

40.725

К84

1161861

Ю.А.КРУГЛЯКОВ

**ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО  
ВЫРАЩИВАНИЯ  
ЗЕЛЕННОГО КОРМА  
ГИДРОПОННЫМ  
СПОСОБОМ**



**Ю. А. КРУГЛЯКОВ**

---

**ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО  
ВЫРАЩИВАНИЯ  
ЗЕЛЕНОГО КОРМА  
ГИДРОПОННЫМ  
СПОСОБОМ**



МОСКВА ВО "АГРОПРОМИЗДАТ" 1991

ББК 40.725

К84

УДК 631.338.4:631.589.2:633.2/.3

Редактор *Г. Г. Назыпова*

**Кругляков Ю. А.**

**К84** Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. — М.: Агропромиздат, 1991. — 79 с.: ил.  
ISBN 5-10-001639-6

Рассмотрен относительно новый вид сельскохозяйственной техники — оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма в условиях защищенного грунта методом гидропоники. Приведен обзор известных конструкций гидропонных установок и дан анализ мирового и отечественного технического уровня гидропонного оборудования с ежесуточной производительностью от 0,1 до 10 т высокопитательного зеленого корма. Даны рекомендации по применению такой техники в различных условиях эксплуатации.

Для руководителей, инженерно-технических работников, зоотехников колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий. Может быть полезна членам арендных коллективов, занятых в животноводстве и кормопроизводстве.

К  $\frac{3703010000 - 085}{035 (01) - 91}$  — 22-91

**ББК 40.725**

ISBN 5-10-001639-6

© Ю. А. Кругляков, 1991

## ВВЕДЕНИЕ

---

Для интенсивного развития животноводства нашей страны большое значение имеет стабилизация и повышение питательности кормовой базы, улучшение сбалансированности кормовых рационов. Одна из негативных сторон отечественной практики кормления скота — низкоэффективное использование фуражного зерна, доля которого, например в кормовых рационах молочных коров некоторых регионов, возросла за последние 10...15 лет в 1,5...2,0 раза, в результате чего прирост молока в производстве достигнут не был.

Такое положение, наряду с другими причинами, объясняется тем, что значительная часть расходуемого зерна скармливается в неподготовленном, несбалансированном виде и его питательная энергия практически не используется в пищеварительных трактах животных. Для повышения усвояемости, в лучшем случае, употребляется зерно грубого размола.

Переход на новые организационные формы построения народного хозяйства и введение экономических методов управления, различных форм арендного производства и владения землей, основанных на личной экономической заинтересованности крестьян в конечных результатах труда, повысят надежность обеспечения кормовой базы и эффективность применения кормовых средств.

Имеющаяся практика подрядных коллективов в животноводстве показывает: при сохранении продуктивности скота происходит резкое снижение расхода кормов за счет уменьшения непроизводительных потерь и повышения эффективности их использования. Не достаточно широкое и не всегда экологически безвредное развитие инфраструктуры кормового производства (выпуск синтетических белково-витаминных добавок, низкое качество и узкий ассортимент комбинированных кормов и т. п.) должно повысить интерес к методам и средствам, позволяющим самостоятельно с малым количеством внешних материально-финансовых связей получать сбалансированные кормовые рационы в течение всего года. Одним из таких методов является выращивание гидропонного зеленого корма.

Гидропонный зеленый корм (ГЗК) представляет собой "ковер"

из молодых ростков, пророщенных в течение 6...12 дн. из слоя семян зернофуражных культур, размещаемых на плоских или гофрированных вегетационных поверхностях (растильнях) в условиях защищенного грунта. Толщина слоя проращиваемых семян определяется нормой высева (в пределах 2...10 кг зерна на 1 м<sup>2</sup> растильни) в зависимости от вида используемых семян. К моменту уборки высота растений достигает 20...25 см. Для производства ГЗК наиболее широко применяют зерно ячменя, применяют также овес, рожь, кукурузу и другие культуры.

Для скармливания животным используют всю толщину гидропонного "ковра" из молодых, богатых витаминами, зеленых проростков и корневого пласта (основа "ковра"), состоящего из остатков зерна, переплетенных корнями.

Гидропонный зеленый корм вводят в кормовые рационы либо в качестве зеленой витаминной подкормки (5...7 кг на 1 гол. крупного рогатого скота; 0,5...1 кг на 1 гол. мелкого рогатого скота и птицы в сутки), либо в качестве основного корма (расход ГЗК возрастает до 30...50 кг на 1 гол. КРС в сутки). Этот корм скармливают животным в измельченном или цельном виде непосредственно после уборки, без промежуточного хранения.

При использовании ГЗК появляется возможность специализации полевого растениеводства на интенсивном производстве зернофуражных культур, из которых можно круглый год получать высокопитательный, свежий, богатый витаминами корм для скота. При этом резко сокращаются потери питательных веществ при хранении исходной биомассы и повышается стабильность снабжения животных кормами. На этом пути возможны решения, позволяющие повысить продуктивность ведения хозяйства и экономический эффект, в зависимости от масштабов животноводства.

Первые гидропонные установки для проращивания семян зерновых культур и производства ГЗК появились в США в середине 30-х годов. Они представляли собой многоярусные стеллажи, размещенные в закрытых шкафах, снабженных системами подогрева воздуха, освещения и подачи питательного раствора.

В СССР первые гидропонные установки были разработаны в конце 50-х – начале 60-х годов. По своей принципиальной схеме они также представляли собой многоярусные стеллажные конструкции, снабженные элементами для обеспечения светового режима и корневого питания. В этот период у нас в стране были развернуты научные исследования, посвященные различным вопросам гидропонного выращивания зеленого корма.

Научные организации сельскохозяйственного профиля: Институт агрохимических проблем и гидропоники АН Армении, Молдавский НИИ животноводства и ветеринарии, Грузинский зооветеринарный институт и др. – провели цикл работ по совершенствованию агротехники

выращивания ГЗК, определению химического состава и его питательной ценности, хозяйственной проверке скармливания этого корма различным животным и т. п. Значительный объем исследований по теории и расчету конструктивных параметров гидропонных установок был проведен во Всесоюзном НИИ сельскохозяйственного машиностроения ВИСХОМ, где сформировалось самостоятельное научное направление, разрабатывались и внедрялись в производство образцы оборудования для выращивания ГЗК\*.

Созданную на этом этапе технику можно отнести к первому поколению оборудования для производства ГЗК. Это поколение характеризуется простотой конструкции (многоярусные стеллажи), малой производительностью (50...500 кг ГЗК в сутки), относительно высокими эксплуатационными трудозатратами (до 16 чел. на 1 т кормовой массы), отсутствием средств механизации подготовительно-заключительных и транспортных производственных операций. Практически все типы установок были предназначены для размещения в приспособляемых отопляемых помещениях.

К середине 70-х годов работы в этом направлении были прекращены, а производство технических средств приостановлено.

В последние годы снова стал проявляться интерес к этому вопросу. У нас в стране в середине 80-х годов были созданы установки и цеха для производства ГЗК в колхозах и совхозах Омской и Тульской областей, на ряде подсобных хозяйств промышленных предприятий. В создании оборудования и проведении необходимых исследований принимали участие СибНИИСХоз, ВНИИКормов, ВНИИМЖ и другие организации.

С 1989 г. в рамках государственной научно-технической программы "Технологии, машины и производства будущего" ВИСХОМом осуществляется проект "Агрокомплекс", которым предусматривается создание набора технических средств для зернофуражно-молочного предприятия будущего. Эта ферма-завод будет базироваться на использовании ГЗК и принципиально новых технологиях возделывания зернофуражных культур.

Фирмы Австрии, Испании, Франции, США и других стран предлагают комплектное оборудование для выращивания ГЗК в самых различных масштабах: от небольших установок с суточной производительностью 10...20 кг зеленой массы до автоматизированных кормозаводов мощностью до 200 т ГЗК в сутки.

Таким образом, на современном этапе имеется довольно много вариантов гидропонного оборудования для производства ГЗК, обладающих

---

\*Краткий обзор результатов научных исследований и технических характеристик гидропонного оборудования этого периода приведен в книге "Методические рекомендации по расчету и эксплуатации многоярусных гидропонных установок" /СО ВАСХНИЛ, НИИСХ Крайнего Севера, Минсельхозмаш СССР, ВИСХОМ. - Норильск: 1972, 63 с.

определенными конструктивно-технологическими отличиями. Однако, достоинства и недостатки различных типов таких установок практически не изучены. Их разработка, проектирование и создание ведутся интуитивно, без какого-либо научного обоснования и классификации уже достигнутого уровня в данной области сельскохозяйственной техники.

Учитывая производственный характер книги, рассмотрение различных типов оборудования и их систематизация проведены на уровне конструктивно-технологических схем без излишней детализации, затмевющей общие структурные взаимосвязи, которые определяют технико-экономическую эффективность различных вариантов. При необходимости дополнительная информация о конструктивных особенностях того или иного варианта может быть получена на основе библиографических ссылок, приведенных в тексте.

Знакомство с особенностями техники для гидропонного выращивания кормов построено на последовательном изложении литературного материала: агробиологические предпосылки, возможные конструктивные решения по отдельным элементам комплекта гидропонного оборудования, описание структуры и принципов работы промышленных цехов и установок, классификация и анализ тенденций развития этой группы сельскохозяйственной техники.

Приведенная в данной работе информация может помочь специалистам в оценке различных вариантов гидропонной техники для производства ГЗК с целью выбора наиболее эффективного решения для своих регионов и хозяйств.

\* \*  
\*

Автор выражает искреннюю признательность заведующему отделом прогнозирования и поисковых исследований ВИСХОМа, кандидату технических наук З. Я. Жуку за плодотворное сотрудничество и помощь в работе, некоторые результаты которой легли в основу этой книги.

## АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ И ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОПОННОГО ЗЕЛЕННОГО КОРМА

---

Агротехника выращивания ГЗК и характер использования в рационах определяют особенности технических решений и конструкций применяемого оборудования. Для понимания дальнейших вопросов следует рассмотреть биологические предпосылки различных вариантов технологического процесса выращивания.

Агробиологической основой выращивания ГЗК является процесс прорастания семян зернофуражной культуры, начальные стадии которого характеризуются определенными физиолого-биохимическими превращениями, происходящими при переходе семян от стадии покоя к стадии нормального роста.

Наиболее ощутимым является уменьшение сухой массы прорастающего зерна в первые 10...15 дн. за счет резкой активизации дыхательных процессов в условиях практически полного отсутствия процесса фотосинтеза из-за чрезвычайно малой площади листовой поверхности проростков. При этом падение сухой массы прорастающей зерновки может достигать 25 % массы исходного семени. Этот факт отмечен при исследовании процесса выращивания ГЗК из семян практически всех основных зерновых культур. По данным различных исследователей на 6...10-й день выращивания химический состав проростков существенно отличается от состава исходного зерна. Происходит увеличение содержания протеина (в 1,4...1,9 раза), кальция и фосфора (в 1,5...2,0 раза), витаминов Е (в 1,3...2,0 раза) и группы В, а также образование каротина, витаминов С, РР и др. (табл. 1).

Типовой технологический процесс выращивания ГЗК содержит ряд основных последовательных этапов:

подготовка семенного материала исходной культуры;

замачивание (предварительное проращивание) семенного материала;

распределение семенного материала по вегетационной поверхности растильни (посев);

выращивание зеленых проростков;

уборка выращенной кормовой массы и скармливание ее сельскохозяйственным животным.



**1. Изменение химического состава исходной биомассы  
при выращивании гидропонного зеленого корма в течение 8 дней**

Культура	Содержание компонентов химического состава в гидропонном корме по отношению к зерну						
	сухая масса	протеин	клетчат- ка	жир	БЭВ	фосфор	каль- ций
Горох	0,75	1,57	1,25	3,40	0,68	1,80	2,15
Вика	0,85	1,40	1,31	3,50	0,75	1,89	1,96
Бобы	0,76	1,07	0,99	1,00	0,91	1,71	2,43
Ячмень	0,75	1,92	1,23	2,12	0,77	2,27	1,69
Кукуруза	0,76	1,56	1,37	0,85	0,81	2,89	2,83

Подготовка семенного материала исходной культуры включает в себя специальные виды обработки, направленные на дезинфекцию семян и стимуляцию их прорастания.

В качестве дезинфицирующих и стимулирующих средств используют химические и физические методы. Для дезинфекции семян рекомендуют, например, замачивать их в 0,01 %-ном растворе марганцовокислого калия [2] или воздействовать ультрафиолетовым светом [3]. Методы и средства стимулирующей обработки достаточно обширны [5], однако специальные исследования не подтверждают эффективность предпосевной стимуляции семян ни физиологически активными химическими веществами [1], ни физическими факторами [6].

Замачивание (предварительное проращивание) семенного материала проводят с целью экономии производственных площадей, необходимых для непрерывного производства ГЗК, а также для получения механически прочного корневого пласта. Процесс длится 1...4 сут, в течение которых зерно выдерживают на воздухе (температура 20...22 °С) и равномерно увлажняют водой (температура 18...20 °С). При проведении этой операции рекомендуют обеспечивать интенсивный доступ воздуха к прорастающим семенам [3].

Распределение семенного материала по вегетационной поверхности (посев) производят равномерно в соответствии с установленной нормой высева, в зависимости от вида используемых семян. Обычно норма высева – 2...10 кг сухого зерна на 1 м<sup>2</sup> вегетационной поверхности.

Выращивание зеленых проростков, то есть получение ГЗК, проводят в течение 4...8 сут в культивационных помещениях с управляемым микроклиматом. Агротехнический режим выращивания определяется температурой воздуха в помещении, типом увлажнения корневой зоны посевов, параметрами освещения зеленой части корма и др. Конкретные значения этих показателей зависят от вида возделываемых растений. Например, при выращивании ГЗК из зерна кукурузы или гороха рекомендуют поддерживать температуру воздуха на уровне

23...26 °С [3], а при использовании ячменя или овса – на уровне 20...23 °С [3, 7]. В качестве питательного раствора для увлажнения посевов используют известные в гидропонике растворы Чеснокова – Базириной, Абеля и др., эффективность которых примерно одинакова. При производстве ГЗК из ячменя рекомендуют применять раствор Гейслера, который обеспечивает максимальную урожайность при трехкратной концентрации солей в растворе (6,2 г/л) [8]. Однако при таком росте концентрации питательного раствора отмечено увеличение содержания нитратов в ГЗК в 4 раза (до 0,24 %) [4].

Орошение посевов проводят как методом подтопления [3], так и методом дождевания [2, 4]. На 4...6-й день после замачивания зерна начинают подсвечивание проростков искусственным светом с освещенностью 500...1500 лк и длительностью светового дня 18...24 ч в сутки.

Уборка ГЗК заключается в снятии "ковра" из зеленых проростков с вегетационной поверхности. На скормливание животным идет как зеленая часть "ковра", так и корневой пласт. Длительное (более 1,5...2 ч) хранение убранных ГЗК не допускается из-за резкого падения содержания витаминов.

В связи с тем что в составе ГЗК, выращенного из чистого зерна, содержится относительно небольшое количество клетчатки, были предложены технологии выращивания зеленого корма на "поедаемых" целлюлозосодержащих субстратах (солома, мох, опилки и т. п.). Из них наиболее широкое распространение в настоящее время получило выращивание ГЗК из ячменя на субстрате из измельченной соломы [1, 2, 4]. К достоинствам этой модификации технологии производства ГЗК следует отнести полное использование всей выращенной в поле хлебной массы (зерно и солома), а также ликвидацию отдельной технологической операции по подготовке соломы к скормливанию (запаривание, "ощелачивание" и т. п.). Повышение питательных свойств соломы достигается при ее выдерживании в качестве субстрата в течение 8...12 сут выращивания ГЗК под влиянием солей питательного раствора и корневых выделений проростков.

Для субстрата используют хорошо сохранившуюся солому, без признаков гниения или плесени. Перед раскладкой на вегетационную поверхность солому измельчают до величины около 50 мм. Дезинфекцию субстрата проводят так же, как и обработку семенного материала. Скармливают животным ГЗК вместе с субстратом в измельченном виде.

**Выбор оптимальных технологических режимов и оценка химического состава получаемого ГЗК.** Для ГЗК из ячменя на субстрате из измельченной соломы все параметры можно получить, используя линейную математическую модель процесса выращивания [8], связывающую важные агротехнические факторы с урожайностью и содержанием основных питательных веществ в корме (рис. 1).

К решающим агротехническим факторам процесса относятся:

норма высева зерна, определяющая экономику процесса (расход

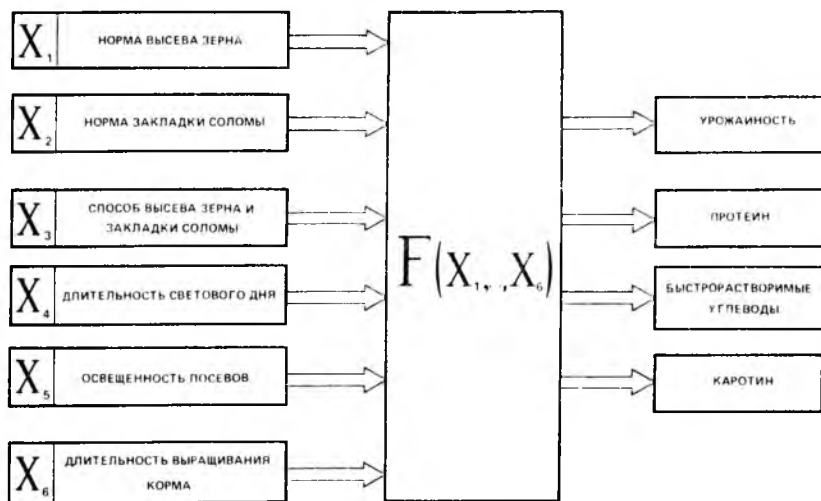


Рис. 1. Структура математической модели процесса выращивания гидропонного зеленого корма.

зерна), емкость бункеров, производительность и другие характеристики высевашеющего устройства;

норма закладки соломы, влияющая в основном на технические характеристики высевашеющего устройства;

способ высева зерна и соломы (послойный высев зерна на подстилку из соломы или высев однородной смеси зерна и соломы), определяющей технологию уборки и хранения зернофуражной культуры, а также конструкцию высевашеющего устройства;

длительность светового дня, влияющая на себестоимость ГЗК (расход электроэнергии);

освещенность на вегетационных поверхностях, определяющая энергоемкость процесса, себестоимость ГЗК и конструкцию осветительных установок;

длительность выращивания ГЗК, влияющая на размеры и материалоемкость гидропонной растительности, а значит, и на величину удельных капитальных вложений, амортизационных отчислений и т. п.

В таблице 2 приведены условные обозначения входных переменных предлагаемой модели и диапазоны их изменения.

Способы предпосевной подготовки семян и соломы, тип источника света для обеспечения светового режима, режим полива и химический состав питательного раствора можно отнести к вторичным факторам, мало влияющим на конечные результаты выращивания ГЗК.

Для укрупненной оценки конечных результатов выращивания корма могут быть использованы его основные характеристики:

**2. Основные агротехнические факторы,  
их условные обозначения и диапазоны изменения  
при построении математической модели процесса выращивания**

Фактор (его обозначение)	Уровень изменения		
	нижний	средний	верхний
Норма высева семян ( $X_1$ ), кг/м <sup>2</sup>	2	4	6
Норма закладки соломы ( $X_2$ ), кг/м <sup>2</sup>	2	4	6
Способ высева ( $X_3$ )	Послойно		Однородная смесь
Длительность светового дня ( $X_4$ ), ч/сут	7	15	23
Освещенность ( $X_5$ ), лк	500	1000	1500
Длительность выращивания ( $X_6$ ), сут	8	10	12

сухая масса;

сырая масса;

содержание протеина;

содержание быстрорастворимых углеводов;

содержание каротина.

Имеются следующие регрессионные зависимости урожайности, содержания протеина, быстрорастворимых углеводов и каротина в ГЗК на субстрате из измельченной соломы:

урожайность сырой массы корма (кг/м<sup>2</sup>)

$$38,9 + 10,3X_1 + 7,4X_2 + 2,8X_6; \quad (1)$$

урожайность сухой массы (кг/м<sup>2</sup>)

$$5,4 + 1,1X_1 + 1,4X_2; \quad (2)$$

содержание протеина (г/кг сухой массы ГЗК)

$$16,6 - 1,5X_6 + 1,5X_1; \quad (3)$$

содержание быстрорастворимых углеводов (г/кг сырой массы ГЗК)

$$3,2 - 1,8X_6 - 1,0X_5 + 0,9X_4X_5 - 0,9X_2; \quad (4)$$

содержание каротина (мг/кг сырой массы ГЗК)

$$1,0 + 0,3X_4 - 0,3X_2X_4X_5 - 0,2X_5. \quad (5)$$

При использовании уравнений модели следует иметь в виду, что факторы  $X_j$  могут принимать безразмерные значения 0 и 1, соответствующие нижнему, среднему и верхнему уровням. Полученные соотношения справедливы в диапазоне от  $-1,5X_j$  до  $+1,5X_j$ .

Задавая конкретные значения агротехнических параметров процесса и производя простые арифметические расчеты, можно оценить урожайность и химический состав корма, что позволяет рационально планировать кормопроизводство.

Экспериментальная проверка результатов, предсказываемых данной моделью, показала их совпадение с результатами других исследований. Так, например, при совпадающих значениях основных агротехнических факторов  $X$  предлагаемая модель дает содержание протеина в сухом веществе ГЗК, равное 123,6 г/кг, что достаточно близко к результатам, полученным в исследовании [4] – 122,0 и 128,4 г/кг, в работе [9] – 120,0 г/кг, а также к данным, приведенным в проспектах австрийской фирмы Andritz – 128,0 г/кг и английской фирмы Hydrodan – 155,0 г/кг.

Совпадение экспериментальных данных прослеживается и по содержанию углеводов. Расчет по модели дает на восьмые сутки выращивания значение 31,5 г/кг. Это совпадает с данными [4], где на седьмые сутки выращивания содержание углеводов было 29 г/кг. По содержанию каротина в зеленой части ГЗК расчетное значение составляет 153 мг/кг, по данным [4] – 158 мг/кг, а по данным фирмы Andritz – 100...300 мг/кг.

