производственным корпусом со стороны наддозаторных бункеров смонтировано 40 металлических бункеров СЗ-61 (пять рядов по восемь штук). Десять этих бункеров (два поперечных ряда) используют как наддозаторные. Они оборудованы шнековыми питателями ПШ-400 и ПШ-300, остальные – оперативные. Над и под ними размещены по пять цепных конвейеров ТСЦ-100, вертикальная коммуникационная увязка выполнена пятью нориями I-100. На узле дозирования установлены многокомпонентные весы АД-3000-ГК и 5ДК-500.

Пристройка к монолитному зданию большого числа металлических

бункеров и использование части из них в качестве наддозаторных представляется неординарным решением. Применение же продольных весов АД-3000-ГК в узле основного дозирования требует тщательного рассмотрения с позиций качества выполнения операции дозирования и стабильности качества выпускаемой продукции.

Зерновая линия достаточно мощная. Зерно из склада силосного типа или элеватора подают по двум потокам ленточными конвейерами ТМ-62 и спаренной норией I-2х100. Оно очищается в двух сепараторах ЗСМ-50, проходит через магнитную защиту и подается в четыре наддробильных бункера общей вместимостью 60 т. В схеме установлены три молотковые дробилки ДДМ-5, однако отсутствует ситовой контроль крупности размола.

В линии подготовки мучнистого сырья также отсутствуют просеивающие машины. Рассыпную травяную муку подают в производство после растаривания пневмотранспортом, а гранулированную – по зерновой линии, с отбором крупнокусковых примесей в бурате.

Шрот из склада силосного типа подают безроликовым ленточным конвейером и норией I-50, очищают от металломагнитных примесей в сепараторе А1-ДЭС и измельчают в молотковой дробилке ДДМ. В линии также отсутствует просеивающая машина.

По линии шротов периодически подают известняковую муку, что неудобно. Наличие известняковой муки требует сооружения автономной технологической линии, что снизит запыленность помещений, повысит культуру производства.

Просеивающая машина отсутствует также и в линии кормовых продуктов пищевых производств. Линия подготовки соли, мела, фосфатов требует реконструкции и внедрения мягких контейнеров МК-1,5 для внутрискладской механизации, установку монорельса и тельфера. Загрузку контейнеров солью необходимо проводить непосредственно при выгрузке ее из вагонов.

В линии основного дозирования – смешивания многокомпонентные дозаторы 5-ДК-500 предназначены для дозирования соли, мела, премиксов и фосфатов. Остальные компоненты направляют в дозатор АД-3000-ГК. Порция для смешивания в смесителе СГК-2,5 формируется массой 2000 кг.

Главная технологическая идея, которую можно позаимствовать другим предприятиям при реконструкции, – пристройка металлических бункеров к производственному корпусу и использование их в качестве наддозаторных и оперативных. Нории, увязывающие бункера в технологические линии, расположены внутри производственного корпуса, конвейеры, верхние и нижние питатели объединяют их с технологическим оборудованием. По-видимому, указанное решение может быть успешно применено прежде всего при ТП предприятий мощностью 100...200 т/сут.

Техническое перевооружение завода мощностью 400 т/сут. Повалихинский комбикормовый завод Алтайского края построен по проекту ЦНИИпромзернопроект. Он включает склад силосного типа вмести-

мостью 7,2 тыс. т, силосный склад на 2,2 тыс. т готовой продукции, одноэтажный склад напольного хранения площадью 650 м^2. Производственный корпус выполнен в виде металлической "этажерки", приемное устройство с железной дороги – двухпроездное, мелассохранилище – на 800 м^3, располагает сооружением для приемки, хранения и подготовки кормового жира, компрессорной станцией. Готовую продукцию отпускают на железную дорогу из склада через конвейеры ТСЦ-100 (две точки) с загрузкой вагонов через верхние люки, на автотранспорт – конвейерами ТСЦ-50 (три точки). Для отпуска комбикормов типа СК имеется еще пять точек отгрузки при помощи шнеков ТПШ-3М. До 40 % продукции предприятие отгружает на железную дорогу. Завод снабжает комбикормами три птицефабрики и свинокомплекс.

