

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ

Бабенков Ю.И., Романов В.В., Галка Г.А., Желонкина Е.С.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. На основе анализа технологического процесса и требований к произрастанию устричных грибов в статье были рассмотрены: произведен расчет теплопритоков и теплооттоков производственного помещения, подобрана схема кондиционирования воздуха для летнего и зимнего режимов, разработаны тумбы для размещения грибных блоков, спроектирована и рассчитана система освещения, произведено проектирование и расчет системы приточно-вытяжной вентиляции. На основе расчетных данных осуществлен выбор основного дополнительного холодильного оборудования, системы кондиционирования, осуществлён подбор оборудования для системы освещения. Цель данной работы - проектирование системы кондиционирования воздуха для помещения с круглогодичным циклом произрастания устричных грибов.

Ключевые слова. Система кондиционирования воздуха, грибы вешенки, расчет теплопритоков, расчет влаготитоков, температура

DESIGN OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM OF THE ROOM FOR MUSHROOM GROWING

Babekov U.I., Romanov V.V., Galka G.A., Zhelonkina E.S.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. Based on the analysis of the technological process and the requirements for the growth of oyster mushrooms, the article examined: the main errors in the design of the mushroom farm, calculated the heat influx and heat sink of the production room, selected an air conditioning scheme for summer and winter modes, developed cabinets for placing mushroom blocks, designed and the lighting system was designed, the design and calculation of the ventilation system was performed. Based on the calculated data, the main additional refrigeration equipment, air conditioning system was selected, equipment for the lighting system was selected. The aim of this work is to design an air conditioning system for a room with a year-round cycle of growth of oyster mushrooms.

Keywords. Air conditioning system, oyster mushrooms, calculation of heat influx, calculation of moisture inflows, temperature

Продовольственная безопасность Российской Федерации является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны в среднесрочной перспективе, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием реализации стратегического национального приоритета - повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения. В целях реализации государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности, направленной на надежное обеспечение населения страны продуктами питания и развитие отечественного агропромышленного производства направлена данная работа по исследованию, расчету и проектированию грибной фермы.

Стратегической целью продовольственной безопасности является обеспечение населения страны безопасной сельскохозяйственной продукцией, рыбной и иной продукцией из водных биоресурсов и продовольствием [1].

Вешенки в ходе своей жизнедеятельности выделяют большое количество углекислого газа CO_2 , а его воздействие губительно сказывается на формировании плодовых тел грибов [2]. Так, при длительном скоплении в помещении избыточного количества углекислого газа (в пределах 1500-2000 ppm), наблюдается искажение формы грибов в виде значительного удлинения их ножек и уменьшения диаметра шляпок (рис. 1а). Высота плодового тела увеличивается в 4-5 раз. Диаметр шляпки и толщина ножки при этом не на много отличаются друг от друга и нередко совпадают. Грибы имеют причудливый, непривлекательный вид, и количество их в друпе заметно снижается.

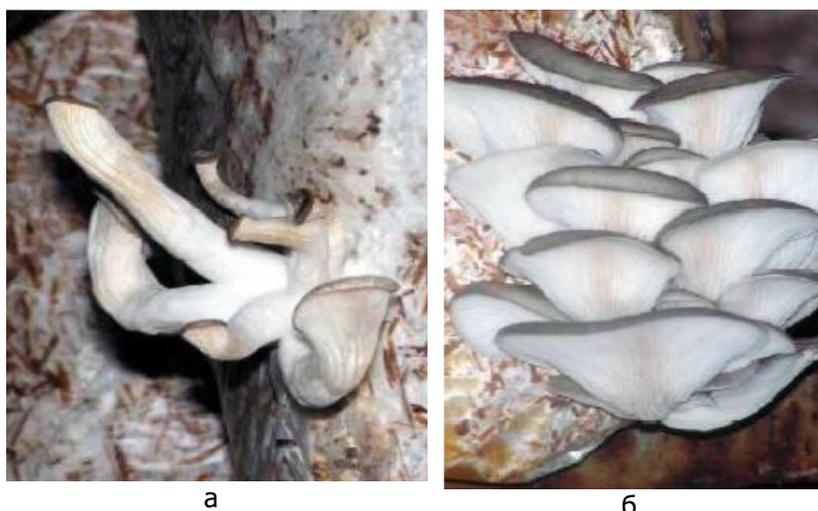


Рисунок 1 – а) Избыточное количество CO₂, б) Кратковременное повышение концентрации CO₂

Однако даже при кратковременном повышении концентрации углекислого газа (5-8 часов) до 1050-1300 ppm идет провокация роста крупных, лопушистого вида, грибных шляпок с приподнятыми краями, которые со стороны смотрятся вывороченными наружу (Рис. 16). Друзы получаются достаточно крупными, но при этом гриб теряет свой товарный вид, что в итоге принесет сомнительную выгоды производителю, так как такой продукт будет сложнее сбыть, в силу того, что он не соответствует ГОСТ Р 56636-2015 «Грибы вешенки свежие культивируемые» [3].