Для наглядности на рисунках 2 и 3 представлены графики зависимостей урожайности общей сырой и сухой массы ГЗК от нормы высева, рассчитанные по уравнениям, приведенным на стр. 11, в сравнении с данными других исследований. В связи с некоторыми различиями в применявшихся методиках выращивания корма все значения пересчитаны в относительные величины. Для иллюстраций были взяты только те значения опытов, которые получены для соответствующих норм высева зерна при равенстве других агротехнических факторов (длительности выращивания, нормы закладки соломы, способе высева и др.).

Как видно из приведенных зависимостей, расхождение между ними

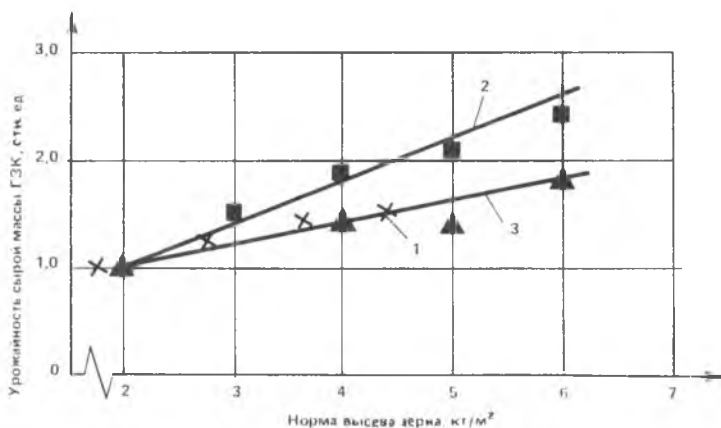
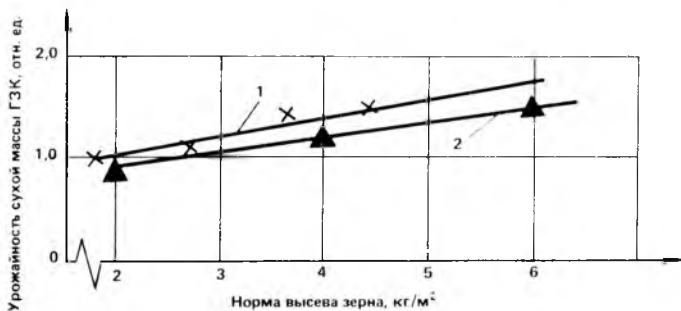


Рис. 2. Зависимости урожайности сырой массы гидропонного зеленого корма от нормы высева зерна:

1 – по данным [4]; 2 – по данным [7]; 3 – по уравнению (1) при норме закладки соломы 4 кг/м² и длительности выращивания 8 сут.



**Рис. 3.** Зависимости урожайности сухой массы гидропонного зеленого корма от нормы высева зерна:

1 – по данным [4]; 2 – по уравнению (2) при норме закладки соломы 4 кг/м<sup>2</sup>.

практически не превышает 15 %, что позволяет считать полученные уравнения в достаточной степени достоверными.

Для справочного пользования в таблице 3 даны обобщенные значения показателей химического состава и питательности ГЗК из ячменя по отечественным и зарубежным данным последних лет. Для большинства показателей, за исключением клетчатки, наименьшие значения в приводимых диапазонах относятся к гидропонному корму, выращенному на соломенном субстрате.

В производственных условиях при выращивании ГЗК возможны объединения некоторых основных этапов технологического процесса. Например, подготовка семенного материала зачастую проводится одновременно с его замачиванием (предварительным проращиванием) [2].

### 3. Химический состав и питательность гидропонного зеленого корма из зерна ячменя

Показатель	Значение показателя	
	в 1 кг сырой массы ГЗК	в 1 кг сухой массы ГЗК
Сухое вещество, г	140...220	1000
Сырой протеин, г	17...40	120...200
Сырой жир, г	2...4	14...25
Сырая зола, г	5...18	30...80
Сырая клетчатка, г	20...45	130...330
Безазотистые экстрактивные вещества, г	60...140	450...640
Кальций, г	0,2...0,5	1...3
Фосфор, г	0,6...0,8	4...6
Каротин, мг	2...40	10...200
Питательность, корм. ед.	0,15...0,20	0,8...1,0
Энергетический эквивалент, МДж	—	12...13

В ряде случаев замачивание не выделяется в отдельную операцию, а входит в этап выращивания зеленых проростков.

В последние годы появились различные варианты типового технологического процесса выращивания ГЗК, направленные прежде всего на его упрощение и снижение эксплуатационных расходов. Так, например, агробиологические исследования [4] и промышленная эксплуатация образцов установок [2, 12] показали необоснованность большой освещенности посевов ГЗК. Удовлетворительное качество кормовой массы ГЗК обеспечивается уже при освещенности 500...1000 лк, что позволяет снизить расход электроэнергии. Кроме этого, использование дождевания взамен подтопления для увлажнения корневой системы растений снижает расход питательного раствора и габариты емкостей для хранения [1].

Относительно широкое распространение получает метод выращивания ГЗК на "поедаемых" субстратах типа измельченной соломы, опилок, мха и т. п. [1, 2, 4], так как он наиболее перспективен.

На основе анализа результатов проведенных исследований рекомендуется следующий режим выращивания ГЗК: норма закладки соломы – 6 кг/м<sup>2</sup>, норма высева зерна – 6 кг/м<sup>2</sup>, длительность светового дня – 7 ч/сут, освещенность – 500 лк, длительность выращивания – 8 сут. Выбранные параметры обеспечивают урожайность ГЗК равную 55 кг/м<sup>2</sup> и соответствующее содержание основных кормовых компонентов: сухого вещества – 8 кг/м<sup>2</sup>, протеина – 1000 г/м<sup>2</sup>, углеводов – 200 г/м<sup>2</sup>, каротина – 40 мг/м<sup>2</sup>, кормовых единиц – 10 кг/м<sup>2</sup>, энергетического эквивалента – около 100 МДж/м<sup>2</sup> [8].

**Зоотехнические характеристики ГЗК.** В практике сельского хозяйства ГЗК используют как зеленую витаминную подкормку и как основной (по массе) компонент рациона сельскохозяйственных животных и птицы.

В первом случае введение ГЗК в рацион приводит к улучшению общего физического состояния животных [9], снижению ряда болезненных явлений (таких, как авитаминоз, яловость коров, низкая оплодотворенность яиц, слабое развитие молодняка и т. п.); происходит также и некоторый рост продуктивности животных, обычно не превышающий 10...12 % [3, 10]. Примерные нормы (на 1 гол.) использования ГЗК в качестве подкормки следующие [3]: для дойных коров – 3...6 кг, свиней и овец – 0,5...1 кг, поросят и ягнят – 200...500 г, кур-несушек – 20–30, для цыплят – 5...25 г.

Эффективность такого использования ГЗК обратно пропорциональна соблюдению научно обоснованных норм кормления. При использовании сбалансированных полноценных рационов добавка небольшого количества ГЗК не приводит к ощутимым положительным хозяйственным результатам, а сказывается на увеличении стоимости кормов и себестоимости животноводческой продукции. Этим, в основном, объясняется падение интереса к ГЗК в начале 60-х годов.

В настоящее время имеются сообщения об использовании ГЗК в качестве подкормки коровам и свиньям на фермах и совхозах Тульской, Московской и Омской областей и др. [13]. За рубежом в качестве подкормки ГЗК применяется в рационах экзотических животных в зоопарках стран Европы, при содержании чистокровных лошадей и др.

Применение ГЗК в качестве основного компонента в рационе позволяет упростить полевое производство кормовых культур за счет перехода к возделыванию только зернофуражной культуры и полного использования всего ее биологического урожая (зерно и солома). Резко снижаются трудозатраты на производство кормов, сокращаются потери питательных веществ при длительном хранении кормовых средств, стабилизируется питательность ежедневного рациона и улучшается его качество. Повышается также эффективность развития животноводства в районах, использующих привозные корма.

Для получения полноценных кормов необходимо при составлении рационов добавлять к массе чистого ГЗК специальные добавки, повышающие общую питательность, содержание клетчатки и углеводов. Как правило, это концентраты, солома и другие компоненты.

Применение ГЗК как основы кормового рациона становится популярным в животноводстве различных стран. Так, например, в Ливии гидропонный корм использован для кормления молочного стада в 350 гол. [12]. Состав суточного рациона одной коровы (сырая масса): 17 кг гидропонного корма из ячменя; 7 кг концентратов; 5 кг соломы. При этом продуктивность коров повысилась до 3500 л/год (11,5 л/сут), в то время как при традиционном рационе, состоящем из 7 кг сена, 8 кг концентрата и 0,2 кг минеральных добавок в том же стаде надои составляли 2500 л/год (8,5 л/сут). Общее состояние животных улучшилось.

В Англии на ферме из 23 голов молочного скота со средней продуктивностью 6000...7500 л/год (20...25 л/сут) используют следующий рацион [14]: 43 кг гидропонного корма из ячменя; 4 кг ячменной соломы; 3 кг концентратов; 2 кг жмыха. В сравнении с контрольным стадом, получавшим традиционный рацион, состоящий из 30 кг силоса, 12 кг корнеплодов и 7 кг жмыха, сохранена молочная продуктивность и получена экономия денежных средств.

В Саудовской Аравии при испытании гидропонной установки испанской фирмы Fometa в течение двух месяцев по типовой зоотехнической методике был проведен опыт на 18 молочных коровах по использованию ГЗК в качестве основного корма. Суточный рацион в опытном стаде включал: 30 кг гидропонного корма из ячменя; 5 кг концентратов.

В сравнении с контрольным рационом из 28 кг свежескошенной люцерны и 5 кг концентратов сохранена молочная продуктивность (9,4 л/сут) и снижены расходы корма на 10%.

В нашей стране, во ВНИИ кормов, проводился эксперимент по за-



мене традиционного рациона (20 кг кукурузного силоса, 10 – корнеплодов, 5 – травяной резки и 4 кг дерти ячменя) для коров с продуктивностью 8...12 л/сут рационом на основе ГЗК: 35...40 кг гидропонного корма из ячменя на субстрате из соломы (соотношение зерна и соломы 1:1); 4 кг зерна ячменя.

По результатам опыта отмечено нормальное физиологическое состояние животных и практически полное сохранение молочной продуктивности. Небольшое снижение удоев (на 3...7 %) было обусловлено тем, что контрольный рацион содержал 11,5 корм. ед., а опытный – 8,3 [9].

Примерные расчеты показывают, что для коровы с продуктивностью 6000 л/год (20 л/сут) суточный рацион на основе ГЗК должен содержать: 50...55 кг ГЗК из ячменя на субстрате из измельченной соломы; 4...5 кг дробленого зерна ячменя (концентраты); 1,5...2 кг меласы или патоки (углеводы); 0,1...0,2 кг минеральных добавок.

Требуемое для этого рациона количество ГЗК может быть получено ежедневно с 1 м<sup>2</sup> вегетационной поверхности при указанном выше агротехническом режиме выращивания. Таким образом, для ежедневного обеспечения потребностей одной коровы необходимо иметь при восьмидневном цикле выращивания вегетационную поверхность площадью около 8 м<sup>2</sup>.

Следует отметить, что солома (источник клетчатки) может быть включена в рацион не только как субстрат при выращивании ГЗК, но и как добавка в кормовую смесь непосредственно перед скармливанием.

Интересными и перспективными с практической точки зрения являются предложения использовать в качестве исходной биомассы для выращивания ГЗК необмолоченную зерносоломистую массу фуражной культуры (а. с. № 1056963 СССР и № 1436946 СССР, МКИ\* А01 G 31/00), смеси семян зернофуражных и кормовых бобовых культур (клевер, люцерна и т. п.) [7] и др.

По оценкам специалистов, ГЗК достаточно сбалансирован по содержанию основных питательных веществ и отвечает требованиям, предъявляемым к кормам для сельскохозяйственных животных [1, 3, 14, 15].

---

\* Здесь и далее сокращение НКИ и МКИ обозначают рубрики и подрубрики соответственно национальной или международной классификации изобретений. Полный перечень патентов промышленно развитых стран мира и авторских свидетельств СССР, относящихся к оборудованию для выращивания гидропонного зеленого корма, приведен в таблице 6.

## СОСТАВ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ

**Общие сведения.** Набор машин и оборудования для производства ГЗК должен обеспечивать соблюдение заданных агротехнических параметров, цикличность выполнения технологических операций и взаимодействие всех устройств между собой и со смежными техническими системами.

Конечный результат процесса функционирования оборудования – получение необходимого количества ГЗК на основе потребления исходной биомассы зерна и, при необходимости, субстрата. Агробиологические условия преобразования сухого зерна в свежий зеленый корм обеспечиваются потреблением энергии, воды, химических веществ и трудовых ресурсов.

В наиболее обобщенном виде состав набора гидропонного оборудования, взаимодействие его элементов, потоки основных материалов и энергии отображаются структурной схемой, представленной на рисунке 4. В схему включены устройства для посева, уборки, освещения

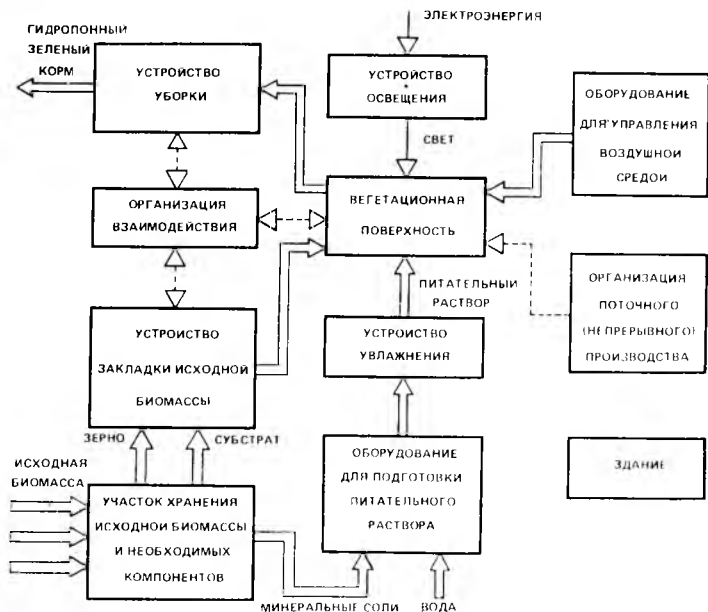


Рис. 4. Обобщенная структурная схема комплекса оборудования для непрерывного производства гидропонного зеленого корма:

⇒ – направление основных материальных потоков; → – направление основных энергетических потоков; ⇔ – организационно-техническое взаимодействие.

и др., а также оборудование, обеспечивающее связь комплекта с окружающей средой (здание) и предыдущей технологической операцией по получению исходной биомассы. Основным элементом этих реальных физических устройств и систем – вегетационная поверхность, на которой происходит рост и развитие зеленых проростков, являющихся конечным результатом функционирования всего набора гидропонного оборудования. Работа остальных элементов структурной схемы направлена на обеспечение необходимых агротехнических условий (температуры, влажности, освещенности и пр.) на всей площади вегетационной поверхности.

В состав структурной схемы, наряду с устройствами, выполняющими конкретные агротехнические операции, введены элементы, отражающие организационно-технические решения, обеспечивающие функционирование набора оборудования для выращивания ГЗК. К ним относятся варианты организации поточного (непрерывного) производства ГЗК и взаимодействия устройств закладки исходной биомассы и уборки готового корма с вегетационной поверхностью.

Организация поточности производства ГЗК имеет большое значение, поскольку затрагивает достижение основной целевой функции набора технических средств – ежедневное обеспечение сельскохозяйственных животных необходимым количеством свежего гидропонного корма. Организация взаимодействия устройств уборки и закладки с вегетационной поверхностью влияет в основном на технико-экономическую эффективность процесса производства ГЗК. Вариант решения по этому элементу определяет сложность, а значит, и стоимость основных технических устройств и необходимые размеры здания, влияющие на стоимость строительных сооружений и на затраты по поддержанию микроклимата воздуха.

Предложенная обобщенная структурная схема набора гидропонного оборудования обладает свойством минимальности: исключение из этой схемы хотя бы одного элемента ведет к невыполнению таким "усеченным" набором своих основных функций по выращиванию ГЗК. Это свойство предлагаемой схемы позволяет сосредоточить внимание при ее анализе и выборе возможных технических решений именно на главных "системообразующих" параметрах оборудования, не вдаваясь в мелкие технические подробности, не влияющие на основные качественные показатели работы комплекта машин и устройств. Кроме этого, как будет показано ниже, такая схема может служить основой для классификации вариантов конструктивно-технологических схем наборов гидропонного оборудования для выращивания ГЗК при анализе тенденций развития данной группы техники.

В состав обобщенной структурной схемы не включены устройства, осуществляющие подготовку семенного материала и его предварительное проращивание. Как указано в предыдущем разделе, эти операции являются второстепенными, могут быть включены в этап выращивания

зеленых проростков и реализованы непосредственно на вегетационной поверхности с помощью устройства увлажнения.

Приводимый ниже обзор и анализ элементов структурной схемы набора гидропонного оборудования с методологической точки зрения связан с переходом от рассмотрения оборудования на функциональном, структурном уровне, когда элементы набора представляются устройствами определенного функционального назначения при полной неизвестности их технической реализации, на уровень конструктивно-технологического воплощения каждого из этих элементов, дающий специалистам представление о нем как о конкретном техническом объекте определенной сложности.

Ряд рассматриваемых элементов не относится непосредственно к области гидропонного оборудования для выращивания ГЗК, а является оборудованием, заимствованным из других областей техники. Такие устройства будут кратко проанализированы с указанием основных требований к ним и возможных типов и марок машин или оборудования, их использующих.

**Хранение исходной биомассы и необходимых компонентов** – процесс, связывающий производство ГЗК с предыдущим технологическим процессом по получению исходной биомассы. В состав участка может входить любое типовое оборудование для хранения кормов. Например, для хранения запаса зерна могут быть использованы бункеры БСК-10 или БСК-25, а для хранения субстрата – элементы типового оборудования для обработки стебельчатых кормов, измельчители типа ИРТ, транспортеры ТС-40 и др.

Основным требованием к этому оборудованию является достаточная емкость хранилищ. На основании анализа минимальная емкость бункеров должна обеспечивать 3...5-суточный запас исходной биомассы, чтобы в случае возникновения аварийной ситуации с доставкой необходимых компонентов поддерживать в течение этого периода производство свежего гидропонного корма.

**Здание для размещения набора гидропонного оборудования** должно обеспечивать высокую степень теплоизоляции ограждающих конструкций. Это позволит снизить амортизационные отчисления и сократить долю затрат, приходящихся на поддержание микроклимата воздушной среды.

При новом строительстве перспективны полнообъемные здания из легких строительных конструкций, применяемые в настоящее время в качестве ангаров, складов, торговых предприятий и т. п. Так же возможно использование уже имеющихся в хозяйстве зданий, расположенных в непосредственной близости от животноводческих помещений. Это могут быть старые здания кормоцехов, телятники, технологические проходы на фермах, которые при реконструкции приспособливают для производства ГЗК. В этом случае себестоимость производства ГЗК – минимальная.

**Оборудование для управления воздушной средой** предназначено для поддержания заданных параметров воздуха в зоне вегетационной поверхности. В большинстве гидропонных установок для этой цели используют обычные кондиционеры или вентиляционные системы.

Данное оборудование относится к строительной части помещения, предназначенного для выращивания ГЗК, и в составе набора гидропонного оборудования не рассматривается. Основными требованиями при его выборе или разработке являются минимальная стоимость и возможность поддержания постоянной температуры 18...23 °С внутри здания с определенным коэффициентом теплопотерь через ограждающие конструкции при заданных расчетных температурах наружного воздуха. Следует иметь в виду, что для большинства районов СССР с умеренным климатом и южных засушливых районов ряда союзных республик наибольшую трудность представляет поддержание указанной температуры в летнее время, что связано со сложностью охлаждения воздуха по сравнению с его нагреванием.

**Оборудование для подготовки питательного раствора** применяют для получения водного раствора минеральных солей необходимой концентрации. Исходными компонентами для приготовления питательного раствора служат вода и смеси минеральных удобрений. Максимальная концентрация солей в растворе составляет 5...6 г/л, средняя концентрация – 1...2 г/л. В наборах гидропонного оборудования первого поколения использовали специально разработанные системы для приготовления питательного раствора, входившие в состав технологического оборудования для гидропонных теплиц БАП-2000, ТУГ-20, АБТ-4, ОБВ-6 и др. В настоящее время удобрения растворяют в воде, либо вручную, либо с помощью типового оборудования, аналогичного агрегатам-смесителям мелассы и карбамида [2], машинам для приготовления рабочих жидкостей при защите растений или системам для подготовки поливной воды и растворов ядохимикатов в теплицах.

Так же, как и оборудование для управления воздушной средой, системы для подготовки питательного раствора в составе гидропонного оборудования, как правило, не рассматривают.

Перечисленные элементы структурной схемы набора гидропонного оборудования являются как бы "общесистемными", обслуживающими в целом технические средства, непосредственно участвующие в выращивании ГЗК. Их можно отнести к инфраструктуре гидропонных установок, недооценка значения которой на первом этапе развития гидропонной техники приводила к конфликтным проблемам при внедрении этих установок в практику сельского хозяйства.

**Организация поточного (непрерывного) производства** необходима для нормального функционирования всего комплекта оборудования, обеспечивающего ежедневное, независимо от времени года, получение определенного постоянного количества свежей кормовой массы. Выполнение этой задачи требует обязательного разделения всей вегетаци-

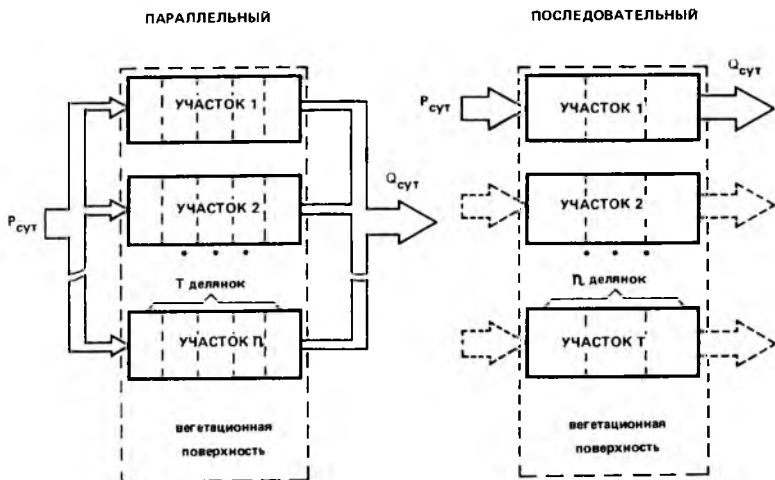


Рис. 5. Способы организации поточного (непрерывного) производства гидропонного зеленого корма:

$P_{сут}$  – суточный расход исходной биомассы;  $Q_{сут}$  – суточная производительность по зеленому корму;  $T$  – число суток выращивания ГЗК;  $n$  – любое целое число.