Производственный корпус представляет собой одноэатжное здание размером в плане 30х18 м и высотой 18,5 м, в котором оборудование размещено по произвольной схеме на площадках. Идея использования заниженного по высоте здания базировалась на двух предпосылках: применение внутрицехового аэрозольного транспорта, внедрение надежной автоматизации – датчиков уровня, блокировок, безотказно работающих задвижек, позволяющих обходиться бункерами малой вместимости.

Однако уже при пуске предприятия стало очевидным, что просеиватели А1-БЦП не обеспечивают очистку многих видов мучнистого и белкового сырья. Загрязненное сырье с крупными случайными примесями быстро выводит из строя питатели ДПК-10 и ДПК-20. К тому же из-за низкого качества питателей быстро изнашиваются их роторы, зазоры увеличиваются, большие утечки воздуха приводят к зависанию продуктов в бункерах, снижают производительность линий.

Учитывая сказанное, а также реальное качество сырья, технологического, транспортного и вспомогательного оборудования, недостаточно высокий уровень автоматизации, малые знания на местах об особенностях расчета и работы аэрозольных установок, нормальное функционирование предприятия и достижение установленной мощности в проектах данной серии было практически невозможно.

На примере Повалихинского комбикормового завода рассмотрим ход работ по ТП производства, позволившему достичь проектную мощность. ТП проводили в несколько этапов.

На первом этапе были реконструированы линии готовой продукции, предварительных смесей и сырья минерального происхождения (рис. 55).

В линии предварительных смесей белкового и сырья минерального происхождения после смесителя СГК-1 был смонтирован наклонный конвейер ТСЦ-25, нория I-20 и еще один конвейер ТСЦ-25 для распределения смеси в наддозаторные бункера. Применение механического транспорта усложняет схему, повышает насыщенность оборудованием, но в данных условиях делает ее надежнее в работе.

В первоначальном проекте была предусмотрена установка двух молотковых дробилок А1-ДДР производительностью до 10 т/ч. Однако

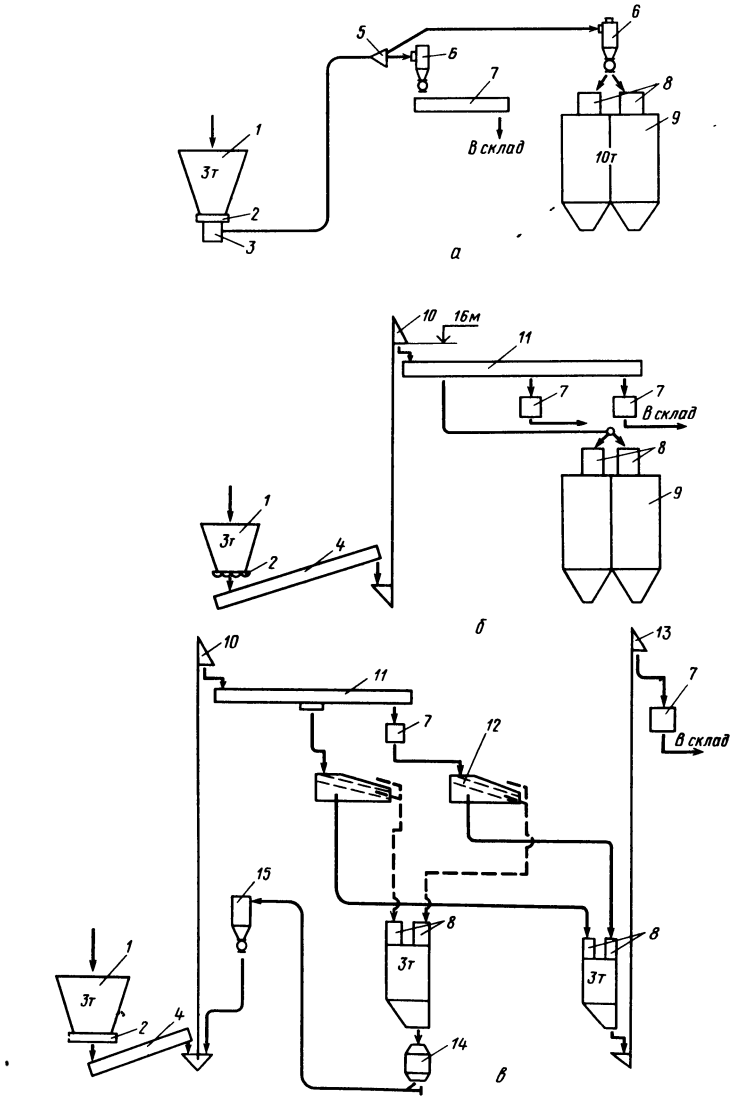


Рис. 55. Реконструкция линии готовой продукции:

а – до реконструкции; *б* – первый этап работ; *в* – второй этап работ; *1* – бункер под смесителем СГК-2,5; *2* – четырехвинтовой разгрузитель А1-ДРВ; *3* – аэрозольный питатель ДПК-20; *4* – конвейер типа *LT* (Югославия); *5* – кран-переключатель аэрозольных трасс; *6* – разгрузитель ЦР-250; *7, 11* – конвейер ТСЦ-50; *8* – магнитная колонка БКМА-2х500; *9* – бункера над прессами ДГ-I; *10* – нория II-50; *12* – просеиватель А1-ДСМ-М; *13* – нория II-100; *14* – дробилка молотковая ДДМ; *15* – разгрузитель ЦР-450.

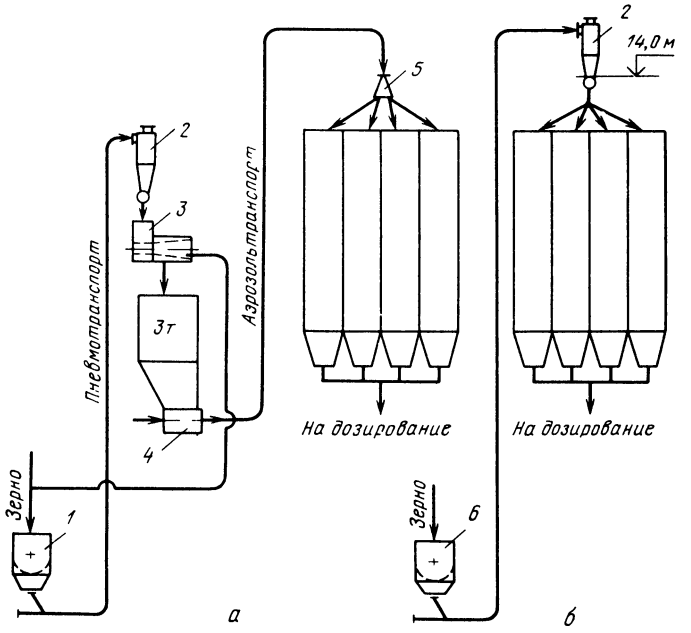


Рис. 56. Реконструкция линии измельчения зерновых компонентов:

а – с использованием комбинированного пневмотранспорта; *б* – с применением всасывающего пневмотранспорта; *1* – дробилка А1-ДДР; *2* – циклон-разгрузитель ЦР-450; *3* – просеивающая машина А1-БЦП; *4* – роторный питатель ДПК-10; *5* – многопозиционный кран-переключатель аэрозольных трасс; *6* – дробилка А1-ДДП.

пневмосети более чем по 7 т/ч транспортировать не могли. Поэтому дробилки заменили на менее производительные типа 50/63 (ГДР) производительностью 5 т/ч. Линию измельчения реконструировали в два этапа: с использованием комбинированного пневмотранспорта и промежуточного ситового контроля (рис. 56) и с использованием только всасывающего пневмотранспорта, когда ситовой контроль по данной операции исключен и введен контроль крупности на заключительной стадии технологического процесса.

После выполнения указанной работы выработка продукции по рецептам К-55, К-60 была стабилизирована, но при содержании в комбикормах до 70 % и более зерновых компонентов узел дозирования продолжал простаивать. Поэтому была смонтирована дополнительно четвертая пневмосеть с установкой дробилки А1-ДДП, а вслед за тем и пятая. Теперь стало возможным выполнять сменные и суточные задания при выработке комбикормов по рецептам СК, когда требуется тонкий размол зерна и в дробилке устанавливают сито с отверстиями ⌀ 3 мм.