Требуемая процентная влажность воздуха, поступающая в помещение культивации грибов в период плодообразования в процентном соотношении, должна составлять 80-90% с концентрацией углекислого газа не более 700-800 ppm. [2]

Температура и влажность влияют также на форму плодовых тел, при этом оптимальные условия среды индивидуальны для каждого штамма гриба. Оптимальная температура произрастания вешки в период плодоношения 14-16⁰ С. Ниже представлено влияние отклонения параметров тепловлажностного режима от нормы:

- температура и влажность выше нормы. Шляпка вывернута наружу, длинная ножка. Отношение шляпка/ножка - меньше нормы. Окраска шляпки светлее. Депрессия (углубление) в центре шляпки;
- высокая температура и низкая влажность. Края шляпок утончаются, шляпка становится зонтиковидной (защита от избыточного испарения), окраска становится очень светлой, а ножка толстой;
- низкая температура и низкая влажность. Шляпка темнеет, ножка становится толстой или бутылкообразной. Грибы растут очень медленно и дают низкий урожай;
- низкая температура и высокая влажность. Формируются хорошие крепкие грибы - плодовые тела растут медленно и их число снижается.

Следует отметить, что недостаточно только организовать в помещении требуемые параметры тепла и влаги без обеспечения циркуляции воздуха. Если интенсивность циркуляции воздуха в системе будет не достаточной (будет создаваться избыточное давление), то возникает проблема с избыточной концентрацией CO₂. Но, даже если удастся подобрать параметры вентиляции так, чтобы концентрация углекислого газа была в пределах нормы, то возникнет другая проблема: из-за низкой скорости движения воздуха внутри помещения избыточная влага не будет успевать испаряться со шляпок грибов, и они начнут «наращивать» так называемую полезную площадь, пытаясь избавиться от излишков воды, что в дальнейшем повлечет несоответствие конечному виду готового продукта и несоответствию ГОСТ [4].

Одним из определяющих параметров для выращивания грибов является микроклимат в помещении, именно он непосредственно определяет хорошие агротехнические условия и, следовательно, экономику производства. Другими словами, чем точнее рассчитаны тепловлажностный режим и тем более высокая плотность загрузки культивационного помещения обеспечивается, соответственно увеличивается объем производства грибов, а также улучшается качество выходного продукта. Для обеспечения оптимальных климатических условий предназначен комплекс средств, с помощью которых осуществляется автоматическое поддержание в помещении всех или отдельных параметров воздуха, называемый системой кондиционирования воздуха (СКВ). [5]

Разрабатываемая система кондиционирования воздуха должна удовлетворять комплексу требований, в который входят санитарно-гигиенические требования, строительно-монтажные и архитектурные требования, эксплуатационные требования и экономические требования. [6]

Расчет и проектирование системы кондиционирования воздуха помещения для выращивания устричных грибов выполнен для Ростовской климатической зоны при следующих данных:

- температура окружающей среды в летний период +40° С;
- температура окружающей среды в зимний период -30° С;
- температура в помещении для выращивания грибов +14° С;
- относительная влажность в помещении для выращивания грибов 90%;
- потребление воздуха грибами 250 м³/ч на 1 тонну субстрата;
- обмер и параметры ограждающих конструкций производственного помещения, которое планируется оборудовать для выращивания устричных грибов;
- потребность устричных грибов в освещенности 750 люкс/м²;

Исследуя проблему размещения грибных блоков на предприятиях подобного типа, а также особенности загруженности таких помещений грибным субстратом, было установлено, что загруженность помещения не должна превышать 150 кг/м². Таким образом, зная, что грибные блоки у поставщика имеют размер 0,20х0,23х0,63 м, объём 24 л и вес 10,5 кг была разработана конструкция, позволяющая размещать на себе разместить до 16 грибных блоков.

В ходе исследования посредством компьютерного моделирования было установлено, что в помещении можно разместить 36 полок с грибными блоками. Учитывая, что на одной полке можно разместить до 16 грибных блоков, то при заданных параметрах грибных блоков можно посчитать общую массу мицелия. Соответственно можно рассчитать теплопритоки и влагопритоки в помещение, а также рассчитать общую стоимость расходного материала (грибные блоки). Следовательно, всего блоков будет 576 штук, их общий вес составит 6048 кг, а учитывая то, что теплоприток с 1 тонны грибов составляет 0,5 кВт, то суммарный теплоприток от грибных блоков составит 3,024 кВт.

