© Е.К. Романова, Ю.А. Хохолов, А.С Курилко, 2012

УДК 622.4:522.817

Е.К. Романова, Ю.А. Хохолов, А.С Курилко

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА КРИОЛИТОЗОНЫ ПРИ АВАРИЙНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Приведены результаты исследований температурного режима камеры подземного холодильника криолитозоны при аварийном отключении холодильных установок. Оценены влияния технологических особенностей и условий эксплуатации подземного холодильника на его тепловую устойчивость.

Ключевые слова: подземный холодильник, криолитозона, температура, холодильные установки.

Подземные холодильники являются наиболее экономичным и перспективным типом продовольственных хранилищ для районов Севера. Подземное размещение холодильников по сравнению с наземными имеет ряд технических преимуществ, которые в чрезвычайных ситуациях становятся особенно значимыми, такие как сейсмостойкость, повышенная пожаробезопасность. Кроме этого, одним из основных достоинств является, повышенная аккумулирующая способность вмещающих мерзлых горных пород, что позволяет длительное время сохранять необходимый температурный режим в камерах в случае отключения холодильных машин [1, 2].

Основным требованием к температурному режиму подземного холодильника является поддержание в нем требуемой температуры хранения. В условиях Крайнего Севера в целях снижения энергетических затрат на эксплуатацию холодильных установок проводят ежегодную хладозарядку естественным холодом путем принудительной вентиляции камер в зимний период. Аккумулированный породным массивом холод позволяет значительно снизить энергозатраты на выработку искусственного холода в летний период.

Для расчета температурного режима подземного холодильника разработана трехмерная математическая модель, описывающая теплообмен воздуха в холодильной камере, как с окружающим горным массивом, так и хранимым продуктом [3]. Схема расчетной области приведена на рис. 1. Трехмерность модели позволяет учитывать глубину заложения подземного холодильника, его геометрические характеристики, а также влияние температуры наружного воздуха.

Разработанный программный комплекс позволяет прогнозировать температурный режим в камерах подземного холодильника в случае аварийного отключения холодильных машин в зависимости от режима зимней хладозарядки, режима загрузки продукта, климатических и природных условий, геометрических размеров и глубины заложения камер.

На рис. 2—5 представлены динамики изменения температуры воздуха в

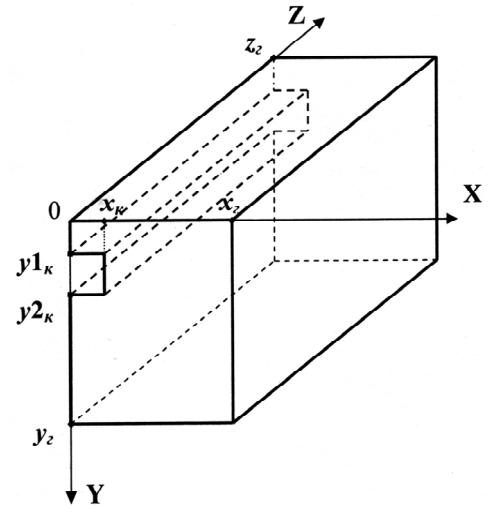

Рис. 1. Расчетная трехмерная область Ω, где $x_к$, $x_г$, $y1_к$, $y2_к$, $y_г$, $z_г$, — координаты границ области Ω.

камере подземного холодильника при аварийном отключении холодильных установок в первый и десятый годы эксплуатации. Численные расчеты проведены для условий действующего подземного холодильника акционерного общества «Якутскэнерго» в г. Якутске. Камера имеет ширину 6 м, высоту 4 м, длину 50 м.

Расчеты показали, что продолжительная эксплуатация подземного холодильника при ежегодной хладозарядке существенно повышает его тепловую устойчивость при аварийной остановке холодильных машин в летнее время. Разные варианты расчета показывают, что в этом случае за 2 месяца температура в камере повышается в конце первого года с –20 °С до –13 °С÷–9 °С, а соответственно в конце 10 года — до –18 °С÷–11 °С.