На линии зернового сырья сепараторы ЗСМ-5 и ЗСМ-20 были заме-

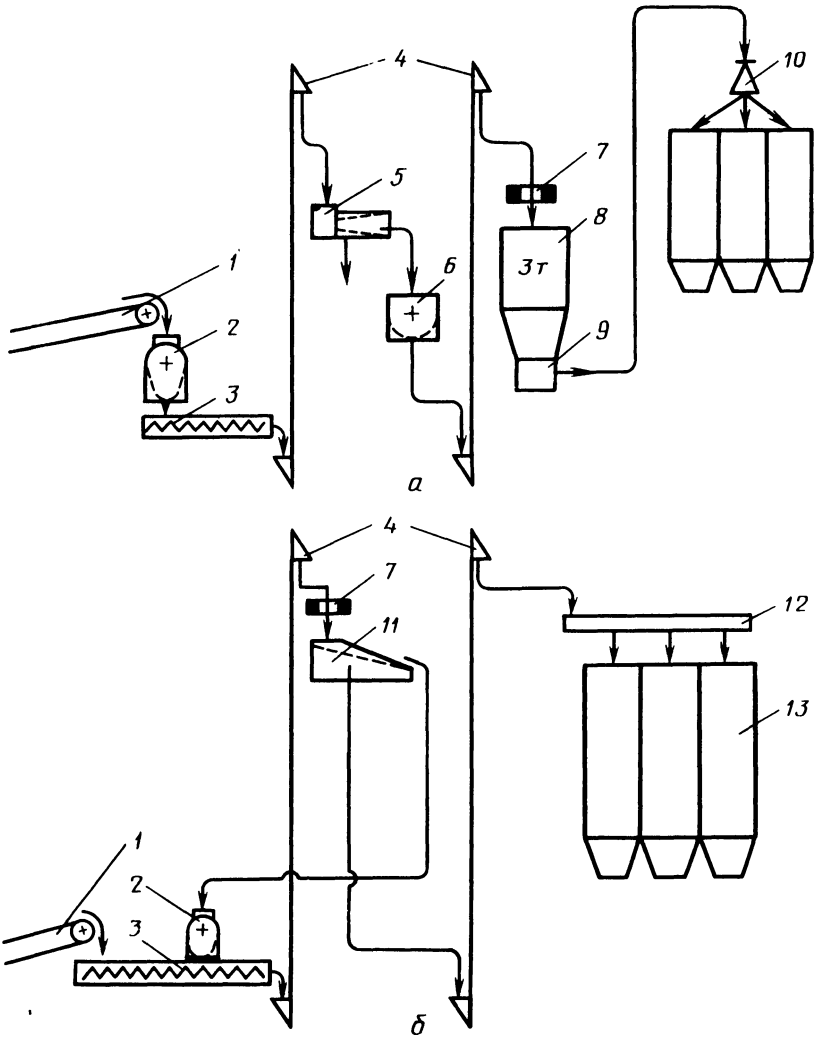


Рис. 57. Реконструкция линии подготовки трудносыпучих компонентов:

а – до реконструкции; *б* – после реконструкции; *1* – конвейер ТБ-50; *2* – молотковая дробилка; *3* – шнек; *4* – нория I-20; *5* – просеиватель А1-БЦП; *6* – дробилка ДМ; *7* – магнитная колонка; *8* – бункер; *9* – питатель ДПК-10; *10* – кран-переключатель; *11* – просеивающая машина типа А1-ДСМ; *12* – конвейер ТСЦ-25; *13* – наддозаторные бункера.

нены на модернизированные просеивающие машины А1-ДСМ. Для распределения продукта между наддробильными бункерами шнек УШЧ был заменен на питатель ПШ-400, более производительный и надежный в работе. На линии подачи мучнистого сырья на отметке 16 м была установлена просеивающая машина А1-ДСМ, а на наддозаторными бункерами – конвейер ТСЦ-50 для распределения мучнистого сырья между пятью бункерами.