В целом периодичность поливов зависит от того, каковы физико-механические свойства покровной земли или субстрата на древесинной основе, поскольку они обладают разной влагоудерживающей способностью, поэтому частоту поливов целесообразно определять, основываясь на конкретном состоянии почвы или иного субстрата. Случается, что какой-то отдельный участок, где вода быстрее испаряется и покровная почва или часть грибного блока высыхает, приходится поливать ежедневно, тогда как соседним хватает полива раз в неделю. Оптимальной считается увлажненность на уровне 60-70 % от полной влагоемкости блока. Также очень желательно (уже с меньшей ориентацией на влажность субстрата) поливать грибницу в интервалах между волнами плодоношения, в такие периоды грибам можно дать немного влаги про запас. При этом длительный избыток влаги грибам вреден, и его надо стараться не допускать.

Аналогичным образом, по выражению (2), проводится расчет тепловых потерь помещения для зимнего режима эксплуатации. Таким образом, суммарные тепловые потери равны:

$$P = (-367,5) + (-3768) + (-2164) + (-6061) + (-4109) + 5573 + (-5500) + 3240 + +3024 = -10132,5 \text{ (Вт)}$$

Для того что бы правильно и точно рассчитать систему вентиляции для камеры выращивания устричных грибов нужно знать:

1. Сколько воздуха нужно для нормального роста грибов
2. Сколько будет выделять влаги грибная масса (влагопритоки)

Исследуя данную проблему и основываясь на опыте работников отрасли (грибных технологов) было установлено:

1. Одна тонна грибов потребляет 250 м³/ч, таким образом:

$$V = \frac{\sum m \times V_y}{m_y} \quad (1)$$

$$V = \frac{6048 \times 250}{1000} = 1500 \text{ (м}^3 \text{ / ч)} \quad (2)$$

где V- рассчитанный объемный расход воздуха грибами, м³/ч;

$\sum m$ - общая масса грибов в камере 6048 кг;

m_y - установленный объемный расход воздуха грибами 250 м³/ч для m_y , являющимся установленной массой для этих грибов.

2. Известно, что количество влаги, выделяемое грибами, равно 2-4 % от общей массы грибного субстрата. Учитывая то, что загрузка помещения будет высокая, то рационально принять рассчитываемый процент равным 4 %. Таким образом, влагоприток будет рассчитываться по формуле (3):

$$W = \frac{m \times 4\%}{100\%} \quad (3)$$

$$W = \frac{6048 \times 4\%}{100\%} = 242 \text{ кг / ч} \quad (4)$$

Так же необходимо определить значение коэффициента ε . Этот параметр называют также тепловлажностным отношением, т.к. он показывает величину приращения количества полной теплоты на 1 кг полученной (или отданной) воздухом влаги. Коэффициент ε имеет размерность $\text{кДж} / \text{кг}$ и рассчитывается по формуле (4):

$$\varepsilon = \frac{3,6 \times Q}{W} \quad (4)$$

$$\varepsilon = \frac{3,6 \times 31264}{242} = 465 \text{ (кДж / кг)} \quad (5)$$

По рассчитанным значениям и построенным процессам СКВ на i-d диаграмме было определено количество холода на воздухоохладитель.

Рассчитав суммарные тепловые потоки проводится подбор оборудования холодильной установки, производится выбор рабочего тела (фреона). Для этой цели использовалось специализированное программное обеспечение компании Danfoss, Coolselector 2. Для её эффективного использования необходимо, на основе заданных и выбираемых температур наружного и внутреннего воздуха установить режим работы ХУ.

Режим работы холодильной установки определяется температурами [1]:

$t_{\text{вв}}$ - температура воздуха внутри помещения;

$t_{\text{нв}}$ - температура наружного воздуха;

t_0 - температура кипения;

$t_{\text{к}}$ - температура конденсации;

$t_{\text{пк}}$ - температура переохлаждения хладагента в конденсаторе;

$t_{\text{пи}}$ - температура перегрева хладагента в испарителе.

Температура кипения фреона холодильной установки, определяем из условия нормальной работы испарителя, откуда температура кипения, определяется выражением:

$$t_0 = t_{\text{вв}} - (10 \div 20^\circ \text{C}) \quad (6)$$

$$t_0 = 14 - (10 \div 20^\circ \text{C}) = 4^\circ \text{C} \quad (7)$$

Нормальный диапазон температур перегрева в испарителе составляет 5 - 8⁰ С, выбираем $t_{\text{пи}} = 7^\circ \text{C}$.

Полный температурный напор на конденсаторе должен составлять 10÷20⁰С, откуда температура конденсации, определяется выражением:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{нв}} + (10 \div 20^\circ \text{C}) \quad (8)$$

$$t_{\text{к}} = 40 + (10 \div 20^\circ \text{C}) = 55^\circ \text{C} \quad (9)$$

Так же с помощью программы был построен цикл фреоновой холодильной машины, работающей на фреоне R134А в Р-і координатах, представленный на рисунке 2.