онной поверхности гидропонного оборудования на ряд участков одинаковой площади, которые и обеспечивают поточность производства ГЗК. По способу ежедневного использования этих участков для производства ГЗК наборы гидропонного оборудования могут быть параллельного и последовательного типов (рис. 5).

При параллельной схеме производства ГЗК готовая продукция снимается ежесуточно (и, соответственно, загружается исходная биомасса) одновременно с ряда параллельных участков вегетационной поверхности. При этом на каждом участке ежедневная уборка и последующая закладка исходной биомассы осуществляется только на определенной части площади этого участка (делянке). В этом случае для выполнения требования непрерывности производства число делянок на каждом участке должно быть равно числу дней выращивания ГЗК, а число участков может быть любым.

Параллельная схема организации поточности необходима в том случае, когда комплект гидропонного оборудования с требуемой производительностью по зеленому корму состоит из отдельных установок меньшей производительности. Так, например, испанская фирма Fometa Overseas предлагает проекты кормоцехов производительностью до 150 т в сутки на базе простого объединения соответствующего числа своих гидропонных установок модели FPU-1000 производительностью 1 т ГЗК в сутки каждая.

Последовательный тип организации производства характеризуется ежедневным съемом готового корма и последующей закладкой исходной биомассы с определенного участка вегетационной поверхности. При этом каждый день обработке подвергается площадь только одного участка. Для соблюдения условия непрерывности количество участков должно быть равно числу дней выращивания корма, а число делянок на каждом участке не ограничено и может быть любым. По такой схеме организован процесс в цехе по производству ГЗК конструкции СибНИИСХОЗа, где кормовая масса ежедневно убирается с одного из восьми участков вегетационной поверхности в виде спиралевидных многоярусных растений.

Варианты организационно-технических решений по рассматриваемому элементу структурной схемы представлены ниже.

Обозначение	Вариант
011	Суточная потребность в ГЗК обеспечивается ежедневно с ряда делянок всех параллельных участков вегетационной поверхности (параллельная схема)
012	Суточная потребность в ГЗК обеспечивается ежедневно со всех делянок одного участка вегетационной поверхности (последовательная схема)

Для удобства последующего анализа вводятся обозначения вариантов: первые две цифры представляют название рассматриваемого устройства или его структурной части, а последняя – порядковый номер варианта конструктивно-технологической схемы данного устройства или способа его реализации.

Выбор того или иного варианта организации поточности должен определяться прежде всего экономическими соображениями. Существует предел объединения нескольких локальных малопроизводительных установок в один цех большой производительности. Завышение этого предела делает экономически целесообразной покупку или изготовление одной высокопроизводительной установки, стоимость которой будет меньше суммарной стоимости малых установок.

**Вегетационная поверхность** предназначена для размещения и удержания посевов ГЗК в пространстве культивационного сооружения. С агротехнической точки зрения главной задачей вегетационной поверхности является обеспечение необходимых водно-воздушных параметров корневого пласта ГЗК, особенно его дренажа. Организационно-техническая структура вегетационной поверхности, обеспечивающая непрерывность выращивания корма и эффективное взаимодействие устройства уборки, закладки, увлажнения и освещения. Все это должно способствовать высокой эффективности использования кондиционируемого объема культивационного сооружения и удовлетворять ряду других требований.

Таким образом, схема и конструкция вегетационной поверхности

является одним из самых важных определяющих элементов в наборе гидропонного оборудования для выращивания ГЗК.

Проведенный анализ показывает, что конструктивно-технологическая схема вегетационной поверхности должна характеризоваться несколькими взаимосвязанными показателями.

По организационно-техническим требованиям вегетационная поверхность разбивается на участки, участки – на делянки, делянки – на площадки. Она характеризуется как конструктивным исполнением в целом, так и, соответственно, исполнениями участка и делянки. Следует отметить, что в ряде известных комплектов гидропонного оборудования такое разделение вегетационной поверхности является условным, не имеющим технического воплощения.

Агротехнические требования к вегетационной поверхности характеризуются ее типом, а чисто технические свойства – вариантом размещения поверхности в пространстве культивационного сооружения.

Таким образом, устройство вегетационной поверхности рассматривается по вариантам конструктивного исполнения: поверхности в целом; поверхности участка; поверхности делянки; типа поверхности; размещения поверхности в пространстве.

Обзор известных гидропонных установок показывает, что вегетационная поверхность по конструктивному исполнению в целом может быть выполнена по способам, представленным ниже.

Обозначение	Вариант
021	Поверхность, размещенная на единой несущей конструкции, условно разделенная на участки, объединенные единым конструктивным элементом (трос, цепь, лента и др.)
022	Поверхность, размещенная на единой несущей конструкции, состоящая из отдельных участков, не объединенных конструктивным элементом
023	Поверхность, размещенная на отдельных несущих конструкциях, состоящая из отдельных участков, не объединенных конструктивным элементом

Примером выполнения вегетационной поверхности по варианту 021 может быть установка [патент США № 3327425 (НКИ 47-1,2)], в которой использована связанная единым конструктивным элементом поверхность. Этот элемент образован вертикально замкнутыми тяговыми цепями подвесного конвейера, размещенного на единой несущей рамной конструкции (рис. 6). Деление поверхности на ежедневно убираемые и засеваемые участки весьма условно. Размер каждого участка зависит от общей длины конвейера, которая определяется требуемой суточной производительностью установки.

Установка по патенту США № 3284948 (НКИ 47-1.2) по исполнению



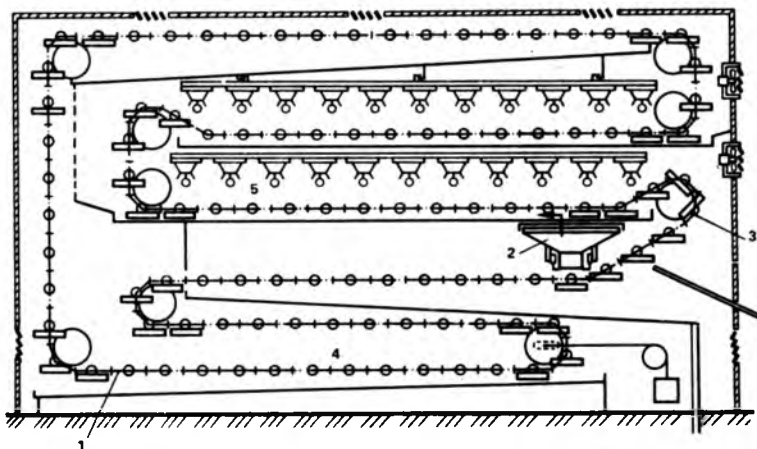


Рис. 6. Пример исполнения вегетационной поверхности в целом, размещенной на единой несущей конструкции, с условным делением на участки, объединенные единым конструктивным элементом (по патенту США № 3327425) :

1 – вертикально замкнутый транспортер с подвесками; 2 – устройство закладки; 3 – устройство уборки; 4 – зона проращивания посевного материала; 5 – зона выращивания ГЗК.

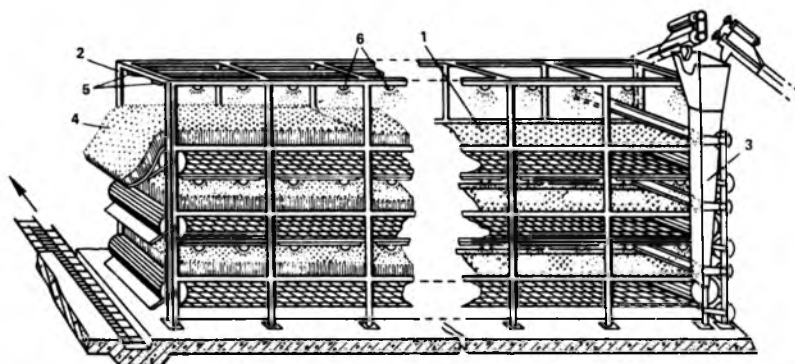


Рис. 7. Пример исполнения вегетационной поверхности в целом из конструктивно-раздельных участков, размещенных на общей несущей конструкции (по патенту США № 3284948) :

1 – участок вегетационной поверхности; 2 – единая несущая конструкция; 3 – устройство закладки; 4 – устройство уборки; 5 – устройство освещения; 6 – устройство орошения.

вегетационной поверхности в целом относится к варианту 022. Здесь ленточный транспортер каждого яруса установки представляет собой отдельный участок поверхности, не связанный с другими участками конструктивным элементом. Все ярусы размещены на общей несущей конструкции (рис. 7). Необходимо указать, что в данных установках, в соответствии с предложенной минимизированной обобщенной структурной схемой комплекта гидропонного оборудования, отсутствуют устройства для предварительного проращивания посевного материала. Эта операция производится на вегетационной поверхности и является частью единого периода выращивания ГЗК.

Последний вариант исполнения вегетационной поверхности в целом использован в цехе по производству ГЗК конструкции СибНИИСХОЗа (см. рис. 16). Здесь вегетационная поверхность состоит из восьми отдельных участков, расположенных на специальных несущих конструкциях. Каждый участок не связан с другими конструктивными элементами.

Аналогичное разделение вариантов исполнения может быть применено к конструкциям соответственно участка и делянки вегетационной поверхности. Встречающиеся варианты исполнения поверхностей участка и делянки приведены ниже.

Обозначение	Вариант (участок)
031	Сплошная единая, из условных делянок
032	Из отдельных делянок, связанных между собой конструктивным элементом (цепь, трос, лента и т. п.)
033	Из отдельных делянок, не связанных между собой конструктивным элементом
Обозначение	Вариант (делянка)
041	Сплошная единая, из условных площадок
042	Из отдельных площадок, связанных между собой конструктивным элементом (цепь, трос, лента и т. п.)
043	Из отдельных площадок, не связанных между собой конструктивным элементом

Очевидно, что участки вегетационной поверхности установки, изображенной на рисунке 7, выполнены по варианту 031, а делянки — по варианту 041. Участок установки, приведенной на рисунке 6, имеет конструктивное исполнение по варианту 032 с исполнением делянок, в него входящих, по варианту 042.

Следует отметить, что в известных установках вариант исполнения делянки определяет аналогичный вариант конструкции участка.

Для обеспечения водно-воздушных параметров корневого пласта в гидропонных установках применяются различные типы вегетационной поверхности, приведенные ниже. Исследованию гидравлических и других свойств этих типов поверхности были посвящены работы первого этапа развития гидропонной техники.

Обозначение	Вариант
051	Гофрированная с перфорацией
052	Плоская с уклоном
053	Плоская с перфорацией
054	Сетчатая (размеры ячеек намного больше размеров используемых семян)

Тип поверхности по варианту 054 требует обязательного наличия в технологической схеме гидропонных установок операции предварительного проращивания семян на поддонах со сплошным дном с целью образования корневого пласта с достаточной механической прочностью, препятствующей просыпанию семян через ячейки сетки. Этот вариант использован в отечественной установке конструкции ВНИИМЖа [16].

Частным случаем является вегетационная поверхность в виде ребристой решетки, использованная в установке по патенту США № 3425158 (МКИ А01 G 31/00, НКИ 47-1.2). Общий вид такой установки показан на рисунке 7, где вместо сплошной транспортной ленты использованы поперечные пластины, установленные на ребро и прикрепленные к двум замкнутым тяговым лентам. В связи с отсутствием операции предварительного проращивания здесь для предотвращения просыпания семян между ребрами решетки использована укладка под слой исходной биомассы перфорированной ленты из тонкой бумаги.

Другим частным случаем варианта 054 является тип вегетационной поверхности в виде трехгранной ажурной перекладки, на которую развешивают предварительно пророщенные корневые пласты. Этот тип использован в проекте гидропонного цеха австрийской фирмы Andritz (см. рис. 14), технические решения которого защищены патентом Франции №2501462 (МКИ А01 G 31/00).

Известные способы размещения вегетационной поверхности в пространстве культивационного сооружения представлены ниже.

Обозначение	Вариант
061	Одноярусное
062	Многоярусное

В подавляющем большинстве установок встречается многоярусная поверхность, которая позволяет более эффективно использовать объем культивационного сооружения. Интересная модификация многоярусной вегетационной поверхности в виде горизонтальной цилиндрической оболочки использована в установке по авторскому свидетельству СССР №1005735.

Одним из примеров использования одноярусной вегетационной поверхности может быть довольно оригинальная установка по патенту США № 3579907 (МКИ А01 G 31/02, НКИ 47-17). Здесь, в горизонтально-замкнутом трубопроводе, на поверхности воды, залитой до высоты, чуть меньшей половины диаметра трубы, размещены круглые плоские

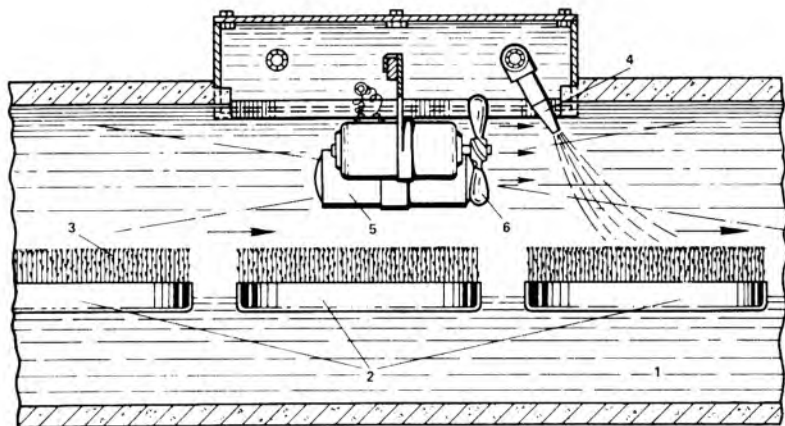


Рис. 8. Пример одноярусной вегетационной поверхности (по патенту США № 3579907):

1 - замкнутый трубопровод, заполненный жидкостью; 2 - круглые плавающие поддоны; 3 - гидропонный корм; 4 - устройство увлажнения; 5 - устройство освещения; 6 - вентилятор, создающий поток воздуха для передвижения поддонов.

плавающие поддоны, на которых и происходит выращивание зеленого корма (рис. 8).

Таким образом, конструктивно-технологическая схема вегетационной поверхности гидропонной установки характеризуется пятью параметрами, сочетание исполнения которых образует широкую гамму возможных вариантов создания всего устройства в целом.

**Устройство увлажнения** предназначено для поддержания влажности корневой зоны посевов ГЗК на уровне 80...90 % и снабжения корней растений химическими питательными элементами. При выращивании ГЗК используют три различных метода подачи питательного раствора: подтопление (субирригация), дождевание, орошение с помощью постоянного уровня раствора.

Подтопление осуществляется подачей питательного раствора, уровень которого при поливе постепенно поднимается снизу вверх, пропитывая всю толщину коренного пласта, и последующего полного слива раствора.

По своему принципу орошение подтоплением связано с применением для каждого полива больших количеств раствора, что требует наличия в устройствах орошения резервуаров большого объема с возвратом в них использованного раствора. Как правило, подача раствора на вегетационную поверхность осуществляется с помощью насоса, а слив — самотеком.

Развитие конструкций устройств увлажнения подтоплением шло по пути максимально возможного уменьшения объемов резервуаров для

питательного раствора. В отечественных многоярусных стеллажных установках первого поколения моделей УЗК-250, УВР-1200 это достигалось за счет принудительного (с помощью насоса) заполнения раствором верхнего яруса стеллажа до определенного уровня с последующим перетеканием раствора последовательно через все нижние ярусы. Такой принцип полива назывался "секционированием раствора". Последовательность и периодичность перетекания раствора определялась конструкцией водовыпусков, устанавливаемых на каждом ярусе. Известны водовыпуски сифонного и поплавкового типов.

Общими недостатками устройств увлажнения с "секционированием раствора" являются большое количество водовыпусков в каждой установке; высокая вероятность их засорения стеблями проростков, остатками зерна, корней и т. п.; плохая приспособленность к техническому обслуживанию. Кроме этого, подобные реализации принципа подтопления требуют применения растений с двойным дном. На практике это приводит к необходимости выращивания ГЗК в небольших перфорированных лотках, устанавливаемых на борта водонепроницаемых поддонов, либо на съемных сетках, работа с которыми требует предварительного проращивания посевного материала для получения корневого пласта с достаточной механической прочностью.

Вместе с тем традиционные устройства увлажнения подтоплением с водовыпусками довольно широко применяются в схемах гидропонных установок.

Свободны от этих недостатков устройства, осуществляющие подтопление отдельных участков (секций) вегетационной поверхности последовательным опусканием их в открытый резервуар с питательным раствором. Такой принцип предложен в установках по патенту Великобритании № 1457920 (МКИ А01 G 31/02) и авторскому свидетельству СССР № 942634, где площадки вегетационной поверхности размещены на вертикально замкнутом подвесном конвейере, под которым находится открытый резервуар. При вращении конвейера подвески с растительными последовательно увлажняются в резервуаре с раствором, излишки которого стекают с растений обратно в бак.

Орошение по этому методу осуществляется путем разбрызгивания питательного раствора сверху над посевами ГЗК с помощью форсунок различной конструкции. Интенсивность дождевания экспериментально выбирается такой, чтобы расходуемый раствор пропитывал весь корневой пласт с небольшим сливом излишков раствора. Основная масса жидкости должна удерживаться корневым пластом за счет его капиллярных свойств.

В известных гидропонных установках используются три различные схемы устройств дождевания:

стационарная сеть равномерно распределенных над вегетационной поверхностью неподвижных форсунок;

равномерное перемещение штанги с форсунками по всей вегетационной поверхности;

равномерное перемещение вегетационной поверхности через зону действия неподвижной штанги с форсунками.

Дождевание по первой схеме широко используется в установках для выращивания ГЗК по патентам Великобритании № 1374076 (МКИ А01 G 31/00, НКИ А1 Е) и Франции № 2502899 (МКИ А01 G 31/20). Однако эта схема при повышении производительности установок ведет к резкому увеличению количества форсунок, что снижает надежность работы оборудования и повышает трудоемкость ремонтных работ. Для снижения числа используемых форсунок в патенте Франции № 2074900 (МКИ А01 G 31/00) применена установка форсунок на изогнутых трубках с подвижным соединением их с коллекторным трубопроводом. При подаче раствора трубка с форсункой под действием реактивной силы начинает вращаться вокруг точки присоединения к трубопроводу. Так как для форсунок одного и того же типа зона дождевания увеличивается в 4 раза, соответственно снижается их требуемое количество.

В патенте Великобритании № 2030834 (МКИ А01 G 31/00, НКИ А1 Е) для снижения вероятности засорения перед распыливающим соплом каждой форсунки установлен сетчатый фильтр. Однако такое решение нельзя считать рациональным, так как будет происходить засорение не форсунок, а фильтров, очистка которых не менее трудоемка.

Наиболее эффективным средством повышения "помехозащищенности" устройств дождевания является создание их по схемам второго и третьего типов с равномерным относительным перемещением штанги с несколькими форсунками и увлажняемых посевов.

В патенте Великобритании № 2121263 (МКИ А01 G 31/02, НКИ А1 Е4) предлагается перемещение подвесной вертикальной штанги с форсунками по монорельсу вдоль боковой поверхности многоярусного стеллажа с посевами ГЗК. Увлажнение посевов происходит при боковом дождевании. Штанга с форсунками выполняется в подвесном и опорном вариантах.

В установке по патенту Франции № 2501462 (МКИ А01 G 31/00) использован обратный принцип: участки с посевами ГЗК перемещаются конвейером по вертикально замкнутой траектории мимо неподвижно установленной штанги с форсунками.

В обоих типах установок легко решаются вопросы технического обслуживания дождевательных устройств, а для повышения надежности работы может быть введено 100 %-ное резервирование распыливающих узлов.

Орошение с помощью постоянного уровня раствора применяется для лабораторных условий с XIX века и суть его состоит в том, что корни гидропонных растений постоянно находятся в питательном растворе, уровень которого понижается по мере удлинения корневой системы.

Применение этого метода орошения связано с наличием бака высотой как минимум 200 мм (длина корней), расположенным под всей площадью вегетационной поверхности, что ведет к удорожанию установок и увеличению их габаритов. В области техники для выращивания ГЗК известно только одно техническое решение устройства орошения с постоянным уровнем раствора, реализованное в одном из вариантов отечественного многоярусного гидропонного оборудования конструкции ВНИИМЖа [16].

Устройства увлажнения, применяемые в гидропонных установках, могут быть классифицированы по своей конструктивно-технологической схеме или способам их реализации в соответствии с данными, приведенными ниже.

Обозначение	Вариант
071	Подтопление с последовательной подачей питательного раствора из резервуара к неподвижным участкам вегетационной поверхности
072	Подтопление с последовательной подачей участков вегетационной поверхности к резервуару с питательным раствором
073	Дождевание через стационарную сеть равномерно распределенных разбрызгивающих форсунок
074	Дождевание путем равномерного перемещения штанги с форсунками над посевами ГЗК
075	Дождевание путем равномерного перемещения участков вегетационной поверхности под штангой с форсунками
076	Орошение с помощью постоянного уровня раствора

Сравнивая эффективность вариантов устройств увлажнения для производства ГЗК можно отметить, что более экономичными являются устройства дождевания, в которых удельный объем резервуаров для питательного раствора, приходящийся на единицу производительности установки по зеленому корму, составляет 1,0...1,3 м<sup>3</sup>/т по сравнению с величиной 2,0...2,5 м<sup>3</sup>/т для устройств подтопления. Однако стационарные устройства дождевания с большим количеством распыливающих форсунок имеют низкую эксплуатационную надежность. В составе набора гидропонного оборудования устройства увлажнения работают два-три раза в сутки и каждый раз обслуживают всю площадь вегетационной поверхности.