На линии трудносыпучих компонентов просеивающую машину А1-БЦП заменили на модернизированную А1-ДСМ, для уменьшения уровня шума дробилку на измельчении сходов перенесли в склад, для распределения продукта по наддозаторным бункерам установили конвейер ТСЦ-25 (рис. 57).

На контроле готовой продукции установлены две просеивающие машины, получившие на заводе маркировку А1-ДСМ-М. Корпус просеивателя взят от сепаратора ЗСП-10, кузов – от сепаратора ЗСМ-50 и модернизирован, а привод – от серийной машины А1-ДСМ.

В дальнейшем на линии подготовки трудносыпучих компонентов был ликвидирован второй подъем, все оборудование установили производительностью 50 т/ч. Для лучшей загрузки нории башмак ее модернизировали.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ЦИКЛОГРАММ

Накопленный опыт указывает дальнейшие пути совершенствования и приложения к практике анализа технологических схем с применением метода построения циклограмм. Поскольку метод – графоаналитический, применение его связано с умением выделять локальные задачи (т. е. их формулировать), а также решать их, используя аналитические расчеты и графические построения. Часть этих задач, в частности таких, как проведение технологической подготовки производства, можно решать уже сегодня на большом числе комбикормовых предприятий. Она связана с предварительным (до выработки партии продукции) проведением расчетов и имеет целью:

уточнить размер партии на 8,12 или 24 ч (за любой отрезок рабочего времени) исходя из выполнения правила "кратности";

рассчитать число замесов по всем линиям (в ряде случаев – отвесов) и фактическую загрузку смесителей, с тем чтобы обеспечить работу производства без неучтенных остатков в бункерах;

решение предыдущей задачи прямо связано с качеством вырабатываемой продукции и повышением достоверности производственных учетных операций;

прогнозировать время появления производственных кризисных ситуаций и находить пути их обхода или смягчения (например, остановка ЦПС в связи с заполнением бункеров подачи БВД);

снизить до минимума холостые пробеги оборудования, вовремя останавливать технологические линии и отдельные машины, т. е. снизить энергоемкость процесса и износ оборудования.

Проведение более глубокой технологической подготовки производства не требует каких-либо затрат, может быть начато внедрением уже сейчас после обучения одного-двух технологов на каждом комбикормовом предприятии, но обещает ощутимый экономический эффект.

Овладение методом построения циклограмм позволяет также находить узкие места в построении технологических схем и устранять их с минимальными затратами.

Развиваемый метод анализа служит инструментом при поиске способов управления технологическими процессами на комбикормовых предприятиях, направленных на максимальную выработку продукции на ведущем и дорогостоящем оборудовании, повышение выработки продукции на предприятии в целом, сокращение внутрисменных технологических простоев оборудования (линий, цехов).

Положительные результаты здесь достигаются в результате системного подхода к анализу производства комбикормов, поскольку изучаются внутренние связи и взаимовлияние различных структурных элементов (машин, линий, датчиков, задвижек) в системе на формирование конечного результата. Развитие системного анализа применительно к технологии комбикормового производства – одно из продуктивных направлений дальнейшей работы.

Метод построения циклограмм позволяет особо выделить влияние числа, а также вместимости различных бункеров и силосов на ход технологического процесса производства комбикормов. Технологические емкости исключительно важны, поскольку объединяют в целое периодические и непрерывные процессы, а также процессы, протекающие с разной скоростью. Неправильно назначенная (выбранная) вместимость бункеров (например, исходя из модуля строительных конструкций) приводит к необоснованно частым переключениям либо холостым пробегам оборудования, внутрисменным простоям. Необходимо повысить грамотность технологов в вопросах расчетов и проектирования технологических бункеров.