Из рис. 2 видно так же влияние временного фактора, чем позднее в течение летнего времени случается отключение холодильных установок, тем больше повышается температура воздуха в камере. В десятом году эксплуатации, если при отключении в начале июня температура воздуха повышается за два месяца до –16 °С, то при отключении в начале сентября — до –17 °С.

Графики, приведенные на рис. 3, показывают влияние интенсивности проведенной зимней хладозарядки на температурный режим во время аварийного отключения установок. Чем интенсивнее проводилась зимняя хла-

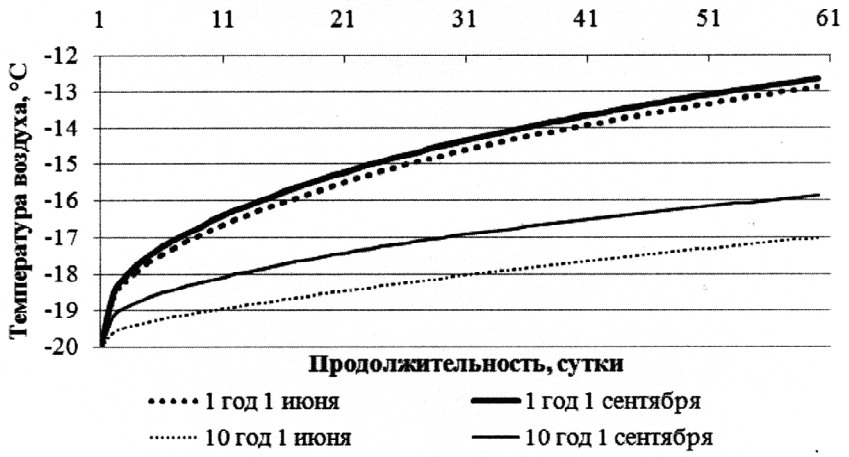

Рис. 2. Температуры воздуха в камере подземного холодильника во время аварийного отключения холодильных установок в зависимости от времени отключения

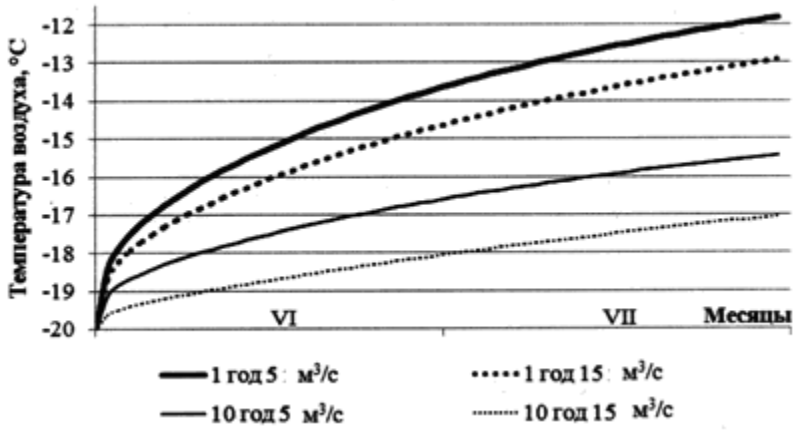

Рис. 3. Температуры воздуха в камере подземного холодильника во время аварийного отключения холодильных установок в зависимости от интенсивности зимней хладозарядки