**Устройство освещения** предназначено для обеспечения фотосинтеза в посевах ГЗК созданием определенной величины освещенности и длительности светового дня.

В установках для производства ГЗК устройства освещения выполняются с использованием искусственных электрических источников света

или естественного солнечного освещения. В последнем случае гидропонные установки размещают в культивационных сооружениях со светопрозрачным остеклением (теплицы, специальные здания). Основной трудностью использования естественного солнечного света для досвечивания посевов ГЗК, особенно при их многоярусном размещении, является необходимость относительно равномерного распределения света по всей площади вегетационной поверхности. С этой целью используется размещение небольших установок вблизи оконных проемов (установка модели Herbagrass французской фирмы TECHN-Land) или в полностью светопрозрачных укрытиях, как в патенте Франции № 2502899 (МКИ А01 G 31/00). Однако при большой площади поверхности естественный свет практически не проникает в глубину межъярусного пространства растений, поэтому для распределения светового потока в этом случае используют равномерное перемещение всех участков поверхности мимо застекленных оконных проемов.

В конструкциях устройств освещения с искусственными источниками света наиболее широко используют стационарную сеть равномерно размещенных над поверхностью посевов ГЗК светильников, в качестве которых чаще всего применяют люминесцентные лампы (а. с. СССР №1083978).

В качестве искусственных источников света применяют и дуговые лампы высокого давления, представляющие собой высокоинтенсивный точечный световой источник, размещаемые, как правило, в стороне от участков вегетационной поверхности. Неравномерность освещения посевов в этом случае резко увеличивается, и для ее ликвидации обеспечивают относительное перемещение устройства освещения и участков вегетационной поверхности, что использовано в авторском свидетельстве СССР № 627790.

Варианты известных схем построения устройств освещения представлены ниже.

Обозначение	Вариант
081	Естественное солнечное освещение
082	Стационарная сеть равномерно распределенных низкоинтенсивных источников света
083	Перемещение вегетационной поверхности через зону действия неподвижного высокоинтенсивного источника света
084	Перемещение зоны действия высокоинтенсивного источника света по неподвижной вегетационной поверхности

Устройство освещения в составе набора гидропонного оборудования работает ежедневно в течение заданной длительности светового дня и обслуживает половину площади вегетационной поверхности, так как досвечивание посевов проводят во второй половине периода выращивания ГЗК.



Следует отметить, что операция досвечивания в технологическом процессе выращивания ГЗК является наиболее дорогостоящей в связи с большим расходом электроэнергии. Поэтому при выборе устройства освещения с электрическими источниками света предпочтение следует отдавать устройствам с наименьшей величиной установленной мощности светильников, так как практический опыт показывает, что требуемая норма освещенности достигается общим освещением. Так, например, в современных установках моделей FPU-1000 (Испания) и Landsaver (Великобритания) удельный суточный расход электроэнергии на досвечивание составляет  $0,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  вегетационной поверхности. Для сравнения, установка первого поколения модели УЗК-250 имела удельный расход электроэнергии около  $2,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ .

Устройство закладки исходной биомассы предназначено для равномерного распределения посевного материала (и субстрата) по вегетационной поверхности.

Непрерывность выращивания ГЗК достигается ежесуточной закладкой исходной биомассы только на части площади поверхности.

В известных конструкциях гидропонных установок закладка посевного материала на проращивание осуществляется вручную или механиз-

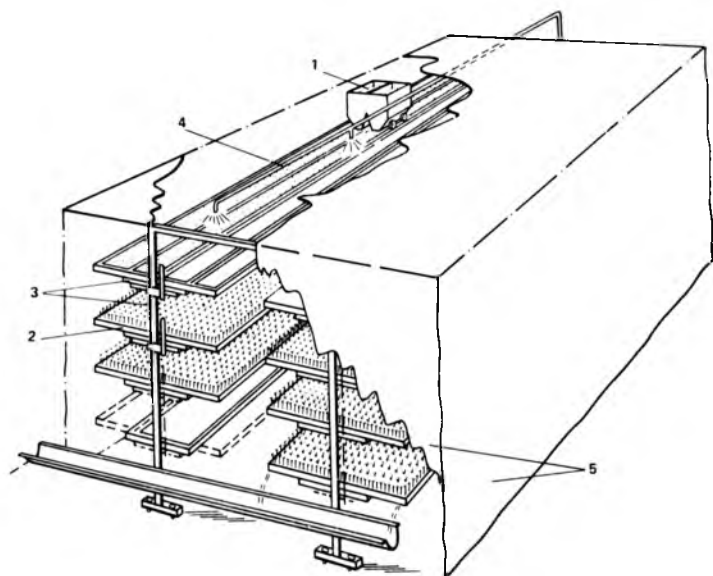
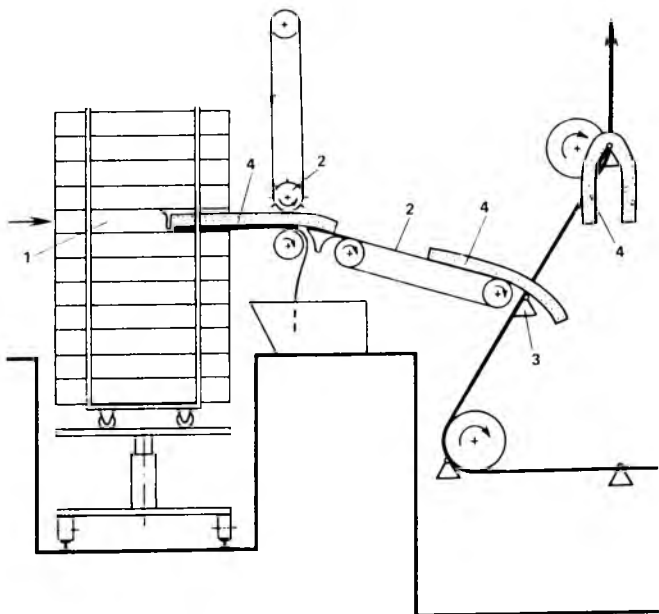


Рис. 9. Пример исполнения способа закладки исходной биомассы путем перемещения высевающего рабочего органа над неподвижной вегетационной поверхностью (по патенту Франции № 2502899):

- 1 – перемещаемый бункер; 2 – неподвижные участки вегетационной поверхности; 3 – несущая конструкция; 4 – устройство увлажнения; 5 – светопрозрачное пленочное укрытие.



**Рис. 10.** Устройство закладки исходной биомассы, использованное в установке по патенту Франции № 2501462:

1 – транспортная тележка с поддонами; 2 – подающие транспортеры; 3 – подвеска-перекладина площадки вегетационной поверхности в виде вертикально замкнутой конвейерной системы; 4 – корневой пласт с проростками ГЗК.

рованным способом. При механизированной закладке для выполнения этой операции необходимо обеспечить относительное перемещение высевающего рабочего органа и засеваемой площадки вегетационной поверхности. Так, например, в патенте Франции № 2502899 для высева исходной биомассы использовано перемещение бункера с зерном над неподвижным участком поверхности (рис. 9), аналогичное решение применено и в установке по патенту США № 3327425. В установках по патентам США № 3432965 (МКИ А01 G 31/00, НКИ 47-1.2) и Франции № 2520190 (МКИ А01 G 31/00) предлагается обратный принцип: высевающий рабочий орган расположен неподвижно над перемещаемой площадкой участка вегетационной поверхности. В качестве высевающих рабочих органов в механизированных устройствах закладки применяют шнековые транспортеры с продольной выгрузной щелью (патенты США № 3284948 и № 3664061), бункеры-дозаторы с различными заслонками (патент США № 3438965) или скребковые разравнивающие транспортеры (авторское свидетельство СССР № 948346).

Оригинальное устройство закладки использовано в установке по патенту Франции № 2501462. Здесь (рис. 10) корневые пластины четырех-

дневного возраста, предварительно пророщенные на поддонах и имеющие достаточно высокую механическую прочность на разрыв, последовательно подаются на вход устройства закладки, которое автоматически снимает корневой пласт с каждого поддона и перемещает его до проходящей по вертикальной траектории подвески вертикально замкнутой конвейерной системы, где пласт естественным образом подхватывается подвеской и оказывается висящим на нем со свободно свисающими краями. Аналогичный принцип построения устройства закладки использован в одной из модификаций гидропонной установки конструкции ВНИИМЖа [16].

Таким образом, применяемые в гидропонных установках варианты выполнения операции закладки могут быть следующие.

Обозначение	Вариант
091	Перемещение высевающего рабочего органа над неподвижной площадкой вегетационной поверхности
092	Перемещение площадки вегетационной поверхности под неподвижным высевающим рабочим органом
093	Вручную, с помощью оператора

**Устройство уборки** предназначено для снятия готового ГЗК с вегетационной поверхности. Так же, как и устройство закладки, оно ежедневно обслуживает только часть вегетационной поверхности, определяемую ритмом поточного производства ГЗК.

Известные варианты выполнения операции уборки ГЗК в целом аналогичны схемам выполнения операции закладки. Однако в устройствах уборки дополнительно применяют вариант без рабочего органа, в котором снятие ГЗК осуществляется соскальзыванием пласта кормовой массы под собственным весом с площадки вегетационной поверхности. Для этого, как и в установке по патенту Франции № 2340040 (МКИ А01 G 31/00) производят простое продольное перемещение всей вегетационной поверхности или ее участка или дополняют его опрокидыванием отдельной площадки поверхности как в авторском свидетельстве СССР № 704546 (см. рис. 6 и 7).

Классификация вариантов выполнения операции уборки ГЗК представлена ниже.

Обозначение	Вариант
101	Перемещение уборочного рабочего органа по неподвижной площадке вегетационной поверхности
102	Перемещение площадки вегетационной поверхности под неподвижным рабочим органом

103	Вручную, с помощью оператора
104	Без уборочного рабочего органа путем опрокидывания площадки вегетационной поверхности

В качестве рабочих органов механизированных устройств уборки используют скребково-пальцевые транспортеры или барабанные измельчители.

**Организация взаимодействия устройств закладки исходной биомассы и уборки ГЗК** определяется вариантами комплектации и организацией обслуживания необходимых делянок вегетационной поверхности соответствующими устройствами. Анализ вариантов обеспечения поточности производства ГЗК с учетом агротехники возделывания зеленого корма показывает различные возможности комплектации участков вегетационной поверхности устройствами закладки исходной биомассы и уборки готового ГЗК. Известны схемы оборудования, где каждый участок поверхности снабжен отдельным обслуживающим устройством, применяются также варианты с использованием и одного общего устройства для обработки всех участков поверхности. Предпосылкой такого подхода является тот факт, что операции закладки исходной биомассы и уборки ГЗК производятся ежедневно над разными делянками вегетационной поверхности. Это позволяет, например, при последовательной схеме организации поточности (вариант 012) осуществлять работу набора гидропонного оборудования путем ежедневного перемещения одного устройства закладки и уборки к необходимому участку вегетационной поверхности. Аналогичный пример может быть приведен для схемы с параллельным типом организации поточности.

Применяемые способы комплектации участков вегетационной поверхности обслуживающими устройствами могут быть следующими.

Обозначение	Вариант
111	Каждый участок вегетационной поверхности снабжен своим комплектом устройств закладки и уборки
112	Один комплект устройств закладки и уборки обслуживает все участки вегетационной поверхности

Следует отметить, что указанные варианты комплектации участков вегетационной поверхности обслуживающими устройствами применимы не только при механизированных вариантах уборки и закладки, но и при использовании ручного труда. В этом случае оператора, осуществляющего закладку биомассы и уборку ГЗК, можно рассматривать как своеобразное "устройство". Тогда варианты "комплектации" операторами участков поверхности на данных технологических операциях будут соответствовать вариантам 111 и 112. То есть либо каждый участок вегетационной поверхности будет обслуживаться своим оператором, либо один оператор будет работать на всех участках гидропонной установки.

Используемые способы организации обслуживания вегетационной поверхности устройствами уборки и закладки приведены ниже.

Обозначение	Вариант
121	Перемещение устройства непосредственно к любой делянке неподвижной обслуживаемой вегетационной поверхности
122	Перемещение устройства к обслуживаемому участку поверхности с дальнейшим перемещением необходимой делянки этого участка к неподвижному устройству
123	Перемещение отдельно любой делянки обслуживаемой поверхности к неподвижному устройству
124	Перемещение совместно всех участков поверхности для подачи необходимой делянки к неподвижному устройству

Организация обслуживания по тому или иному способу существенным образом зависит от вариантов конструктивного исполнения вегетационной поверхности. Примером организации обслуживания по варианту 121 может быть установка (см. рис. 9), где устройство закладки в виде мобильного бункера-раздатчика перемещается на обслуживаемый ярус установки и далее по нему до необходимой делянки. Вариант комплектации соответствует 112, а способ выполнения операции – варианту 091.

Аналогично построено взаимодействие устройств закладки и уборки с вегетационной поверхностью в установке [14]. Здесь в качестве обслуживающих устройств использован оператор.

Организация обслуживания по варианту 122 и комплектации по варианту 112 использованы в установке конструкции СибНИИСХОЗ [2]. В данном случае (см. рис. 16) мобильное уборочно-высевающее устройство сначала перемещается к обслуживаемому участку вегетационной поверхности, а затем вся площадь участка подается, вращаясь, к рабочим органам устройства. Операция закладки исходной биомассы производится по варианту 092, а уборка – по варианту 102.

Таким образом, изучение конструктивно-технологических схем отдельных элементов структурной схемы набора гидропонного оборудования на основе анализа научно-технической и патентной информации показывает, что они могут быть выполнены по широкой гамме различных вариантов. Оценка эффективности и выбор тех или иных вариантов конструкции каждого структурного элемента должны приводиться по технико-экономическим критериям, некоторые из которых будут рассмотрены в последующих главах.

В СССР и за рубежом разработаны и выпускаются несколько моделей оборудования для производства ГЗК. Эти модели различны как по своей конструктивно-технологической схеме, так и по показателям технического уровня (производительность, материалоемкость и т. п.). В данном разделе рассматриваются принципы работы и основные характеристики реально созданных моделей гидропонной техники, сообщения о которых появлялись в отечественных и зарубежных журналах.

Фирмой Hydrodan (Великобритания) выпускаются гидропонные установки для выращивания ГЗК типа Landsaver. Модель Landsaver HD-1000 — наиболее распространена, производительность ее 1000 кг зеленого корма в сутки (рис. 11).

Существует идентичная установка модели FPU-1000-МК-III-М, запатентованная в Великобритании (патент № 2030834) и выпускает ее испанская фирма Fometa Overseas. Выполнены они в виде автономной термоизолированной камеры, приспособленной для транспортировки на автомобильной платформе и размещения на открытом воздухе. Внутри ка-

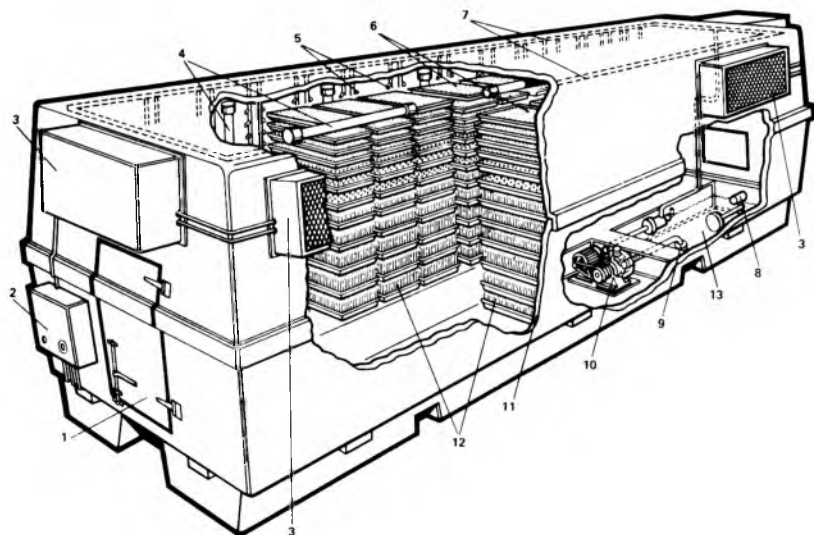


Рис. 11. Общий вид установки Landsaver HD-1000 фирмы Hydrodan:

1 — входная дверь; 2 — щит управления; 3 — кондиционер; 4 — люминесцентные лампы; 5 — распыливающие форсунки; 6 — верхние поддоны с зерном, заложенным на проращивание; 7 — коллекторный трубопровод устройства орошения; 8 — поплавковое реле уровня; 9 — заборный патрубок с фильтром; 10 — насос; 11 — внешняя обшивка с теплоизоляцией; 12 — нижние поддоны с готовым к уборке гидропонным кормом; 13 — емкость для питательного раствора.

меры, симметрично центральному проходу, расположены 12-ярусные стеллажи, на которых под небольшим наклоном на консольных кронштейнах размещены пластмассовые гофрированные лотки-поддоны с краевой перфорацией. Для лучшего использования объема вегетационного помещения и увеличения посевной площади расстояние по вертикали между ярусами поддонов выполнено переменным: увеличивающимся от верхних ярусов к нижним. На потолке, над центральным проходом и на боковых стенках размещены люминесцентные лампы для искусственного досвечивания растений. Увлажнение посевов осуществляется методом дождевания. Устройство увлажнения выполнено по замкнутому циклу в виде стационарной сети распыливающих форсунок с шагом, обеспечивающим их расположение между ярусами стеллажей. Питательный раствор подается насосом высокого давления из расположенного под полом бака для хранения раствора. Для поддержания необходимых параметров микроклимата использованы кондиционеры. На внешней стороне кузова установлен щит управления установкой. Устройство размещается на выровненной грунтовой площадке и подключается к электро-, водопроводной и канализационной сетям.

Автоматическая программная система управления поддерживает необходимую температуру воздуха внутри установки и периодически увлажняет размещенные там поддоны. Мощность кондиционеров выбрана такой, что они поддерживают температуру воздуха внутри установки на уровне  $20 \pm 2$  °С при наружной температуре  $-5... +55$  °С. Излишки раствора попадают на пол установки и сливаются обратно в бак. Длительность цикла дождевания 10 мин, повторность — каждые 6 ч. Суточный расход раствора составляет  $1 \text{ м}^3$ .

Досвечивание поддонов с проростками растений ведется непрерывно в течение суток. В качестве осветительных устройств использованы люминесцентные лампы мощностью 40 Вт (12 шт.), 80 Вт (3 шт.) и 130 Вт (12 шт.).

Поддоны выполнены из листового полистирола толщиной 3,2 мм. Габариты поддона  $910 \times 330 \times 55$  мм, посевная площадь  $0,24 \text{ м}^2$ . Днище поддона имеет продольные гофры шириной 20 мм и высотой 10 мм. С торцевых сторон днище заканчивается перфорацией — пазами для слива излишков раствора при поливе.

Рекомендуемая норма высева сухого зерна ячменя составляет  $7,2 \text{ кг/м}^2$ . Расчетная урожайность (по сырой массе) —  $49,5 \text{ кг/м}^2$ . Норма полива  $6 \text{ л/м}^2$  при расходе  $1 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Система орошения состоит из водопроводной сети, выполненной из полиэтиленовых труб проходным сечением 20 и 50 мм, и пластмассовых щелевых распыливающих форсунок, закрепляемых на изогнутых патрубках накидными гайками. Для предотвращения засорения форсунок под накидную гайку устанавливают сетчатый фильтр из нержавеющей стали. Водопроводная сеть размещена на продольных стенках установки и состоит из 12 вертикальных стояков, соединенных горизонтальными

коллекторными трубами. В системе орошения установлено 456 форсунок. Питательный раствор подается в систему с помощью центробежного насоса подачей  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ , приводимого во вращение электродвигателем мощностью 5 кВт и скоростью вращения  $2800 \text{ мин}^{-1}$ .

Для подготовки питательного раствора ежедневно расходуется 0,5...0,7 кг смеси сухих минеральных удобрений, которая обеспечивает необходимый химический состав раствора и концентрацию солей на уровне 1,5...2,0 г/л.

Общий суточный расход электроэнергии при производстве ГЗК составляет 80...130 кВт · ч в зависимости от наружных климатических условий. На досвечивание посевов, независимо от места эксплуатации установки, потребляется около 55 кВт · ч электроэнергии ежедневно.

При наружной температуре воздуха  $10^\circ\text{C}$  количество электроэнергии на кондиционирование воздуха внутри установки составляет 33 % от ежедневного общего расхода, а при температуре  $50^\circ\text{C}$  эта доля возрастает до 58 %. В пересчете на единицу конечного продукта (по сырой массе ГЗК) удельный расход электроэнергии на установках HD-1000 и FPU-1000-МК-III-М составляет 0,08...0,13 кВт · ч/кг.

Габариты установок соответствуют международным стандартам для контейнерных перевозок грузов, что существенно облегчает транспортировку установок. На место эксплуатации они поступают комплектно, практически в полной заводской готовности. Требуется только установить на рабочие места кондиционеры воздуха, распыливающие форсунки и другие мелкие детали, транспортируемые внутри установок. Размеры площадки для размещения установки составляют  $5 \times 15 \text{ м}$ . Она должна быть оборудована шестью фундаментными столбиками высотой 0,4 м, установленными с шагом 2,625 м.

Для обеспечения поточности общая площадь вегетационной поверхности установки (около  $165 \text{ м}^2$ ) условно разделена на 8 участков площадью  $20,2 \text{ м}^2$ . Каждый участок состоит из 84 поддонов и готовый к скармливанию зеленый корм убирается с них целиком один раз в течение восьмидневного цикла выращивания.

Технологический процесс непрерывного производства ГЗК на рассматриваемых установках основан на применении ручного труда и включает в себя проведение оператором следующих ежедневных операций:

уборку поддонов с готовым зеленым кормом с нижних ярусов стеллажей (вес корма на каждом поддоне около 12,5 кг);

перестановку всех оставшихся поддонов последовательно вниз на освободившиеся ярусы стеллажей;

загрузку освободившихся поддонов зерном, предварительно замоченным в специальном баке в течение суток, и установку этих поддонов на верхние ярусы;

замачивание зерна для использования на следующий день (норма расхода – около 1,7 кг зерна на каждый поддон).