На основании диаграммы были определены параметры фреона в характерных точках цикла. Для обработки приточного воздуха до необходимых параметров, в зимний период работы грибной фермы, подбирается камера орошения. Согласно требуемым параметрам внутреннего воздуха и объёмной подачи его в помещение принимается камера орошения Wolf KG30 [3]. Её схема представлена на рисунке 3, а основные параметры - в таблице 2:

В работе исследована проблема продовольственной безопасности РФ, путем проектирования предприятия малого бизнеса по производству устричных грибов, повышения качества жизни российских граждан путем добавления в их рацион питания полезной грибной продукции по доступной цене. При этом предлагаемая продукция будет соответствовать ГОСТ Р 56636-2015 «Грибы вешенки свежие культивируемые».

Спроектирована система кондиционирования воздуха для помещения выращивания грибов [4].

Рассчитаны основные термодинамические параметры системы кондиционирования воздуха по выращиванию грибов.

Подобрана камера орошения для работы грибной фермы.

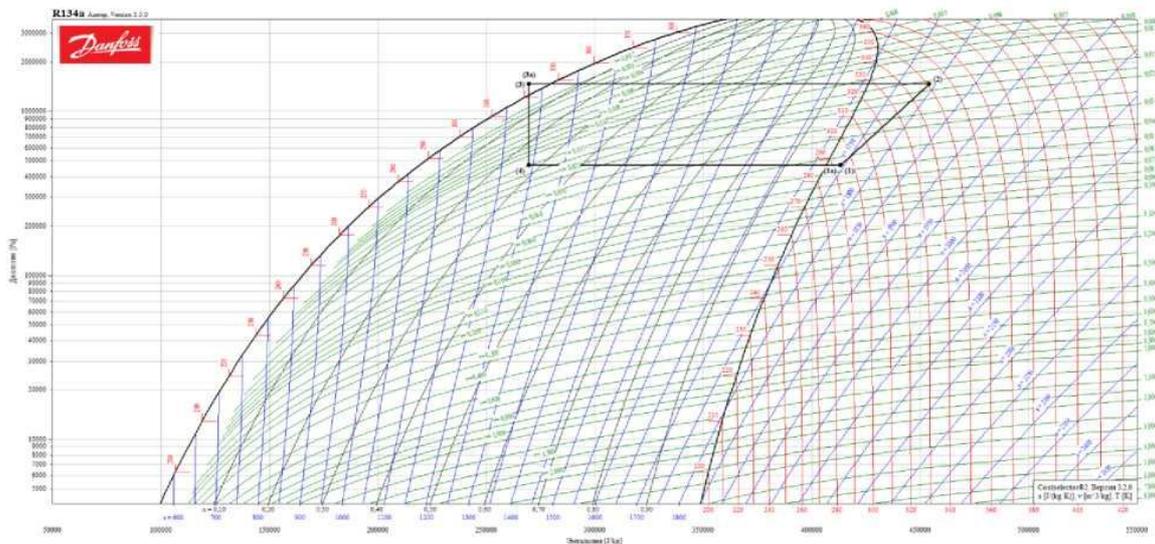


Рисунок 2 - Цикл работы холодильной машины

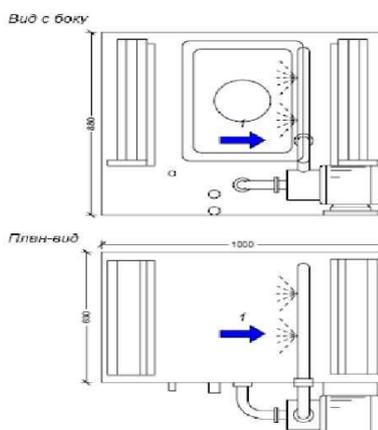


Рисунок 3 - План-вид и вид сбоку камеры орошения

Таблица 2 - Основные параметры оросительной камеры KG30

Тип	KG30
Диапазон расхода воздуха	От 850 м ³ /ч до 3000 м ³ /ч
Размеры корпуса	630×1000×880 h (mm)
Подсоединительные размеры	400×400 h (mm)
Сторона обслуживания	Левая или Правая
Вес	150 кг

Список использованных источников

1. Ананьев В.А, Седых И.В. Холодильное оборудование для современных центральных кондиционеров. Расчеты и методы подбора: учеб. пособие – М.: Евроклимат, 2001. – 96 с.
2. Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика – М.: Евроклимат, 2001. – 416с. 3-е издание
3. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Москва, 1984. – 508 с.
4. Коляда В.В. Кондиционеры. Принципы работы, монтаж, установка, эксплуатация. Рекомендации по ремонту. – М. 2002. – 240 с.