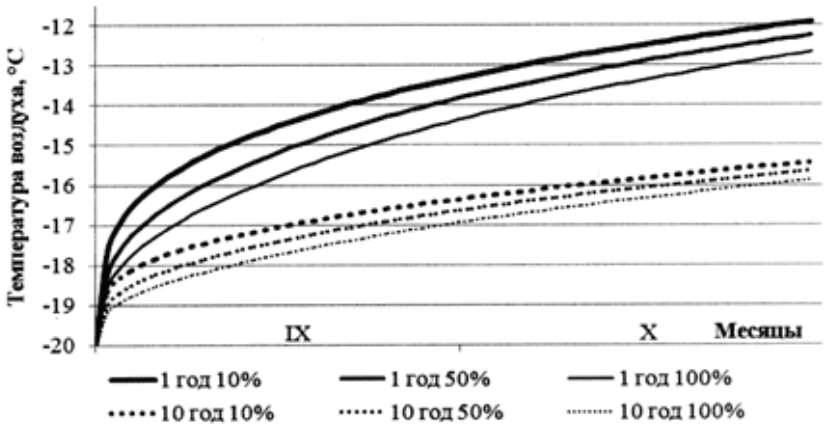

Рис. 4. Температура воздуха в камере подземного холодильника во время аварийного отключения холодильных установок в зависимости от степени загруженности продуктом

дозарядка, тем меньше будут последствия отключения; в частности, в десятом году эксплуатации, если при подаче холодного воздуха для хладозарядки в объеме 5 м^3/с температура в камере повышается за два месяца до –16 °С, то при 25 м^3/с — до –18 °С.

На повышение температуры в камере во время отключения холодильных установок также влияет степень ее загруженности продуктом, так же как и породный массив аккумулирует холод (рис. 4). Чем больше загружена продуктом камера, тем менее опасно отключение.

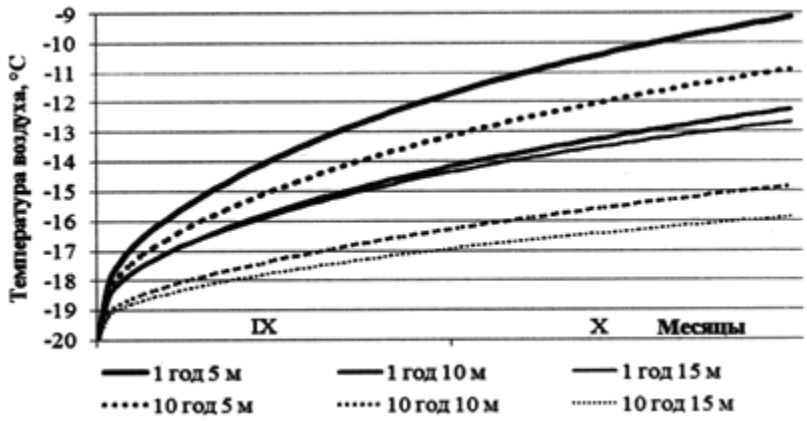

Рис. 5. Температура воздуха в камере подземного холодильника во время аварийного отключения холодильных установок в зависимости от глубины заложения камеры

Глубина заложения камеры также существенно влияет на температуру воздуха во время аварийного отключения холодильных установок (рис. 5). Более глубокое расположение камеры, делает ее менее уязвимой к аварийным ситуациям, связанным с отключением холодильных установок. На десятом году эксплуатации, если при расположении камеры на глубине 5 м температура в ней повышается за два месяца до –11 °С, то при глубине 15 м — до –16°С.

Проведенные исследования показали, что в случае аварийного отключения холодильных машин, в камере подземного холодильника продолжительное время (до нескольких месяцев) сохраняется температура, требуемая для хранения большинства видов белковой продукции. При этом тепловая устойчивость подземного холодильника повышается с увеличением продолжительности эксплуатации и интенсивности зимней хладозарядки, а также с повышением степени загруженности продовольствием и углублением заложения подземного холодильника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Миронов Н.Г.* Строительство и эксплуатация подземных холодильников (Север и Северо-Восток Советского Союза). – М.: Наука, 1967. — 72 с.

2. *Кузьмин Г.П.* Подземные сооружения в криолитозоне. — Новосибирск: Наука, 2002. — 176 с.

3. *Хохолов, Ю.А., Е.К.Романова* Выбор оптимальных параметров температурного режима подземных холодильников криолитозоны. Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2004. — № 9. — С. 290—292. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Романова Е.К. — кандидат технических наук, младший научный сотрудник,
Хохолов Ю.А. — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
Курилко А.С. — доктор технических наук, заведующий лаборатории горной теплофизики,
Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН, г. Якутск, igds@ysn.ru