Кроме этого, один раз в восемь — десять дней требуется приготовить определенный объем концентрированного питательного раствора по специальному рецепту на основе минеральных удобрений и ежедневно вносить часть этого объема в бак установки для приготовления 1 м<sup>3</sup> раствора нормальной концентрации.

Установки подобного класса рекомендуются для ферм крупного рогатого скота в районах с недостатком или отсутствием пахотных площадей в условиях экстремальных климатических зон и т. п. Имеются расчеты, подтвержденные опытами, показывающие, что одна установка используется для обеспечения 25 коров (ГЗК — основной компонент рациона, 43 кг/сут) или 90 коров (ГЗК — зеленая подкормка, 11 кг/сут) с годовой продуктивностью 6000...8000 кг молока. При этом экономится до 99,9 % земельных угодий, используемых для выращивания кормов и до 99,7 % воды, пошедшей на орошение. Ячмень, необходимый для производства соответствующего количества ГЗК, рекомендуется закупать на рынке.

Основным недостатком этих установок является полное отсутствие средств механизации уборочно-высевающих работ. Это ведет к тому, что оператор (фермер) должен ежедневно вручную переместить 1 т корма наружу и 0,15 т зерна внутрь установки, а также переставить 588 поддонов общим весом около 3,5 т. Таким образом, суточный объем ручных погрузочно-разгрузочных работ на одного оператора составляет 4,7 т и выполняется ежедневно в течение 3...4 ч.

К недостаткам следует отнести и принятое в установках исполнение оросительной системы. Большое количество форсунок и слив излишков раствора по поверхности пола обратно в бак обуславливают высокую вероятность засорения системы, трудоемкость ремонта которой весьма высока.

Фирма Hydrodan разработала серию установок меньшей производительности. Используя проверенные в модели HD-1000 конструктивно-технологические решения, фирма выпускает модели HD-500, HD-150 и HD-75 [17]. Цифра в обозначении моделей соответствует суточной производительности установок. Основные отличия этих моделей от установки HD-1000 касаются только габаритных размеров. Принципы работы установок полностью совпадают. В связи с меньшими размерами эти установки представляют собой по сути вегетационные шкафы, где не предусмотрено проходов для работы оператора. Для сокращения объемов производственных помещений, занимаемых установками, они снабжены сдвижными дверцами (рис. 12). Некоторые из них оснащены специальной полуавтоматической механической подъемной системой, обеспечивающей перемещение поддонов сверху вниз с изменением расстояния между ними. Рассматриваемые установки предназначены для размещения в отопляемых, защищенных помещениях, оборудованных канализационной, водо- и электросетями.

В конце 70-х годов в США выпускались аналогичные установки

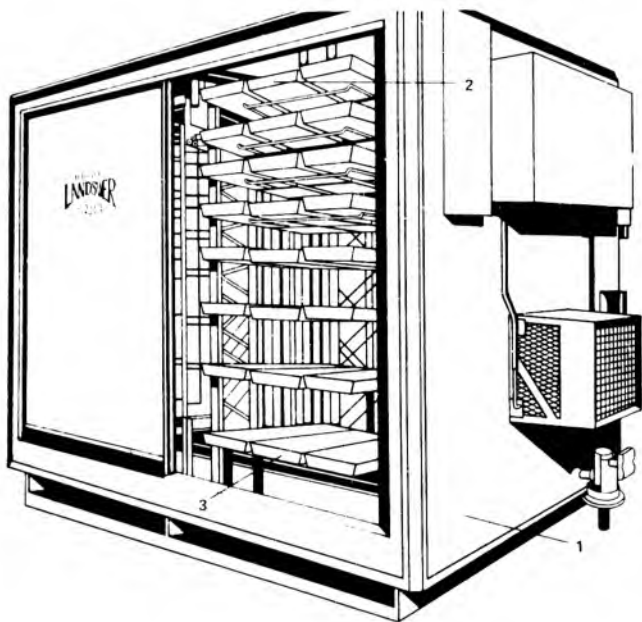


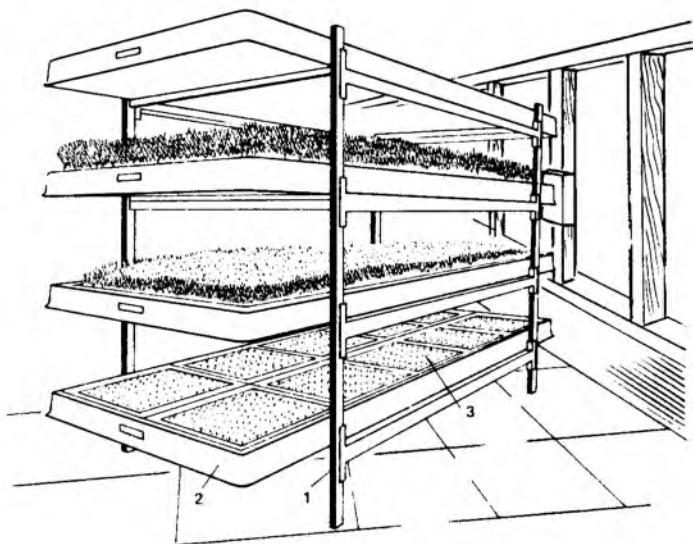
Рис. 12. Общий вид установки модели Landsaver HD-150 фирмы Hydrodan:

1 – климатическая камера с теплоизоляцией; 2 – верхние поддоны с зерном, заложеным на проращивание; 3 – нижние поддоны с готовым к уборке гидропонным кормом.

Magic Meadow моделей 224 и 28 производства фирмы Hydroculture с производительностью 430 и 60 кг ГЗК в сутки [18]. Конструктивно эти модели также выполнены в виде отдельных термоизолированных шкафов-камер с многоярусными стеллажами внутри.

Оригинальную установку модели Rotagrow для производства свежего гидропонного корма разработала английская фирма Sedgemoor Hydroponic Systems. На одноосном автомобильном прицепном шасси установлен закрытый цилиндрический барабан с горизонтальной осью вращения. Устройство освещения отсутствует. Установка снабжена микрокомпьютером, управляющим режимом выращивания, цикл которого 5 сут [17].

Зерно для проращивания загружается непосредственно в барабан, внутреннее пространство которого термостатировано и орошается питательным раствором. Производительность установки 1500 кг ГЗК за 5 дней. Для непрерывного производства 1500 кг ГЗК каждый день необходимо блокирование пяти установок Rotagrow. Установка очень экономична. Расход воды составляет 3000 л на 1500 кг ГЗК, т. е. 0,4 л/кг ежедневно. Себестоимость выращивания не превышает 1,6 фунта стерлингов за 1500 кг ГЗК (1,2 руб/т).



**Рис. 13.** Общий вид установки Herbagrass фирм TECHN-Land и Agrotechnik International:

1 – открытый несущий каркас одного стеллажа; 2 – ванна с плоскими нагревательными элементами; 3 – поддоны.

Эта установка представляет собой устройство для проращивания зерна, в процессе которого также происходит трансформация химического состава массы, повышающая ее питательность.

Гидропонную установку модели Herbagrass выпускает английская фирма Agrotechnik International совместно с французской фирмой TECHN-Land, производительность ее 100...150 кг ГЗК в сутки. Она представляет собой два отдельных открытых четырехъярусных стеллажа, на каждом ярусе которых размещены по 10 пластмассовых перфорированных лотков-поддонов с гофрированным дном (рис. 13). Ярусы выполнены в виде пластмассовых ванн, в дно которых вмонтированы плоские нагревательные элементы и датчик-реле температуры, что позволяет автоматически поддерживать необходимую температуру в корнеобитаемом слое. Полив осуществляется водопроводной водой методом подтопления. Использованная вода сбрасывается в канализацию. Применение питательного раствора не предусмотрено. Отсутствуют и лампы искусственного освещения.

Установки Herbagrass рекомендуется размещать в специальных помещениях, оборудованных естественным или искусственным освещением, приточно-вытяжной вентиляцией, электро- и водоснабжением и канализацией. На эту установку имеется французский патент № 2522473 (МКИ А01 G 31/00).

Технологический процесс выращивания ГЗК включает в себя ежедневные ручные операции по уборке поддонов с готовым кормом с одного яруса, очистку освободившегося яруса стеллажа, засыпку освободившихся поддонов сухим зерном и установку их на стеллаж.

Орошение стеллажей осуществляется автоматически, по команде программного реле. Водопроводная вода под магистральным давлением через электромагнитный клапан подается на верхний ярус, откуда самотеком через сифонные водовыпуски перетекает на нижние ярусы, а затем сливается в канализацию. Вмонтированные в дно и стенки каждого яруса стеллажа плоские электронагревательные элементы поддерживают постоянную температуру  $+18^{\circ}\text{C}$ , что позволяет успешно выращивать ГЗК при температуре окружающего воздуха в зоне установки до  $+5^{\circ}\text{C}$ . Модель Herbagrass в силу принятых в ней конструктивно-технологических решений является, по всей видимости, наиболее экономичной гидропонной установкой в своем классе.

Типаж установок с малой суточной производительностью представлен и отечественными моделями.

Первая отечественная промышленная многоярусная стеллажная установка УЗК-250 с производительностью 400 кг свежего корма в сутки была разработана и поставлена на производство в 70-х годах в СССР (ВИСХОМом и ГСКБ по машинам для защищенного грунта). В состав установки входили многоярусные вегетационные стеллажи, камера предварительного проращивания и вспомогательное оборудование. Вегетационная поверхность была выполнена в виде отдельных поддонов. Несущая конструкция в виде шести отдельных четырехъярусных двухсторонних стеллажей. Оборудование для управления микроклиматом воздуха отсутствовало. Полив осуществлялся методом подтопления с подачей питательного раствора насосом, досвечивание — с помощью люминесцентных ламп, равномерно распределенных над поверхностью посевов. Технологический процесс производства ГЗК был построен на применении ручного труда.

По своим технико-экономическим показателям установка УЗК-250 является одним из типичных представителей первого поколения отечественного гидропонного оборудования для выращивания ГЗК. В связи с низким уровнем предварительно проведенных агробиологических исследований в ней было использовано чрезвычайно большое количество ламп, что привело к необоснованно высокому удельному расходу электроэнергии (около  $2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ ). Высокий объем резервуаров для питательного раствора, приходящийся на единицу производительности установки ( $2,0 \dots 2,5 \text{ м}^3/\text{т}$ ), определил ее большие размеры. Кроме того, поставка оборудования осуществлялась не комплектно. Все это привело к тому, что к концу 70-х годов ее выпуск был прекращен.

Установка для выращивания ГЗК производительностью 200...250 кг корма в сутки была создана в 80-х годах во Всероссийском НИИ меха-

низации животноводства (ВНИИМЖ) [16]. Она состоит из трехъярусного стеллажа с размещенным в его торце шкафом для проращивания. На каждом ярусе стеллажа размещены ванны с питательным раствором, над которыми с незначительным подъемом установлены направляющие для вегетационных сетчатых рамок. Рамки каждого яруса последовательно сцеплены друг с другом. На противоположном торце стеллажа установлен привод для перемещения рамок.

Устройство освещения выполнено на основе высокоинтенсивных ртутных ламп высокого давления в виде мобильного вертикального светильника и постоянно перемещается вдоль боковой поверхности стеллажа. Ванны с раствором связаны трубопроводами с насосом и резервуаром для хранения раствора в единую систему, по которой постоянно циркулирует питательный раствор.

Рамки с зерном устанавливаются в шкаф для проращивания и по истечении четырех суток автоматически перекадываются на ярусы установки, где происходит выращивание корма при ежедневном перемещении рамок к выходному торцу стеллажа. По окончании четырех суток рамки снимаются с установки, с них убирается ГЗК и процесс повторяется сначала.

В последние годы был разработан и другой вариант гидропонной установки с поддонами-подвесками, размещенными на вертикально замкнутом цепном транспортере. Между прямой и обратной ветвями транспортера установлена система освещения. Этот вариант защищен авторским свидетельством СССР № 990650. Установки конструкции ВНИИМЖ выполнены на экспериментальном уровне, в связи с чем их технические показатели не могут сравниваться с показателями серийно выпускаемых устройств.

Такие же экспериментальные "пилотные" установки демонстрировали в середине 80-х годов французская фирма Bio Development France и австрийская фирма Andritz [12]. В обеих установках выращивание ГЗК производится на плоских перфорированных лентах, протягиваемых под высевальным устройством и раскладываемых на сплошных ярусах стеллажей. Уборка ГЗК осуществляется в торце яруса при движении ленты, орошение посевов — дождеванием. В французской установке досвечивание производится естественным солнечным светом за счет ее размещения в светопрозрачной арочной теплице. В австрийской установке досвечивание осуществляется светильником с люминесцентными лампами, перемещаемым вдоль стеллажа на специальной тележке. На ней же установлены и разбрызгивающие форсунки устройства орошения. Эта установка фирмы Andritz является прототипом высокопроизводительного цеха по производству ГЗК, проект которого будет рассмотрен ниже.

Зарубежные установки для производства ГЗК с малой суточной производительностью 100...500 кг используются в основном на небольших фермах [18].

#### 4. Основные технические характеристики многоярусных стеллажных гидропонных установок с производительностью 50...1000 кг зеленого корма в сутки

Показатели	Модель, тип установки							
	Magic Meadow 28	Landsaver HD-75	Herbag-rass (2 стеллажа)	Landsaver HD-150	УЗК-25	Magic Meadow 224	Landsaver HD-500	HD-1000 (FPU-1000)
1. Производительность (по зеленому корму), кг/сут	54	75	100...150	150	400	430	500	1000
2. Количество потребляемого зерна, кг/сут	7	10	20...25	20	72	52	70	145
3. Продолжительность выращивания корма на стеллажах установки, сут	7	8	8	8	6	7	8	8
4. Продолжительность предварительного проращивания зерна, сут	1	1	1	1	3	1	1	1
5. Общая площадь вегетационной поверхности, м <sup>2</sup>	*	15	*	30	100	*	90	170
6. Общее количество поддонов, шт.	28	48	80	96	288	224	336	672
7. Количество ежедневно засеваемых (убираемых) поддонов, шт.	4	6	10	12	48	32	42	84
8. Метод орошения	Дождевание	Дождевание	Подтопление	Дождевание	Подтопление	Дождевание	Дождевание	Дождевание
	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да	Да
9. Наличие оборудования для управления воздушной средой	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да	Да
10. Установленная мощность светильников, кВт	*	*	Нет	*	7,7	*	*	2,3
11. Общий расход электроэнергии, кВт·ч/сут	*	6...8	Нет	12...17	180	110	40...50	80...130
12. Площадь, занимаемая установкой, м <sup>2</sup>	3	5	7,2	7	35...40	9,5	17	30
13. Масса установки, т	*	0,6	*	1	2,5	*	2	6
14. Габариты, м:								
длина	3,6	3,4	3,0	3,5	10	10,5	8,6	10,5
ширина	1,8	1,4	2,4	2,0	2,8	4,5	2,0	2,8
высота	2,7	2,2	2,0	2,4	2,4	4,5	2,4	3,5

\* Нет данных

Основные технические характеристики серийных гидропонных установок малой производительности от 50 до 1000 кг ГЗК в сутки приведены в таблице 4.

Для обеспечения потребностей в кормах больших ферм крупного рогатого скота, особенно в районах с экстремальным климатом, на мировом рынке предлагается несколько вариантов крупномасштабных цехов по производству ГЗК. Лидерство здесь принадлежит австрийской фирме Andritz, которая в конце 70-х годов приобрела лицензию на выпуск гидропонного оборудования у известного австрийского специалиста по гидропонике доктора О. Рутнера. На базе его идей и разработок фирма Andritz в начале 80-х годов создала механизированный цех по производству ГЗК модели GF-10 производительностью 10 т зеленой массы в сутки (рис. 14). Конструктивные решения этого цеха запатентованы.

Цех GF-10 занимает площадь размерами 45x18 м и состоит из трех участков: подготовительного, проращивания семян и производства зеленого корма.

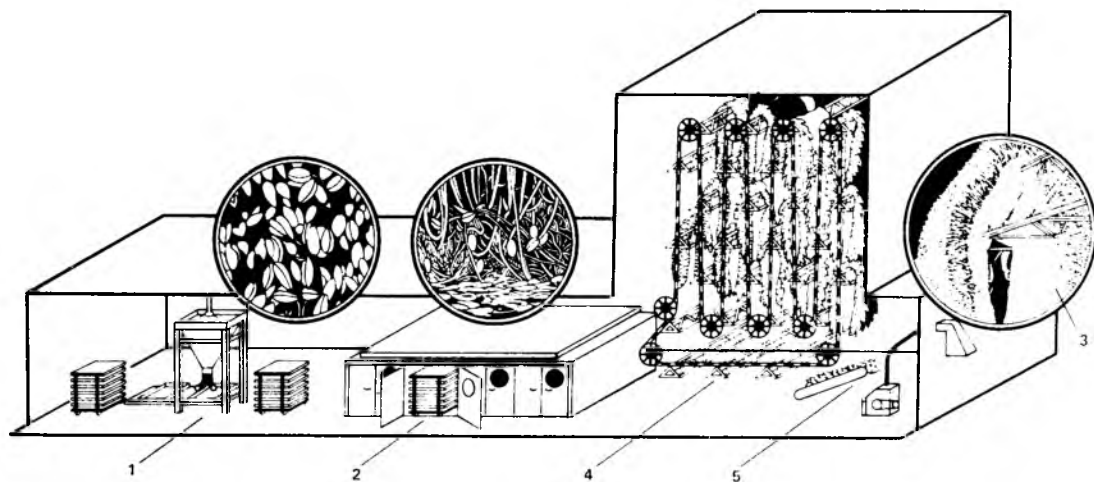
Подготовительный участок предназначен для приема зерна, замачивания и предварительного набухания семян. Он состоит из приемного бункера для хранения сухого зерна и бака для замачивания ежедневной партии исходной биомассы с рольганговым транспортером под выгрузным отверстием бака.

В приемном бункере хранится пяти-семидневный запас зерна. Емкость бака для замачивания рассчитана на 1500...1700 кг сухого зерна. Длительность предварительного набухания семян составляет 24 часа.

Участок проращивания семян предназначен для получения корневого пласта ГЗК с высокой механической прочностью на разрыв за счет переплетения корней прорастающих семян. Оборудование участка состоит из 8 климатических камер туннельного типа высотой 2 м и длиной около 7 м. Все камеры расположены параллельно друг другу и объединены общей термоизолирующей оболочкой. Загрузка и разгрузка каждой камеры может производиться независимо друг от друга.

Участок производства зеленого корма предназначен для получения зеленой листовой массы на поверхности корневых пластов. Участок расположен в вертикальном башенном помещении высотой 16 м и состоит из вертикально замкнутой конвейерной системы, устройства уборки ГЗК и устройства закладки корневых пластов.

Вертикально замкнутая конвейерная система представляет собой две тяговых цепи, замкнутых в вертикальных плоскостях и размещенных на рамах по взаимно противоположным стенам помещения. Каждая цепь натянута на десяти зубчатых колесах диаметром около 1 м, соединенных осями с симметричными колесами другой цепи. Одна из осей ведущая, с приводом от электродвигателя через редуктор, другие — ведомые. Зубчатые колеса размещены так, что образуют восемь вертикальных ветвей конвейера и одну горизонтальную, замыкающую. Сим-



**Рис. 14.** Схема механизированного цеха по производству гидропонного корма модели GF-10 фирмы Andritz:  
 1 – подготовительный участок; 2 – участок проращивания семян; 3 – корневые пластины ГЗК; 4 – конвейерная вегетационная поверхность; 5 – уборочное устройство



метричные звенья цепей через определенные промежутки снабжены специальными устройствами, на которых свободно подвешиваются ажурные пространственные подвески — перекладины с треугольным поперечным сечением. При вращении цепного конвейера подвески проходят мимо зубчатых колес, меняя направление движения на противоположное без опрокидывания, путем плоскопараллельного перемещения. Длина подвесок-перекладин (ширина конвейерной системы) позволяет положить на них четыре корневых пласта ГЗК.

Устройства уборки ГЗК и закладки корневых пластов представляют собой специальные механизмы, размещенные на тележках, движущихся по специальным направляющим вдоль подвесок-перекладин с разных сторон конвейерной системы. Каждое устройство в течение дня может находиться только на одной из четырех разрешенных позиций. В каждой из этих позиций зона действия устройств при вращении конвейера в вертикальной плоскости охватывает  $\frac{1}{4}$  ширины конвейерной системы.

Основными конструктивно-технологическими элементами, связывающими участки цеха, являются плоские металлические поддоны для проращивания зерна, устанавливаемые на 10...11-ярусные колесные тележки. Цех оснащен 32 такими тележками, оборудованными 350 поддонами площадью около 2 м<sup>2</sup> каждый.

В состав цеха входят также системы поддержания микроклимата, приготовления питательного раствора и управления технологическим процессом. Устройство искусственного освещения ГЗК отсутствует. Для досвечивания посевов используют естественный солнечный свет, проникающий в помещение участка производства зеленого корма через пояс оконных проемов.

Здание цеха выполнено на базе каркаса из легких металлических строительных конструкций, облицованных термоизоляционными плитами типа "Сэндвич".

Технологический процесс в цехе фирмы Andritz организован следующим образом. Ежедневно в подготовительном отделении заполняются замоченным и набухающим зерном 83 поддона из расчета 20...22 кг сухого зерна на каждый поддон. Перед раскладкой пророщенного зерна на поддоны предварительно укладываются листы воздухопроницаемой полимерной пленки и слой фильтровальной бумаги для более равномерного распределения влаги. Поддоны размещают на восьми тележках, которые устанавливают в две из восьми туннельных камер участка проращивания семян. Операции по подготовке поддонов и раскладке зерна проводятся вручную на рольганговом транспортере подготовительного участка. Установка тележек в камеры и их дальнейшие транспортировки по цеху проводятся также вручную.

После четырехдневного проращивания в климатической камере корневой пласт приобретает достаточную прочность на разрыв и все восемь тележек перемещают к участку производства зеленого корма, где они последовательно подаются на вход устройства закладки (см. рис. 10).