Значение анализа при построении схем в процессе нового проектирования, а также реконструкций и ТП должно возрасти. Это приведет к более гармоничным схемам, т. е. таким, в которых каждая структурная единица (линия, машина, бункер) рассчитана с учетом получения заданного конечного результата. Проектирование схем связано с перебором и сопоставлением большого числа вариантов. Для технолога важно понимать работу предлагаемых схем в динамике, т. е. "видеть" движение материальных потоков по коммуникациям в реальном масштабе времени, в зависимости от рецепта и объема партии, во взаимодействии одних линий с другими, т. е. проигрывать производственные ситуации, моделировать их.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Принятые сокращения ... 3
Введение ... 5
Глава 1. **Сырье, продукция, рецептура, показатели качества** ... 8
Виды сырья ... 8
Перспективные виды сырья ... 9
Продукция предприятий комбикормовой промышленности ... 12
Рецептура и показатели качества комбикормовой продукции ... 14
Глава 2. **Построение технологического процесса комбикормового предприятия** ... 19
Принципы построения ... 19
Технологические задачи схем различного типа ... 25
Технологические линии ... 30
Технологические операции ... 35
Технологическая подготовка производства ... 37
Методы анализа технологических схем ... 38
Оценка эффективности построения и функционирования технологических схем ... 40
Метод построения циклограмм ... 44
Глава 3. **Реализация технологических процессов на комбикормовых предприятиях** ... 49
Анализ работы технологической схемы Болшевского комбикормового завода ... 49
Анализ работы технологической схемы Клинского комбикормового завода ... 72
Анализ построения и функционирования технологической схемы Бориспольского комбикормового завода ... 86
Технологическая подготовка производства (метод последовательных шагов) на комбикормовом заводе в г. Сыктывкаре ... 97
Технологическая схема цеха № 2 Гатчинского комбикормового завода 109
Технологическая схема комбикормового завода с весовыми дозаторами непрерывного действия ... 118
Технологическая схема комбикормового завода с объемным дозированием и непрерывным смешиванием ... 126
Технологическая схема комбикормового цеха Раменского комбината хлебопродуктов ... 129
Технологическая схема Куйбышевского комбикормового завода ... 135
Пути повышения производительности Иецавского комбикормового завода ... 151
Комбикормовый цех на Поспелихинском комбинате хлебопродуктов .. 156
Комбикормовые заводы на комплектном оборудовании ... 165
Днепропетровский экспериментальный завод рыбных гранулированных комбикормов ... 166
Шумихинский межхозяйственный комбикормовый завод ... 175
Кинель-Черкасский межхозяйственный комбикормовый завод ... 176
Глава 4. **Основные направления в технологии производства комбикормов** 176
Плющение зерновых компонентов ... 176
Экструдирование зерновых компонентов ... 178

Микронизация компонентов комбикормов 183
Современные аспекты ввода жира в комбикорма 187

Глава 5. **Организация и проведение производственного технохимического и государственного контроля** 190
Центральная производственная лаборатория комбикормовой промышленности 194
Республиканские производственные лаборатории комбикормовой промышленности 194
Зональные производственные лаборатории комбикормовой промышленности 195
Порядок проведения ведомственного контроля 195
Методы организации лабораторного контроля 197
Государственный контроль за качеством комбикормовой продукции и сырья 198
Рационализация системы технохимического контроля 198

Глава 6. **Пожаро-взрывобезопасность на комбикормовых заводах** 201
Условия возникновения и развития взрывов 203
Оценка пожаро-взрывобезопасности 204
Повышение пожаро-взрывобезопасности 205
Подавление очагов самосогревания и самовозгорания 207
Направления дальнейшей работы по пожаро-взрывобезопасности 208

Глава 7. **Реконструкция и техническое перевооружение комбикормовых предприятий** 209
Основные направления 209
Совершенствование метода построения циклограмм 221

Черняев Николай Павлович

ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ

Зав. редакцией *Л. М. Богатая*
Художественный редактор *С. Н. Болоболов*
Технические редакторы *Л. И. Кувыркина, А. Г. Кисман*
Корректор *Т. Р. Сидорова*

ИБ № 5116

Сдано в набор 17.03.89. Подписано в печать 04.07.89. Т-12827. Формат 60x88 1/16. Бумага книжн. журнальная импортная. Гарнитура Цюрих. Печать офсетная. Усл. п. л. 13,72. Усл. кр.-отт. 13,72. Уч.-изд. л. 15,60. Изд. № 242. Тираж 11200 экз. Зак. №1684. Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат, 107807, ГСП, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 8 Государственного комитета СССР по печати, 101898, Москва, Центр, Хохловский пер., 7