Устройство закладки корневых пластов, принцип работы которого подробно рассмотрен в предыдущей главе, совместно с конвейерной системой участка производства зеленого корма размещает на ней 83 корневых пласта. Расположены они так, что оказываются висящими друг под другом, на подвесках-перекладинах конвейерной вегетационной поверхности, занимая  $\frac{1}{4}$  длины каждой перекладки. На следующий день на подвесках конвейера аналогичным образом развешивают очередную партию корневых пластов, сместив перед этим устройство закладки на  $\frac{1}{4}$  ширины конвейера. Таким образом на каждой перекладине конвейера находится рядом четыре корневых пласта, один из которых готов к уборке сегодня, второй – завтра и т. д.

Освободившиеся поддоны на тележках возвращаются на подготовительный участок, где снова используются для производства корневых пластов. Полимерная пленка стерилизуется, высушивается и также применяется для повторных выращиваний.

Находясь на конвейерной системе участка производства зеленого корма, 332 корневых пласта ГЗК разного возраста совершают постоянное перемещение по замкнутой траектории. В процессе этого перемещения каждая подвеска-перекладка с корневыми пластами проходит через зону действия устройства увлажнения. Оно выполнено в виде неподвижной штанги с установленными на ней распыливающими форсунками и работает непрерывно. Освещаются корневые пласты через светопрозрачные оконные проемы, и величина освещенности составляет около 500 лк.

После четырех дней выращивания устройство уборки, находящееся на противоположной стороне конвейера, производит поочередно на каждой подвеске-перекладине поперечное разделение одного зеленого "ковра" ГЗК. В результате этого части корневого пласта теряют равновесие на подвеске и падают вниз на поверхность выгрузного ленточного транспортера, который подает готовый ГЗК в измельчитель, а из него резку длиной 2...3 см – в тракторную тележку-кормораздатчик для транспортировки на ферму.

Соответствующая температура в помещениях цеха поддерживается оборудованием для управления микроклиматом. Оно обеспечивает взаимный воздухообмен между климатическими камерами для проращивания зерна, где воздух имеет повышенное содержание углекислого газа, и участком для производства зеленого корма, в помещении которого этот углекислый газ способствует повышению интенсивности биосинтетических процессов в зеленых проростках.

По данным фирмы Andritz в цехе модели GF-10 производительностью 10 т ГЗК в сутки должны работать 5 человек по 8 ч в день. Себестоимость производства составляет приблизительно 90 руб/т [12].

На основе цеха GF-10 фирма Andritz создала проекты цехов моделей GF-20, GF-40 и GF-80 производительностью 20, 40 и 80 т зеленого

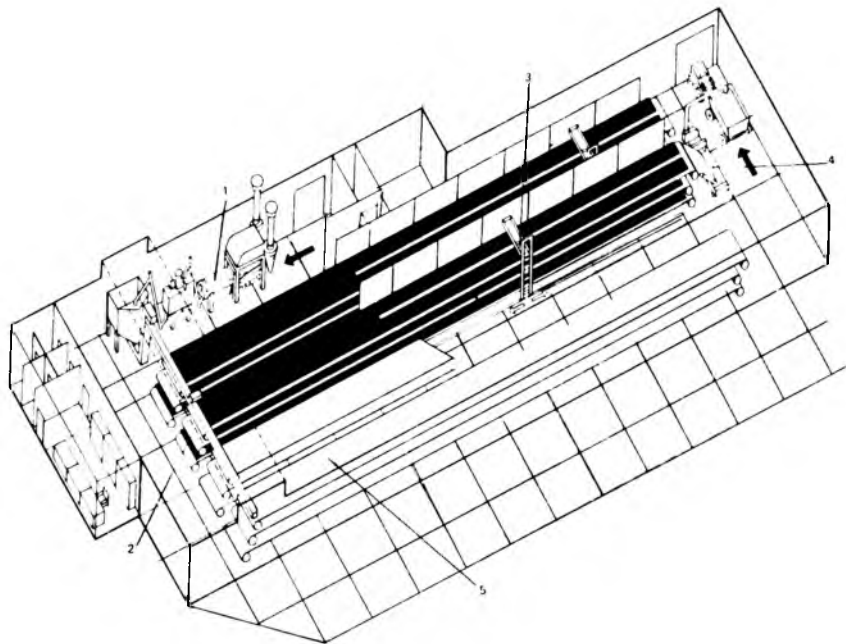
корма в сутки соответственно, базирующихся на вертикальных конвейерных системах высотой 12 м для выращивания ГЗК.

Учитывая негативное отношение потребителей к высотным конструкциям зданий, насыщенных сложным механическим оборудованием, фирма LMF (Австрия) разработала проект цеха модели LMF-3,3 на базе горизонтальных конвейерных установок [12].

Цех модели LMF-3,3 площадью 400 м<sup>2</sup> состоит из двух участков: подготовительного и выращивания ГЗК (рис. 15).

Подготовительный участок служит для приема ячменя, его промежуточного хранения, обработки и замачивания ежедневной партии семян. Он состоит из башенного хранилища для зерна вместимостью 5 т, набора зерноочистительных машин (при необходимости) и бака для замачивания семян вместимостью 6 м<sup>3</sup>.

Участок выращивания ГЗК включает в себя набор отдельных ленточных транспортеров с отдельным электроприводом, смонтированных на двух-, трехъярусных стеллажах шириной 2 м и длиной 30 м. Каждый



**Рис. 15.** Схема механизированного цеха по производству гидропонного корма модели LMF-3,3 фирмы LMF:

1 – подготовительный участок; 2 – горизонтальные ленточные транспортеры; 3 – мобильная тележка с устройствами освещения, увлажнения и вентиляции; 4 – измельчитель с выгрузным транспортером; 5 – добавочные производственные транспортеры для увеличения суточной производительности.

стеллаж укомплектован мобильной тележкой с размещенными на ней устройствами освещения, увлажнения и вентиляции корневой зоны посевов ГЗК. Конвейерная лента представляет собой полимерную водо-воздухопроницаемую сетку с размерами ячеек 0,2...0,4 мм. Сеткой снабжена только одна ветвь транспортера. Закладка семян и уборка ГЗК производится с противоположных концов горизонтальных транспортеров.

Здание цеха высотой 3 м термоизолировано, оборудовано устройствами для поддержания заданной температуры воздуха и подключается к внешним электро-, водопроводной и канализационной сетям.

Производство ГЗК в цехе модели LMF-3,3 осуществляется следующим образом. Суточная порция семян (около 600 кг) загружается в бак для замачивания и выдерживается там при периодическом увлажнении в течение 24 ч. Затем бак с набухшими семенами на электро-тележке перемещается на участок выращивания гидропонного корма к торцу определенного конвейера, подлежащего загрузке. При включении привода транспортера происходит движение транспортной ленты под выгрузным отверстием бака с семенами, в процессе которого набухший ячмень равномерно распределяется по поверхности ленты слоем около 2 см. При достижении лентой транспортера противоположного конца стеллажа привод отключается и лента с разложенными семенами остается в неподвижном состоянии в течение 6 сут.

В процессе выращивания корма увлажнение посевов осуществляется дождеванием с помощью штанги с распыливающими форсунками, равномерно перемещаемой на тележке вдоль боковой поверхности стеллажа. На этой же тележке смонтировано устройство освещения (люминесцентными лампами), а также специальное вентиляционное устройство, осуществляющее "просасывание" воздуха через корневой пласт выращиваемого корма. Это способствует созданию наилучшего водно-воздушного режима для поддержания обменных процессов, идущих в корнях прорастающих семян.

За 6 дней на каждом транспортере вырастает 3,3 т ГЗК, и для организации непрерывного производства в составе цеха имеется 6 таких транспортеров. По окончании выращивания включается привод соответствующего транспортера, лента движется в том же направлении, что и при закладке семян, а "ковер" ГЗК подается с торца конвейера в измельчитель, откуда движется в тракторную тележку для отправки на ферму.

На базе этого цеха как производственного модуля фирма LMF предлагает создавать кормоцеха большей производительности за счет добавления стеллажей с ленточными транспортерами на участке выращивания ГЗК. В частности, допускается создание цеха производительностью 10 т ГЗК в сутки.

Оригинальный промышленный цех по производству ГЗК в конце 70-х годов был разработан в СибНИИСХОЗе и построен в ряде хозяйств

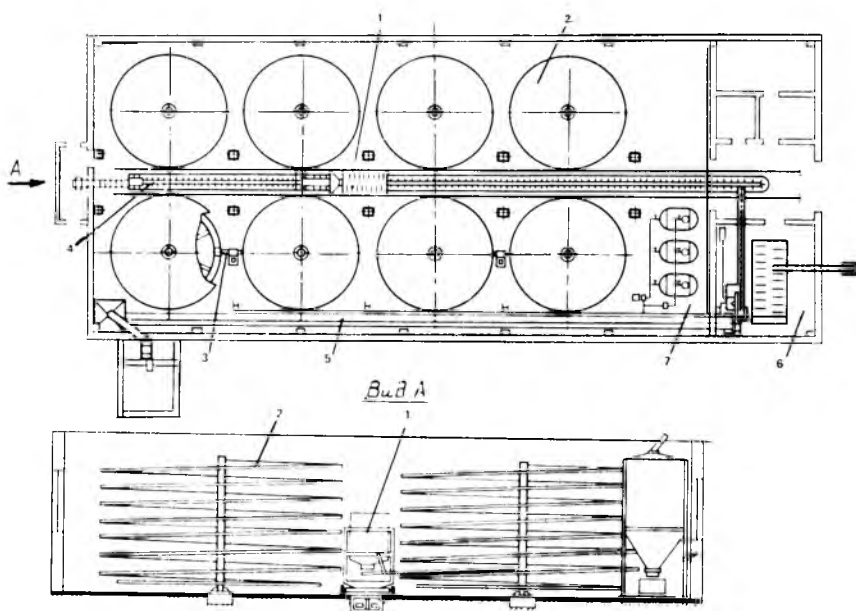


Рис. 16. Схема механизированного цеха по производству гидропонного корма конструкции СибНИИСХОЗа:

1 – мобильное уборочно-высеивающее устройство; 2 – вращающийся участок вегетационной поверхности; 3 – привод вращения участков; 4 – напольный выгрузной транспортер скребкового типа; 5 – участок предпосевной обработки зерна; 6 – хранилище измельченной соломы; 7 – оборудование для приготовления питательного раствора.

Омской области [2]. Конструктивно-технологическая схема цеха представлена на рисунке 16. Гидропонный корм выращивается из зерна ячменя на субстрате из измельченной соломы. Ежедневная производительность цеха 10 т кормовой массы.

Оборудование цеха размещено внутри железобетонного здания длиной 42, шириной 18 и высотой 5 м с оконными проемами по всей высоте помещения. Здание оборудовано отоплением, снабжено вентиляцией, канализацией и электроэнергией. Во вспомогательных помещениях размещено оборудование для приготовления питательного раствора, хранения измельченной соломы, зерна и др.

Вегетационная поверхность цеха состоит из восьми отдельных участков в виде многоярусных винтовых стеллажей диаметром 7 м, установленных на вращающихся центральных стойках. Между двумя рядами стеллажей, в центральном проходе, по направляющим рельсам перемещается мобильное уборочно-высеивающее устройство. Центральный проход цеха оборудован открытым продольным скребковым транс-

портером для выгрузки ГЗК, размещенным в приемке ниже уровня пола, выходной конец которого расположен в тамбуре цеха.

Вдоль продольной стены цеха размещен ленточный транспортер, на котором производится замачивание и набухание зерна. Загружается этот транспортер из бункера для хранения зерна типа БСК-10, а выгрузка — в бункер мобильного уборочно-высевающего устройства.

Мобильное уборочно-высевающее устройство смонтировано на электротележке и имеет прицепную тележку с двумя бункерами для субстрата и зерна. Уборка ГЗК, закладка соломы и зерна производится с помощью одного и того же рабочего органа — скребкового транспортера. Его тяговая цепь замкнута в горизонтальной плоскости на высевающей доске, консольно закрепленной на каретке центральной несущей стойки устройства. Каретка может свободно перемещаться вверх и вниз по стойке, а также поворачиваться вокруг нее на  $180^\circ$ . Каретка снабжена приемным кожухом, над которым, независимо от положения каретки, заканчивается питающий транспортер, связанный с бункером для зерна и субстрата.

Скребки высевающего транспортера закреплены на тяговой цепи шарнирно и снабжены с одной стороны удлиненными пальцами. При высеве последовательно подаваемые через приемный кожух на высевающую доску субстрат и зерно захватываются скребками и перемещаются по доске, постоянно ссыпаясь с ее края. Таким образом, вдоль продольной кромки доски происходит равномерная раскладка субстрата и зерна. При уборке ГЗК часть высевающей доски убирается, скребки проворачиваются в шарнирах и удлиненные пальцы на них оказывают повернутыми к корневому пласту ГЗК по всей длине транспортера. При его движении пальцы отрывают куски корневого пласта и подают их к центральной стойке устройства, с которой они падают на продольный транспортер центрального прохода цеха.

Работа цеха организована следующим образом. Ежесуточная порция зерна (около 600 кг) равномерно распределяется на поверхности продольного ленточного транспортера, где периодически увлажняется в течение 24 ч. После этого набухшее зерно загружается в бункер уборочно-высевающего устройства. В соответствующий бункер загружается и измельченная солома (суточная норма 900...1000 кг), которая здесь же замачивается и промывается. Тележка с бункерами прицепляется к электротележке с уборочно-высевающим устройством и транспортируется по центральному проходу к соответствующему винтовому стеллажу.

В зоне стеллажа каретка уборочно-высевающего устройства опускается в нижнее положение и поворачивается на  $90^\circ$  так, чтобы скребковый транспортер на высевающей доске разместился вдоль радиуса винтового многоярусного стеллажа.

Устройство устанавливается в режим уборки, одновременно включает-ся привод вращения стеллажа и привод уборочного транспортера, кото-

рый своими пальцами сбрасывает готовую зеленую массу на выгрузной скребковый транспортер цеха. Затем масса ГЗК (около 10 т) транспортируется в тамбур цеха, где загружается в тракторную тележку и отправляется на ферму.

При вращении стеллажа уборочный транспортер вместе с кареткой перемещается вертикально вверх по центральной стойке, опираясь на внешнюю образующую кромку винтового стеллажа. Дойдя до верха, все привода реверсируются, включается питающий транспортер субстрата и высеваше скребки равномерно распределяют его по поверхности стеллажа. Каретка опускается в нижнее положение. Затем привод вращения стеллажа опять реверсируется и аналогичным образом производится равномерный высеv зерна на поверхность субстрата. По окончании работы высеваше транспортер поворачивается обратно вокруг центральной стойки устройства на 90° и занимает транспортное положение, после чего уборочно-высеваше устройство передвигается на исходную позицию.

Увлажнение посевов осуществляется методом дождевания с помощью штанги с распыливающими форсунками, а досвечивание — за счет естественного освещения и осветительных устройств в виде решеток с лампами, установленных между вегетационными винтовыми стеллажами.

Кормовая масса, получаемая в этом цехе, используется на фермах КРС в качестве одноразовой подкормки (около 10 кг/сут). Поэтому, в цехе корм убирают один раз в сутки и ежедневно уборочно-высеваше устройство обслуживает один винтовой стеллаж с площадью поверхности около 200 м<sup>2</sup>. Норма закладки соломы составляет 5 кг/м<sup>2</sup>, высева зерна — 2,5 кг/м<sup>2</sup>, урожайность — 40 ... 60 кг ГЗК/м<sup>2</sup>. По данным разработчиков, себестоимость корма не превышает 14,5 руб/т, а себестоимость 1 кормовой единицы составляет 7,1 коп.

#### 5. Основные технические характеристики высокопроизводительных цехов по выращиванию гидрoпoнного зеленого корма

Показатели	Модели цеха					
	LMF-3,3	GF-10	GF-20	GF-40	GF-80	СибНИИСХОЗ
Производительность (по зеленому корму), т/сут	3,3	10	20	40	80	9...10
Количество потребляемого зерна, т/сут	0.6	1,7	3,4	7,0	14,0	0,4...0.6
Продолжительность выращивания корма на вегетационной поверхности, сут	6	4	4	4	4	8

Показатели	Модели цеха					
	LMF-3,3	GF-10	GF-20	GF-40	GF-80	СибНИИСХОЗ
Продолжительность предварительного проращивания зерна, сут	1	1+4	1+4	1+4	1+4	1
Общая площадь вегетационной поверхности, м <sup>2</sup>	360	700	1400	2800	5600	1600
Наличие субстрата	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Обслуживающий персонал, чел.	3...4	5	7	12	18	2
Расход воды, м <sup>3</sup> /сут	20	40	80	160	320	*
Установленная мощность оборудования, кВт	200	300	500	800	1100	70
Потребляемая электроэнергия, кВт · ч/сут	*	1000	1650	2650	3650	700
Площадь, занимаемая цехом, м <sup>2</sup>	400	800	1600	4800	9600	760
Габариты цеха, м:						
длина	36	45	40	80	120	42
ширина	11	17	40	60	80	18
высота	3	16	17	17	17	5

\* Нет данных

В связи с интересом некоторых покупателей к кормоцехам по производству ГЗК с высокой суточной производительностью фирма Fometa Overseas (Испания) предлагает использовать набор своих установок модели FPU-1000-МК-III-М. Поставщиком такой кормопроизводящей системы на европейском рынке является голландская фирма Int-ganzit, а в азиатском регионе — индийская фирма India machines PVT. В состав кормозавода, размещаемого под открытым небом или под легкими навесами входят:

- до 12 гидропонных установок модели FPU;
- резательная машина;
- машина для мойки пустых поддонов;
- установка для подготовки и замачивания зерна;
- посевная машина;
- многоярусные тележки для транспортировки заполненных зерном поддонов;
- набор различных конвейеров и транспортеров, объединяющих элементы цеха.

Технологический процесс выращивания ГЗК организован точно так же, как и в отдельно стоящих установках модели FPU-1000. Поддоны с кормом, выращенным в них, по конвейеру-рольгангу подают-



ся к резательной машине. Перед ней пласти корма вынимают из поддонов и перекладывают на ленточный подающий транспортер. Освобожденные поддоны поступают на дальнейшую обработку, а пласти ГЗК, проходя через резательную машину, разрубаются на куски 10х10 см и в таком виде отправляются на ферму. При блокировании 12 гидропонных установок ежедневно производится 12 т свежего ГЗК, снимаемого с 1008 поддонов.

Использованные поддоны по конвейерам-рольгангам проходят моечную установку, где их промывают струей дезинфицирующего раствора, и поступают в зону действия посевной машины. Эта машина осуществляет раскладку на поддоны слоя набухших семян. Готовые к дальнейшему использованию поддоны устанавливают на многоярусную тележку и транспортируют к гидропонным установкам для очередного цикла выращивания ГЗК. Емкость тележки – около 170 поддонов.

Эффективность предлагаемого способа построения высокопроизводительных цехов для выращивания ГЗК пока не может быть достоверно оценена в связи с отсутствием необходимой для этого информации. Однако, с технико-экономической точки зрения такое решение нельзя признать рациональным, так как те небольшие недостатки, которыми обладают установки FPU, усиливаются здесь до 12 раз. В частности, высокая производительность и непрерывность выращивания ГЗК в установке FPU обеспечивается ежедневной ручной перестановкой всех 672 поддонов. В рассматриваемом варианте ежедневной перестановке подлежат до 8000 поддонов, перемещаемых внутри установок вручную. Сведения об установке фирмы Eleusis – см. в приложении.

С 1990 г. в Красногорском районе Московской области запущен в опытно-промышленную эксплуатацию экспериментальный фрагмент высокопроизводительного цеха по производству кормового рациона на основе ГЗК конструкции ВИСХОМ. Расчетная производительность цеха – 12 т кормового рациона в сутки (10 т ГЗК в сутки), производительность фрагмента – 2...3 т корма в сутки.

Конструктивно-технологическая схема защищена авторским свидетельством СССР № 1323042\* и предусматривает выращивание ГЗК из ячменя на субстрате из измельченной соломы на больших плоских поддонах площадью 5 м<sup>2</sup> каждый. Поддоны устанавливают в разборные восьмиярусные стеллажи высотой 4,5 м. Разборка стеллажа осуществляется сверху последовательно по одному поддону с помощью специального мостового транспортно-оросительного устройства, которое перемещает поддон на расположенное в стороне стационарное уборочно-высевающее устройство. Перемещаясь по этому устройству, каждый

---

\* Авторское свидетельство СССР № 1323042, МКИ А01 31/00. Установка для выращивания гидропонного зеленого корма/ Ю. А. Кругляков, З. Я. Жук, С. В. Бурцева. – Оpubл. 15.07.87, Бюлл. № 26.

поддон последовательно проходит через зоны действия рабочих агрегатов для уборки готового корма, дезинфекции поддона, раскладки субстрата и посева семян.

Подготовленный к очередному циклу выращивания поддон перемещают с помощью мостового транспортно-оросительного устройства на пустой стеллаж, где в течение 8 дней происходит выращивание зеленого корма.

К преимуществам данной схемы можно отнести полную механизацию всех процессов и осуществляемую на уборочно-высевающем устройстве добалансировку убранный, измельченного ГЗК жидкими и твердыми кормовыми добавками.

Сравнивая промышленные установки и цеха для производства гидропонного зеленого корма (табл. 5), можно отметить, что конструктивно-технологические схемы стеллажных многоярусных установок производительностью до 1000 кг зеленой массы в сутки построены таким образом, чтобы обеспечить простоту изготовления и эксплуатации оборудования и на основе интенсивного использования ручного труда оператора достичь относительно низкой стоимости выращиваемого корма. В рассмотренных моделях установок этой группы полностью отсутствуют средства механизации основных технологических процессов: посева зерна и уборки выращенного корма. В автоматическом режиме осуществляются только поддержание параметров микроклимата, досвечивание и увлажнение посевов.

Простые многоярусные стеллажные установки наиболее эффективны в небольших хозяйствах некоторых стран Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока и других регионов с экстремальными климатическими условиями, в которых фермы с поголовьем около 30 коров относятся к категории крупных. В условиях нашей страны подобные установки могут быть рекомендованы для личных подсобных или фермерских хозяйств, а также для мелких подрядных или арендных коллективов.

Попытки соединить несколько десятков таких установок в крупномасштабные кормоцеха с целью увеличения производительности, на наш взгляд, нерациональны. Это ведет к резкому возрастанию трудозатрат на выращивание корма и увеличению удельной стоимости всей гидропонной системы, что не позволяет эксплуатировать ее с высоким уровнем рентабельности.

Рассмотренные специализированные высокопроизводительные цеха по производству зеленого корма оснащены всеми средствами механизации, что ведет к увеличению их начальной стоимости. Однако это компенсируется снижением эксплуатационных издержек при непрерывном производстве корма. По данным фирмы Andritz, для условий Северной Африки использование цеха модели GF-10 на ферме с поголовьем 350 коров обеспечивает сокращение стоимости кормов на 30 %.

Наличие средств механизации всех технологических операций создает предпосылки для полной автоматизации процесса выращивания в

непрерывном режиме гидропонного зеленого корма. Применение комплектных кормоцехов высокой производительности наиболее целесообразно на крупных фермах с поголовьем выше сотни животных.

## **СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГИДРОПОННОГО КОРМА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ**

---

Рассмотренные в предыдущих главах примеры комплектов гидропонного оборудования и их отдельных элементов показывают, что существует множество вариантов конструктивно-технологического исполнения оборудования для производства ГЗК, как реализованных в выпускаемых моделях техники, так и содержащихся в патентной и научно-технической литературе. Оценка конкурентоспособности и эффективности применения какого-либо варианта в конкретных условиях эксплуатации невозможна без анализа современного состояния и перспектив развития конструкций гидропонных устройств.

Потенциальному потребителю должна быть представлена полная и исчерпывающая информация о всех известных вариантах комплектов гидропонного оборудования, что невозможно без всеобъемлющей классификации существующих схем построения гидропонных установок для выращивания ГЗК.

К сожалению, до настоящего времени эти вопросы в достаточно полной мере еще не решены. Имеющаяся классификационная схема не относится непосредственно к рассматриваемому оборудованию, перегружена перекрестными связями, неоднозначна и в силу указанных причин не может быть использована в современных условиях для ориентации производителей на рынке гидропонной техники.

Отличительной особенностью задачи классификации и оценки тенденций развития данной группы сельскохозяйственного оборудования является то, что анализируемая техника находится на достаточно раннем периоде своего развития. Первые прототипы подобного оборудования появились всего около 30 лет назад. Общая теория проектирования и расчета средств механизации процесса производства ГЗК до настоящего времени еще не создана. Отсутствует какая-либо корректная математическая модель, аналитически связывающая тип или структуру применяемых устройств с эффективностью их использования в составе комплекта гидропонного оборудования для выращивания ГЗК. Не разработана подобная модель и для гидропонного набора в целом. Другими словами, нет объективного, точного и однозначного ответа на вопросы о том, какие устройства выгоднее использовать для выращивания ГЗК, как это скажется на стоимости и эффективности комплекта оборудования, ка-

ковы показатели качества и надежности тех или иных образцов техники и т. п. Поэтому при разработке и создании гидропонных установок достаточно сильно проявляется воздействие субъективных, случайных факторов, связанных с суммой знаний и опыта разработчиков, традициями заводов и фирм, выпускающих данную технику, и др.

В таких случаях для решения возникающих задач эффективным оказывается использование системных методов анализа. Эти методы разработаны в рамках одного из разделов прикладной математики — системного анализа, рассматривающего любую сложную проблему как взаимосвязанный комплекс более простых задач, решение каждой из которых ориентировано на достижение решения конечной проблемы [19].

В частности, для решения вопросов классификации и прогнозирования дальнейшего развития объектов техники весьма удобным является метод морфологического анализа [20, 21]. В соответствии с его основными методическими подходами рассматриваемый объект должен быть разбит на минимально необходимый набор структурных составляющих и каждая составляющая часть должна анализироваться отдельно. Такой подход позволяет положить в основу наиболее обобщенной классификации объектов структурные признаки, характеризующие их объекты на самом верхнем иерархическом уровне рассмотрения.

В нашем случае классификации и анализу подлежат наборы гидропонного оборудования для выращивания ГЗК, разделение которых на структурные составляющие достаточно полно представляется предложенной выше обобщенной структурной схемой (см. рис. 4). Отсюда следует, что классификация гидропонной техники может быть проведена по вариантам построения отдельных элементов оборудования, входящих в обобщенную структурную схему и рассмотренных в главе "Состав комплекта оборудования".

Таким образом, набор классификационных признаков для анализа комплектов гидропонного оборудования по выращиванию ГЗК включает в себя варианты исполнения и принятые решения по следующим элементам и устройствам:

- организация поточного (непрерывного) производства ГЗК;
- вегетационная поверхность в целом;
- вегетационная поверхность участка;
- вегетационная поверхность делянки;
- тип вегетационной поверхности;
- размещение вегетационной поверхности в пространстве;
- устройство увлажнения;
- устройство освещения;
- способ закладки исходной биомассы;
- способ уборки гидропонного зеленого корма;
- комплектация участков вегетационной поверхности устройствами закладки исходной биомассы и уборки ГЗК;

организация обслуживания вегетационной поверхности устройствами закладки исходной биомассы и уборки ГЗК.

Приведенный набор признаков должен быть применен ко всем комплектам гидропонной техники, известным в странах мира к сегодняшнему времени. Различные варианты гидропонного оборудования, существующие в мировом техническом сообществе, проявляются либо в виде множества описаний изобретений (патенты и авторские свидетельства), либо в виде множества реально выпускаемых образцов машин и устройств. Естественно, что эти два множества в некоторой степени пересекаются, то есть, как правило, конструкция промышленных установок защищается патентами или авторскими свидетельствами и наоборот, идеи и решения, содержащиеся в патентном фонде, частично реализуются в промышленных образцах техники.

Для анализа мирового уровня в области гидропонного оборудования по выращиванию ГЗК целесообразно взять все варианты и технические решения, которые имеются в патентном фонде промышленно развитых стран. Этот массив объектов образует некоторое множество, которое для удобства изложения назовем "множеством патентов". Дополнительно в рассматриваемый массив следует ввести и все известные модели промышленных установок и цехов для производства ГЗК. Это множество назовем множеством установок.

Особенно следует подчеркнуть методологическую важность включения в множества патентов и установок именно всех охранных документов и моделей техники, относящихся к производству ГЗК. Это определяет полноту и достоверность последующих выводов. Смысл такого подхода заключается в том, что технические решения, содержащиеся в патентном фонде, не повторяются. Каждое из них представляет собой оригинальный вариант техники, разработанный с целью более эффективного производства ГЗК, и других вариантов мирового сообщества еще не знает. Именно поэтому сумма всех технических решений по данной проблеме за продолжительное время (десятки лет) может стать характеристикой достигнутого уровня.

Патентный поиск и анализ научно-технической литературы был проведен за период 1960...1985 гг. Анализу подвергались все описания патентов и авторских свидетельств, относящиеся к тем классам Международной классификации изобретений, в которые включены способы и устройства для выращивания растений без почвы (рубрики А01 G31/00 и А01 G31/02). Из них выбирали технические решения, относящиеся только к выращиванию ГЗК. Поиск вели по фондам СССР, Великобритании, США, Франции, ФРГ. В Фонде Японии не было обнаружено патентов, относящихся именно к выращиванию ГЗК.

В множество установок включали сведения о промышленных моделях гидропонного оборудования, взятые из проспектов фирм-изготовителей, каталогов специализированных выставок и т. п. В анализируемое множество вошли схемы установок, выпущенных 20...25 лет назад.

Каждый элемент множества патентов и множества установок, то есть известный вариант построения комплекта гидропонного оборудования для выращивания ГЗК, был подвергнут классификации по предложенному набору признаков. При этом в качестве возможных способов исполнения отдельных устройств были взяты варианты, приведенные в главе "Состав комплекта оборудования". Полученные классификации множеств патентов и установок приведены в таблицах 6 и 7. В этих разбиениях обозначения вариантов исполнения отдельных устройств, входящих в комплекты гидропонного оборудования, соответствуют приведенным в упомянутой главе. Исходные данные множества патентов (табл. 6) включают номер патента, страну, выдавшую патент, и год его выдачи. В таблице 7 промышленные образцы установок и цехов представлены фирменными маркировками. В это множество для полноты анализа включены и отечественные образцы установок и цехов, рассмотренные в предыдущей главе. Сокращением FPU-1000 FS обозначен вариант создания кормоцеха высокой производительности фирмы Fometa на основе простого соединения своих гидропонных установок модели FPU-1000-МК-III-М.

Строки таблиц 6 и 7 являются, по сути, кодом словесных описаний комплектов гидропонной техники, с помощью которых специалист получает представление о варианте рассматриваемого объекта. Так, например, из таблицы 6 видно, что гидропонные установки по патентам Великобритании №1174452 и Франции № 2074900 относятся к одинаковым конструктивно-технологическим вариантам, характеризующимся последовательной схемой обеспечения суточной потребности в ГЗК (элемент 012), когда урожай снимается ежедневно с одного участка вегетационной поверхности.

Вегетационная поверхность этих установок состоит из отдельных участков, не объединенных между собой какими-либо конструктивными элементами в виде троса, ленты или цепи, и размещенными на единой несущей конструкции (элемент 022). При этом и сами участки вегетационной поверхности, и делянки, в них входящие, образованы отдельными площадками-поддонами, не связанными между собой (элементы 033 и 043) и имеющими плоское днище с перфорацией для дренажа посевов ГЗК (элемент 053). Размещение вегетационной поверхности в пространстве – многоярусное (элемент 062). Орошение посевов производится через стационарную сеть равномерно распределенных форсунок (элемент 073), а досвечивание – люминесцентными лампами, равномерно размещенными над посевами (элемент 082). Операции по закладке исходной биомассы и уборке готового ГЗК проводятся одним оператором вручную (элементы 093 и 103) на всей площади вегетационной поверхности (элемент 112). Для установки и снятия поддонов с посевами он имеет возможность подойти непосредственно к любой точке многоярусной вегетационной поверхности (элемент 121).

Полнота и правильность предложенной классификации подтвер-

6. Классификация конструктивно-технологических схем комплектов гидропонного оборудования, известных по патентным фондам промышленно развитых стран с 1960...1985 гг. (множество патентов)

Номер патента или авторского свидетельства	Страна	Год	Отдельные элементы структурной схемы комплекта гидропонного оборудования											
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
2121263	Англия	1983	2	1	2	2	2	2	4	2	3	3	2	4
2030834	Англия	1980	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
2030833	Англия	1980	1	3	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
1374076	Англия	1974	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	1
1174452	Англия	1969	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	1
1167753	Англия	1969	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	1
922293	Англия	1963	2	1	2	2	2	2	3	1	3	3	2	4
2522473	Франция	1983	2	2	3	3	1	2	1	1	3	3	2	1
2520190	Франция	1983	2	2	1	1	2	2	3	1	1	3	2	1
2502899	Франция	1982	2	2	1	1	2	2	3	1	1	3	2	1
2501462	Франция	1982	2	1	2	2	4	2	5	2	2	2	2	4
2340040	Франция	1977	2	2	1	1	2	2	3	2	2	4	1	3
2074900	Франция	1971	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	1
1083978	СССР	1984	2	1	2	2	2	2	3	2	2	4	2	4
1323042	СССР	1987	2	3	3	3	2	2	4	2	2	2	2	3
1232187	СССР	1986	2	3	1	1	2	2	5	2	2	2	1	4
1029923	СССР	1983	2	2	1	1	2	2	3	2	1	4	2	1
1063344	СССР	1983	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	4
1005735	СССР	1983	2	1	1	1	2	2	3	2	1	4	2	4
990150	СССР	1983	1	1	2	2	4	1	6	2	2	2	2	2
978789	СССР	1982	2	1	2	2	4	2	3	2	1	1	2	4
948346	СССР	1982	2	2	1	2	2	2	4	4	1	1	2	1
931133	СССР	1982	1	3	2	2	3	2	3	2	2	4	1	4
674734	СССР	1979	2	1	2	1	3	2	5	2	1	1	2	4
627790	СССР	1978	2	3	1	1	2	2	4	2	2	2	2	2
2815168	ФРГ	1979	2	3	1	2	3	2	3	2	1	1	2	1
3991514	США	1976	1	2	2	1	1	2	3	2	3	3	2	4
3664061	США	1972	1	1	1	3	3	2	3	2	2	4	1	4
3579907	США	1971	1	1	3	3	3	1	3	2	3	3	2	4
3458951	США	1969	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
3432965	США	1969	2	1	2	2	3	2	3	2	2	4	2	4
3425158	США	1969	1	2	1	1	3	2	3	2	2	4	1	4
3327425	США	1967	2	1	2	2	3	2	3	2	2	4	2	4
3284948	США	1966	1	2	1	1	3	2	3	2	2	4	1	4
3276163	США	1966	1	1	2	2	3	2	3	2	2	4	1	4
3131064	США	1964	2	1	3	3	3	2	1	2	3	3	2	1
2971290	США	1961	2	1	1	1	3	1	3	2	2	4	2	4

**7. Классификация конструктивно-технологических схем  
промышленных установок и цехов для производства гидропонно-  
го зеленого корма (множество установок)**

Обозначение модели установки или цеха	Страна	Год	Отдельные элементы структурной схемы комплекта гидропонного оборудования											
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
HD-1000	Англия	1983	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
FPU-1000	Испания	1982	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
УЗК-250	СССР	1972	2	3	3	3	1	2	1	2	3	3	2	1
Herbagrass	Франция	1984	2	2	3	3	1	2	1	1	3	3	2	1
HD-500	Англия	1983	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
HD-150	Англия	1983	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
HD-75	Англия	1983	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
M. Mead-224	США	1978	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
M. Mead-28	США	1978	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1
GF-10	Австрия	1982	2	1	2	2	4	2	5	3	2	2	2	4
GF-3,3	Австрия	1986	2	2	1	1	3	2	4	4	2	4	2	2
СибНИИСХОЗ	СССР	1977	2	3	1	1	2	2	4	3	2	2	2	2
ВНИИМЖ	СССР	1982	1	1	2	2	4	2	6	2	2	2	2	4
FPU-1000-FS	Испания	1984	1	3	3	3	1	2	3	2	3	3	2	1



ждается тем фактом, что каждый существующий комплект гидропонного оборудования, входящий в множества патентов и установок, оказался отнесенным к тому или иному сочетанию вариантов исполнения своей конструктивно-технологической схемы. Это, кстати, свидетельствует о правильности построения исходной обобщенной структурной схемы набора гидропонного оборудования для выращивания ГЗК. С другой стороны, все варианты конструктивно-технологического исполнения отдельных устройств гидропонного комплекта, рассмотренные выше, оказались использованными в тех или иных патентах или промышленных моделях. Это обосновывает комплексность проведенного анализа и позволяет считать набор классификационных признаков полным.

Объективности ради следует отметить, что вариант 083 (устройство освещения по принципу перемещения вегетационной поверхности через зону действия неподвижного высокоинтенсивного источника света) в множестве патентов не встречается. Это вызвано тем, что в описаниях патентов и авторских свидетельств по гидропонным установкам принципы и количественные характеристики устройства освещения, как правило, специально не рассматриваются и не являются основными существенными признаками при отнесении изобретения к рубрикам A01 G 31/00 и A01 G 31/02 Международной классификации изобретений. Поэтому в них для упрощения изложения устройство освещения до такой степени не детализируют. В то же время в промышленных цехах модели GF-10 и конструкции СибНИИСХОЗа этот способ реализации устройства освещения предусмотрен. В частности, в модели GF-10 в качестве высокоинтенсивного источника света использован солнечный свет, проникающий в цех на небольшом участке помещения, оборудованном оконными проемами.

Для более комплексного и оперативного исследования состояния мирового уровня и тенденций развития в области техники для выращивания ГЗК работа с множеством патентов и установок проводилась на основе современных достижений информатики и вычислительной техники. Эти множества в качестве банков данных HYDEX 1 и HYDEX 2 соответственно были введены в отечественную персональную ЭВМ модели ДВК-2М, что позволило исследовать их с помощью типового пакета программ "Система управления реляционными базами данных СУБД-МИКРО" в режиме клавиатурного интерфейса. Будучи один раз созданными, банки данных HYDEX 1 и HYDEX 2 теперь могут тиражироваться и постоянно пополняться вновь появляющимися патентами, авторскими свидетельствами, промышленными образцами и т. п.

Анализ множества патентов (38 патентов и авторских свидетельств) показывает, что современный мировой уровень конструктивно-технологических схем комплектов гидропонного оборудования для выращивания ГЗК определяется тем, какие варианты исполнения отдельных устройств используются в большинстве из них. Так, например, организация непрерывного производства в большинстве известных наборов строится

по последовательной схеме (в 79 %), когда ежедневный урожай ГЗК снижается с делянок одного участка вегетационной поверхности, число которых равно количеству дней выращивания корма. Вегетационная поверхность в целом в известных наборах оборудования выполняется как поверхность, размещенная на одной несущей конструкции, с условным делением на участки, которые объединены единым конструктивным элементом в виде троса, ленты, цепи и т. п. (45 % случаев). Примерно с той же частотой (40 % случаев) встречается и размещение на одной несущей раме отдельных участков вегетационной поверхности, не связанных между собой какими-либо специальными конструктивными элементами.

Конструкции вегетационной поверхности внутри участка отличаются большим разнообразием, а три варианта исполнения самого участка и делянок, его образующих (см. табл. 8 и 9), встречаются одинаково часто (примерно в 30 %). В большинстве имеющихся вариантов гидропонных комплектов используются плоские с уклоном (32 %) или перфорацией (47 %) вегетационной поверхности, которые в подавляющем большинстве вариантов (92 %) размещены в виде многоярусных просторастенных растений.

Эти многоярусные растильни, как правило, увлажняются с помощью дождевания через стационарную сеть равномерно распределенных распыливающих форсунок (68 %). Посевы освещаются сетью равномерно распределенных низкоинтенсивных источников света (87 %), в качестве которых используют люминесцентные лампы.

Закладка исходной биомассы и уборка готового ГЗК проводится всеми способами, указанными в главе "Состав комплекта оборудования", применяемость которых в современных наборах гидропонного оборудования примерно одинакова. Реже всего (только в 11 % случаев) используется уборка путем перемещения рабочего органа над неподвижной площадкой вегетационной поверхности. Как правило, все участки вегетационной поверхности данной установки обслуживаются одним комплектом устройств закладки и уборки (82 %). Чаще всего для выполнения технологической операции на определенной делянке используется одновременное перемещение всей вегетационной поверхности к неподвижному устройству (55 %). Однако и перемещение устройства непосредственно к нужной делянке неподвижной вегетационной поверхности применяется не редко (37 %).

Частота применения в комплектах гидропонного оборудования вариантов исполнения отдельных устройств представлена в таблице 8. Здесь же, для сравнения, приведены результаты расчета этого же показателя, но на рубеже 1975 г.

Данные таблицы 8 показывают, что за последние 10...13 лет в схемах гидропонных установок стала применяться вегетационная поверхность, размещенная на отдельных несущих конструкциях и состоящая из отдельных участков, не объединенных каким-либо конструктивным элементом (вариант 023). Разнообразнее стали типы вегетационной поверх-

**8. Различные варианты исполнения конструктивно технологических схем отдельных устройств набора гидропонного оборудования для выращивания ГЗК (множество патентов, банк данных HYDEX 1)**

Обозначение элемента структурной схемы	Обозначение варианта исполнения элемента	Применяемость вариантов			
		1975 г.		1987 г.	
		абсолютные единицы	%	абсолютные единицы	%
01	011	5	33,3	8	21,1
	012	10	66,7	30	78,9
02	021	8	53,3	17	44,7
	0,22	7	46,7	15	39,5
03	0,23	-	-	6	15,8
	031	4	26,7	13	34,2
	032	4	26,7	14	36,8
04	033	7	46,6	11	29,0
	041	3	20,0	12	31,6
	042	4	26,7	14	36,8
05	043	8	53,3	12	31,6
	051	1	6,7	5	13,2
	052	1	6,7	12	31,6
06	053	13	86,7	18	47,4
	054	-	-	3	7,9
	061	2	13,3	3	7,9
07	062	13	86,7	35	92,1
	071	1	6,7	2	5,3
	072	-	-	2	5,3
08	073	14	93,3	26	68,4
	074	-	-	4	10,5
	075	-	-	3	7,9
	076	-	-	1	2,6
	081	1	6,7	4	10,5
09	082	14	93,3	33	86,8
	083	-	-	-	-
	084	-	-	1	2,6
	091	-	-	8	21,1
10	092	7	46,7	17	44,7
	093	8	53,3	13	34,2
	101	-	-	4	10,5
	102	-	-	7	18,4
11	103	8	53,3	15	39,5
	104	7	46,7	12	31,6
	111	4	26,7	7	18,4
	112	11	73,3	31	81,6
12	121	6	40,0	14	36,8
	122	-	-	1	2,6
	123	-	-	2	5,3
	124	9	60,0	21	55,3

ности (варианты 051, 052, 054) и способы увлажнения посевов (варианты 072, 074, 075, 076). Возникли новые способы закладки исходной биомассы и уборки ГЗК, ранее не применявшиеся (варианты 091, 101, 102).

Интересна для анализа тенденций развития гидропонной техники динамика появления новых технических решений в патентных фондах ведущих стран мира (табл. 9). Как видно из этой таблицы, интерес к гидропонной технике в США в последние годы угас, основной массив их изобретений был сделан в период 1965...1970 гг. В то же время за последнее десятилетие резко возросла изобретательская активность в СССР, 70 % советских авторских свидетельств опубликованы в 1980...1985 гг.

**9. Динамика появления новых технических решений в области техники для выращивания гидропонного зеленого корма в патентных фондах промышленно развитых стран (множество патентов, банк данных HYDEX 1)**

Страны	Число появившихся решений			
	1975 г.		1988 г.	
	абсолютные единицы	%	абсолютные единицы	%
США	10	66,7	11	29,0
Великобритания	4	26,7	7	18,4
Франция	1	6,6	6	15,8
СССР	—	—	13	34,2

Общее количество появившихся патентов по пятилеткам характеризуется следующими данными: до 1965 г. — 3 (8 %); 1966...1970 гг. — 8 (21 %); 1971...1975 гг. — 4 (10 %); 1976...1980 гг. — 5 (13 %); 1981...1985 гг. — 16 (45 %); 1986 г. — 2 (3 %).

Применяя аналогичный методический подход к исследованию множества установок (банк данных HYDEX 2), было установлено, что структурный "портрет" реально созданных комплектов гидропонного оборудования несколько отличается от того, который получился при анализе множества патентов. Результаты количественных расчетов приведены в таблице 10. Данные этой таблицы показывают, что основные различия между реальными установками и предложениями, содержащимися в патентной литературе, относятся к группе организационно-технических признаков. Так, например, в множестве установок гораздо резче выражены максимумы в применяемости вариантов 09, 10, 11 и 12. То есть в реальных установках не для каждого участка вегетационной поверхности имеется свой комплект устройств уборки и закладки (вариант 111). Для выполнения уборки и закладки, как правило, используется оператор (варианты 093 и 103), который и обслуживает все участки вегетационной поверхности. Для обеспечения нормального функцио-

**10. Различные варианты исполнения конструктивно-технологических схем отдельных устройств набора гидропонного оборудования для выращивания ГЗК (множество установок, банк данных HYDEX 2)**

Обозначение элемента структурной схемы	Обозначение варианта исполнения	Абсолютные единицы	%
01	011	2	14,3
	012	12	85,7
02	021	2	14,3
	022	9	64,3
	023	3	21,4
03	031	2	14,3
	032	2	14,3
	033	10	71,4
04	041	2	14,3
	042	2	14,3
	043	10	71,4
05	051	10	71,4
	052	1	7,1
	053	1	7,1
	054	2	14,3
06	061	—	—
	062	14	100,0
07	071	2	14,3
	072	—	—
	073	8	57,1
	074	2	14,3
	075	1	7,1
	076	1	7,1
	077	1	7,1
08	081	1	7,1
	082	11	78,6
	083	1	7,1
	084	1	7,1
	085	—	—
09	091	—	—
	092	4	28,6
	093	10	71,4
10	101	—	—
	102	3	21,4
	103	10	71,4
	104	1	7,1
11	111	—	—
	112	14	100,0
12	121	10	71,4
	122	2	14,3
	123	—	—
	124	2	14,3

нирования установок в них использована возможность доступа оператора к любой делянке поверхности (вариант 121).

В подавляющем большинстве случаев промышленные гидропонные установки имеют многоярусную вегетационную поверхность, как прави-

ло, оснащенную устройством увлажнения в виде стационарной сети равномерно распределенных дождевальных форсунок и устройством освещения в виде стационарной сети равномерно распределенных источников света. Производство ГЗК на типичных установках основано на последовательном ежедневном съеме продукции с участков вегетационной поверхности, которые размещены на единой несущей конструкции, но не связаны между собой какими-либо конструктивными элементами.

Изучение динамики появления моделей установок на рынке показывает, что основная гамма образцов была выпущена в период 1980...1985 гг. (64 %), причем каждая из анализируемых стран разработала в среднем по 2...3 модели. Однако в отличие от западных стран отечественная промышленность в настоящее время не выпускает серийно ни одной модели гидропонной техники для выращивания ГЗК.

В НПО ВИСХОМа активно ведется научно-исследовательская работа по созданию наборов технических средств для специализированных сельскохозяйственных предприятий, основанных на новых технологических принципах. В рамках этой работы разрабатывается агрокомплекс зернофуражно-молочного направления, в котором производство молока базируется на кормлении коров (6000 кг молока в год) высокопродуктивным кормовым рационом на основе ГЗК, выращиваемом из ячменя на субстрате из ячменной соломы. Экспериментальный агрокомплекс площадью 1000 га и содержанием 800 голов будет создан при агропромышленном объединении "Красногорское" Московской области к 1995 г. Производство ГЗК на этом предприятии будет осуществляться с помощью оригинального роботизированного оборудования [22].

В целом, учитывая известное запаздывание между изобретением и внедрением предложенных технических решений в реальные промышленные установки, можно ожидать в ближайшие годы появление на рынке новых образцов оборудования для производства гидропонного корма, базирующихся на изобретениях 1980...1985 гг. При этом внутри страны можно ожидать появления как крупномасштабных механизированных цехов с высокой суточной производительностью (около 10 т/сут для крупных государственных животноводческих хозяйств), так и маленьких простых установок для индивидуальных потребителей и личных подсобных хозяйств. Дальнейшее развитие отечественных образцов гидропонной техники будет зависеть от принципов формирования внутреннего рынка зерна, и в случае его образования появление новых моделей весьма вероятно.

\* \*  
\*

Изучение технических средств для выращивания ГЗК и связанных с этим агробиологических вопросов показывает, что гидропонный зеленый корм является ценным кормовым средством. В его сухом веществе со-

держится около 20% протеина, 1,5...3% жира, 3...5% золы, 100...200 мг/кг каротина и много других ценных кормовых компонентов. Энергетическая ценность ГЗК составляет 12...13 МДж/кг сухого вещества, а питательность сырой массы корма – 0,15...0,17 корм. ед. Свежий зеленый корм может быть использован в виде витаминной подкормки для всех сельскохозяйственных животных и птицы. Особенно эффективно его использование в качестве основного компонента кормового рациона для крупного рогатого скота. В этом случае упрощается заготовка кормовых средств за счет перехода к возделыванию только зернофуражных культур, снижаются трудозатраты на производство кормов, сокращаются потери питательных веществ при хранении и стабилизируется питательность ежедневного рациона.

Имеется много примеров успешного кормления животных гидропонным кормом, осуществленных в различных климатических зонах нашей планеты.

Агротехника выращивания ГЗК достаточно хорошо отработана. Наиболее широко для получения ГЗК используют ячмень. Различными экспериментальными методами установлены оптимальные агротехнические требования для различных вариантов технологии выращивания ГЗК.

В известных конструкциях гидропонных установок использованы принципиально различные схемы исполнения отдельных элементов структурной схемы. В патентном фонде развитых стран за последние 20...25 лет выявлено около 40 различных технических решений по установкам для выращивания ГЗК. В них использованы два варианта схемы организации поточного производства ГЗК, четыре варианта устройства освещения и шесть способов исполнения устройств увлажнения.

Исполнение таких частей установок, как вегетационная поверхность, устройства закладки и уборки, характеризуется не только их конструктивно-технологическими схемами, но и вариантами их взаимодействия. Характеристиками такого взаимодействия являются способы комплектации участков вегетационной поверхности устройствами уборки и закладки и варианты организации обслуживания поверхности этими устройствами.

Наряду с имеющимися в патентном фонде описаниями, существуют более 10 моделей гидропонных установок, разработанных или серийно выпускаемых иностранными фирмами и отечественными организациями. Промышленные установки и цеха выпускаются для производства ГЗК как для использования в животноводстве, так и для кормления специальных видов животных (в зоопарках, конюшнях и т. д.).

Ведущими странами в области производства гидропонного оборудования являются Великобритания, Австрия и Испания, которые предпринимают определенные шаги для овладения рынком сбыта своей техники вплоть до поставки потребителям передвижных комплектных заводов по производству гидропонных установок.

Углубленное изучение конъюнктуры рынка гидропонного оборудо-

вания для выращивания ГЗК показало, что развитые страны Европы и Америки производят этот вид техники, в основном, для продажи в страны Азии, Африки и Латинской Америки, расположенные в климатических зонах с недостаточным увлажнением. Там эти установки рекомендуются использовать для гарантированного производства свежих кормов, получая основной экономический выигрыш за счет снижения затрат на мелиорацию и орошение земель. Другой сферой рынка являются густонаселенные регионы с небольшим количеством сельскохозяйственных угодий, где применение таких установок ведет к существенной экономии земельных площадей.

Как в первом, так и во втором случаях, обеспечение кормления рационами на основе ГЗК осуществляется за счет закупки необходимого количества семенного материала на мировом рынке. Сообщений об эксплуатации гидропонных установок на семенных ресурсах, производимых здесь же, в хозяйстве, в иностранных источниках информации не имеется.

Анализ выпускаемого гидропонного оборудования для выращивания ГЗК показал две основные линии развития его конструкции:

отдельные стеллажные многоярусные установки с производительностью до 1000 кг зеленой массы в сутки;

многокомпонентные сложные системы с производительностью 3...10 т зеленого корма в сутки.

Достоинствами первой группы оборудования являются простота конструкции, высокий коэффициент использования объема вегетационного помещения, малая металлоемкость и относительно низкая стоимость. Основной недостаток — отсутствие механизации посевных и уборочных операций. Преимущества многоярусных стеллажных установок проявляются только при их автономном использовании для получения небольшого суточного количества ГЗК. При блокировании нескольких установок с целью обеспечения более высокой производительности по зеленому корму резко возрастают трудозатраты и общая стоимость гидропонной системы, что ставит под сомнение возможность ее эксплуатации с высоким уровнем рентабельности.

Применение подобных установок целесообразно, на наш взгляд в небольших хозяйствах при использовании ГЗК только в качестве зеленой витаминной подкормки. Возможной областью применения небольших стеллажных установок могут стать личные подсобные хозяйства, где ГЗК будет использоваться в качестве основного корма для 1...2 молочных коров или птицы. Такое применение установок весьма эффективно. По данным фирмы Hydrodan себестоимость суточного рациона на основе ГЗК для одной молочной коровы продуктивностью 20...25 л молока в день, получаемого на установке Landsaver HD-1000, составляет 80...90 % стоимости традиционного рациона.

Сложные высокопроизводительные промышленные цеха оснащены, как правило, средствами механизации основных операций и, как след-



ствии этого, более металлоемки, громоздки и дороги. Их применение наиболее эффективно при использовании получаемого ГЗК в качестве основного кормового компонента рационов крупного рогатого скота на больших фермах и комплексах. По данным фирмы Andritz кормовой рацион, получаемый с помощью оборудования цеха модели GF-10, имеет стоимость на 30 % ниже, чем при традиционных кормах. При этом увеличивается молочная продуктивность коров и период хозяйственного использования. Затраты корма на литр молока снижаются также на 30 % [12].

Наиболее вероятными районами применения гидропонных установок для производства ГЗК в нашей стране могут стать регионы с экстремальными климатическими условиями (горы, пустыни, тундра и т. п.), а также засушливые области, в которых урожайность однолетних зерновых культур выше, чем урожайность многолетних или однолетних кормовых культур (например, Крымская обл. УССР). Возможной сферой использования этой техники является обеспечение кормами молочного животноводства в удаленных районах интенсивного промышленного освоения (нефте- и газопромислы Тюменской области РСФСР, зона Байкало-Амурской магистрали и т. д.) и в автономных коллективах зимовщиков, геологов и т. п. В этих случаях производство ГЗК будет базироваться на привозном зерне.

Во всех вариантах такого использования главными преимуществами являются хорошая сохраняемость зерна в течение длительного времени практически без снижения его питательных и посевных качеств, достаточно высокая объемная плотность зерна (около  $800 \text{ кг/м}^3$ ) и удобство его транспортировки.

Выбрать наиболее эффективную конструкцию оборудования для выращивания ГЗК, в связи с большим разнообразием применяемых вариантов, достаточно сложно. Основными критериями при выборе того или иного варианта гидропонной установки должны быть технико-экономические показатели, определяющие себестоимость производства кормов.

В целом, использование оборудования для производства ГЗК может помочь в решении вопроса интенсификации отечественного животноводства как на уровне колхозов и совхозов, так и на уровне арендных коллективов и личных подсобных хозяйств. Этим путем можно повысить стабильность снабжения животноводства высококачественными кормами и резко снизить непроизводительные расходы фуражного зерна.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### к разделу "Промышленные установки и цеха"

В конце 80-х годов на советском рынке гидропонных установок для выращивания ГЗК появилось оборудование фирмы Eleusis. Конструктивно-технологическая схема гидропонного комплекта построена по принципу объединения в промышленный цех. Нескольких небольших простейших установок с ежедневным объемом производства 1000 кг свежего зеленого корма каждая. Технологический процесс выращивания корма на такой установке предусматривает предварительное замачивание семян ячменя в течение двух суток, последующую раскладку пророщенного зерна на вегетационную поверхность и выращивание полноценного ГЗК в течение шести дней.

#### Основные технические данные цеха по выращиванию ГЗК фирмы

Производительность по зеленому корму, т/сут	10
Количество потребляемого зерна, т/сут	1,7
Продолжительность выращивания корма на вегетационной поверхности, сут	6
Продолжительность предварительного проращивания зерна, сут	2
Наличие субстрата	Нет
Обслуживающий персонал, чел.	2
Расход воды, м <sup>3</sup> /сут	30
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч/сут	250
Площадь цеха, м <sup>2</sup>	660
Габариты цеха, м:	
длина	40
ширина	16,5
высота	2,7

Предлагаемый фирмой комплект гидропонного оборудования для выращивания ГЗК производительностью 10 т свежего корма в сутки размещается в специально построенном кирпичном и железобетонном одноэтажном здании, оборудованном электропитанием напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц и мощностью 70 кВА, а также водоснабжением и канализацией. Для организации непрерывного производства ГЗК здание цеха разделено на шесть одинаковых культивационных помеще-

ний с соответствующим микроклиматом (площадь каждого 65 м<sup>2</sup>). К ним примыкают участок предварительного замачивания семян, участок подготовительно-заключительных работ и соединительный коридор.

Участок предварительного замачивания семян состоит из двух идентичных устройств, включающих в себя емкости для замачивания и ленточные транспортеры для выдержки влажного зерна. Здесь ежедневно на одном из устройств производится замачивание суточной партии семян.

Оборудование для управления воздушной средой размещено в помещении подготовительно-заключительного участка и обеспечивает подачу тепло- или хладоносителя к воздушным кондиционерам, расположенным в культивационных помещениях. Необходимая температура (18...20 °С) поддерживается автоматически для каждого помещения по сигналам соответствующих термодатчиков, влажность воздуха – 60...95 %. Здесь же размещено оборудование для приготовления питательного раствора, включающее в себя емкость для удобрений, насосодозатор, смесительную систему и распределительную трубопроводную сеть.

Непрерывное производство ГЗК обеспечивается ежедневной уборкой готового корма и закладкой исходной нормы зерна в одном из шести культивационных помещений, т. е. организовано по последовательному принципу.

Вегетационная поверхность установки выполнена в виде отдельных небольших пластмассовых поддонов, установленных в восьмیارусные стеллажи. В каждом культивационном помещении размещается 20 стеллажей, на каждом из которых установлены 32 поддона. Таким образом, каждый участок вегетационной поверхности включает в себя 640 поддонов.

Система увлажнения посевов построена по принципу подтопления и обеспечивается наличием на каждом стеллаже вертикального коллектора, имеющего для каждого яруса специальный поплавокый клапан для поддержания заданного уровня раствора. Каждый ярус поддонов соединен с этим клапаном с помощью эластичных пластмассовых трубок. Общее число клапанов – 960, а трубок – 3840 штук. После орошения использованный питательный раствор сбрасывается в канализацию. Ежедневный расход удобрений составляет около 7 кг минеральных солей (мочевина, фосфат кальция, хлористый калий и др.).

Устройство освещения выполнено в виде стационарной сети равномерно распределенных люминесцентных источников света, установленных на вертикальных несущих конструкциях стеллажей. Длительность светового дня при выращивании ГЗК составляет 12 ч в сутки.

Закладку пророщенных семян на поддоны и уборку с них готового корма осуществляют операторы. Они проводят ручную практи-

чески все агротехнические операции. Расчетные трудозатраты — 16 чел.-ч в сутки.

Технологический процесс выращивания 10 т ГЗК в сутки в цехе фирмы Eleusis осуществляется следующим образом. Из соответствующего культивационного помещения, где возраст посевов составляет 8 дн., поддоны с ГЗК транспортируют в помещение участка подготовительно-заключительных работ. Для этого с каждого поддона (при снятии со стеллажа) снимают соединительную трубку. Поддоны устанавливают на транспортную тележку и вывозят из культивационной камеры. На участке подготовительно-заключительных работ пласт ГЗК из каждого поддона вручную перекладывают в транспортное средство потребителя.

Освобожденные от ГЗК поддоны подают на пост промывки и дезинфекции, где из каждого поддона предварительно вручную удаляют фасонный штуцер, к которому присоединялась эластичная трубка, и диффузор, защищающий дренажное углубление со штуцером. После этого поддоны и вставные элементы промывают дезинфицирующим раствором под высоким давлением. Подготовленные таким образом поддоны поступают на участок замачивания семян для загрузки очередной порции зерна для выращивания корма. Здесь набухшая в течение двух суток партия семян с ленточных транспортеров устройства замачивания порциями подается на дозировочный стол, где оператор вручную раскладывает заданную порцию семян в каждый поддон. Перед этим в каждый поддон должны быть установлены фасонный штуцер и диффузор. Перед установкой штуцера его внешнюю поверхность и соответствующую деталь на поддоне смазывают техническим вазелином для предотвращения подтекания. Заполненные зерном поддоны устанавливают вручную на тележку и транспортируют в соответствующее культивационное помещение. На участке замачивания семян осуществляется подача очередной порции зерна на проращивание, его промывка и т. д.

В культивационном помещении при установке каждого поддона на стеллаж к нему должна быть присоединена трубка от системы орошения. После заполнения всей камеры ее двери закрывают. Система управления микроклиматом и система увлажнения посевов в течение шести суток осуществляют соблюдение заданных параметров агротехнического режима. На следующий день весь цикл операций повторяется с другой культивационной камерой.

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Образцов А. С., Пиуткин С. Н. Гидропонный корм из ячменя на субстрате из соломы. – Кормопроизводство, 1980, № 10. – С. 10...11.
2. Краснощеков Н. В. Идет производственный эксперимент. – Корма, 1978, № 5. – С. 15...17.
3. Давтян Г. С., Бабаханян М. А. Непрерывное гидропоническое производство свежего травяного корма и эффективность его применения. – Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1977. – С. 71.
4. Пиуткин С. Н. Разработка приемов формирования урожая и изменения его качества при выращивании зеленого корма из зерна гидропонным методом: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. сельскохозяйств. наук. – М., 1984. – С. 14.
5. Методы и техника для предпосевной стимуляции семян сельскохозяйственных культур. – Экспресс-информация № 683. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1985. – С. 17.
6. Кругляков Ю. А., Бурцева С. В. К вопросу о предпосевной обработке семян физическими методами: Научно-методические вопросы управления научно-техническим прогрессом в сельхозмашиностроении. Сб. Науч. трудов/ВИСХОМ. – М.: ВИСХОМ, 1984. – С. 62...70.
7. Massantini F., Magnani G. Hydroponic Fodder Growind: Use of cleaner separated Seed /Proc. of the 5-th Int.
8. Кругляков Ю. А., Бурцева С. В. Влияние агротехнических факторов на питательность гидропонного корма. – Вестник с.-х. науки, 1986, № 8. – С. 105...112.
9. Ташилин В. А., Лопотышкин Р. А., Воробьев Е. С. и др. Гидропонный корм на субстрате из соломы. – Кормопроизводство, 1980, № 2. – С. 15...17.
10. Калинин Н. А., Голиков А. И. Эффективность использования гидропона. – Земля сибирская, дальневосточная, 1980, № 10. – С. 23...24.
11. Cazautets J. Le Fourrage hydroponique. – Agriculture, 1979, No. 435. – P. 412...414.
12. Хаберда В. Установка для производства зеленых кормов системы Рутнер фирмы Андритц – гидропоническое производство зеленого корма в экстремальных климатических условиях /Симпозиум "Современная промышленная техника Австрии", 02.04.86 – 11.04.86, доклад № 11, 1986. – 28 с.
13. Базаров Е. И., Широков Ю. А. Агрозооэнергетика. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 156.
14. Lees P. Electronic summer gives year round grass feed. – Farmers Weekly, v.97, No.20, 1982. – P. XII–XV.
15. Пиуткин С. Выращивание гидропонного корма на соломенном субстрате. – Животноводство, 1980, № 10. – С. 40.

16. Якунин В. Д., Широков Ю. А. Механизация производства злаковой биомассы. – В сб.: Механизация скотоводческих ферм. – Подольск, 1982. – С. 37...40.
17. A grass crop by hydroponics. – World Crop, July-August, 1983. – P. 136.
18. Hydroponics Grasses. – Thy Arabian Horse, 1978, No.6, – p. 65–68.
19. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979. – С. 200.
20. Рабочая книга по прогнозированию /Редкол.: И. В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982. – С. 430.
21. Одрин В. М., Картавов С. С. Морфологический анализ систем. – Киев: Наукова думка, 1977. – С. 148.
22. Жук З. Я., Кругляков Ю. А. Техническое оборудование для специализированных агрокомплексов будущего. – Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1985, № 4. – С. 2...6.

## СОДЕРЖАНИЕ

---

Введение . . . . .	3
Агротехника выращивания и зоотехнические характеристики гидропонного зеленого корма . . . . .	7
Состав комплекта оборудования . . . . .	17
Промышленные установки и цеха . . . . .	37
Современный технический уровень оборудования для выращивания гидропонного корма и перспективы его развития. . . . .	58
Приложение . . . . .	74
Литература . . . . .	77

**Кругляков Юрий Александрович**

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ  
ЗЕЛЕННОГО КОРМА ГИДРОПОННЫМ СПОСОБОМ**

*Зав. редакцией С. А. Карпушин*

*Художник А. В. Князюк*

*Художественный редактор А. И. Бершачевская*

*Технический редактор Н. А. Зубкова*

*Корректор Т. В. Кириллова*

**ИБ № 6312**

Сдано в набор 06.09.90. Подписано в печать 12.11.90. Формат 60 × 88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная № 2. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,90.  
Усл. кр.-отт. 5,14. Уч.-изд. л. 5,42. Изд. № 048. Тираж 6500 экз. Заказ № 729  
Цена 20 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6,  
Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 4 Государственного комитета СССР по печати. 129041,  
Москва, Б. Переславская, 46.



20 коп.

**Производство гидропонного зеленого корма может помочь в решении вопроса интенсификации отечественного животноводства как на уровне колхозов и совхозов, так и в условиях арендных коллективов и личных крестьянских хозяйств**

