

чета сушильных установок. М., 1967. 4. Рабинович Г.Д., Слободкин Л.С. Терморadiационная и конвективная сушка лакокрасочных покрытий. М., 1966. 5. Прохоров Ю.И., Ирошников Ю.П. Лучистый инфракрасный нагрев в полупроводниковом и микроэлектронном производстве. М., 1973. 6. Логинов Ф.Л. Противопожарные мероприятия при окраске и сушке изделий. М., 1965. 7. Равич М.Б. Ступенчатое использование тепла природного газа в промышленности. - "Газовая промышленность", 1966, № 3. 8. Тринкс В., Моутинский М., Моугинней М. Промышленные печи, т. 1. М., 1966. 9. Четфильд Х.Ф. Лакокрасочные покрытия. М., 1968.

УДК 631. 243. 42:628. 83

П.И. Дячек

К ВОПРОСУ ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ИСКУССТВЕННЫМ ВЕНТИЛИРОВАНИЕМ

Круглогодичное и бесперебойное снабжение населения плодами, овощами, картофелем высокого товарного качества может быть обеспечено, в частности, при условии использования эффективных методов их хранения.

Сокращение потерь при хранении картофеля только на 1 % позволит увеличить его запасы на 400 тыс. т, что значительно превышает годовое потребление таких городов, как Ленинград и Киев, вместе взятых [1, 2].

Оптимальные параметры хранения продовольственного картофеля, определенные с учетом экономических и биологических факторов [3], составляют: $t^{\circ} = +2 - +4^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 85 - 95\%$.

Представляется неоправданной рекомендация НПТСХ принимать расчетную влажность внутреннего воздуха $\varphi_p = 80\%$. Исследованиями [4, 2] установлено, что в хранилищах, теплотехнический расчет которых проведен по $\varphi_p = 80\%$, влага конденсируется на ограждениях. Это наблюдается даже в хранилищах с естественной вентиляцией, где разность влажностных потенциалов между межклубневым пространством и внутренним воздухом значительно выше, чем с искусственной вентиляцией. Кроме того, отпотевает верхний слой массы хранимой продукции, что приводит к заболеванию картофеля мокрой гнилью и увеличению отходов.

В связи с этим предлагают принимать расчетную влажность внутреннего воздуха $\varphi_p = 90\%$ [4], что ведет к увеличению

массивности и удорожанию ограждений. Положительным эффектом является отказ от отопления хранилища, так как тепла, выделяемого картофелем, достаточно для компенсации теплопотерь. Удорожание строительных конструкций окупается в течение 4-5 лет эксплуатации хранилища [4].

Анализ, выполненный нами, показал, что в условиях БССР при $\varphi_p = 90\%$ оптимальные параметры внутреннего воздуха в хранилище поддерживаются системой вентиляции только при температурах наружного воздуха, незначительно отклоняющихся от расчетной температуры. При повышении температуры наружного воздуха на 4°C выше расчетной (средняя амплитуда суточных колебаний температуры составляет 8°C) наблюдается значительное различие между воздухообменами, определенными по избыточному теплу $Q_{\text{изб}}$ и избыточной влаге $M_{\text{изб}}$, причем

$$V_Q = \frac{Q_{\text{изг}}}{c(t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} > \frac{M_{\text{изг}}}{d_{\text{ух}} - d_{\text{пр}}} = V_M,$$

где c - теплоемкость воздуха, $\text{кДж/кг}^\circ\text{C}$; $t_{\text{пр}}, t_{\text{ух}}$ - соответственно температура приточного и уходящего воздуха, $^\circ\text{C}$; $d_{\text{пр}}, d_{\text{ух}}$ - влагосодержание приточного и уходящего воздуха,

$$\frac{\text{г}}{\text{кг сух. возд.}}.$$

Воздухообмен по $M_{\text{изб}}$ определялся в предположении, что в зимнее время влагосодержание наружного воздуха $d_{\text{пр}}$ остается постоянным в пределах суток.

Вследствие неравенства объемов в секциях и камерах хранилища устанавливается влажность, равная 60 - 70%. В условиях сухой зоны СССР эта цифра может быть еще ниже. Это ведет к интенсивному испарению влаги из массы хранимой продукции, а значит и к снижению товарных качеств. Поэтому хранилище должно обеспечиваться доувлажнительными установками.

Исходя из вышеприведенных рассуждений, целесообразно выполнять расчет ограждающих конструкций для хранилищ, оборудованных системой искусственной вентиляции, исходя из влажности $85\% \leq \varphi_p < 90\%$. При этом должно соблюдаться условие

$$V_M = \frac{M_{\text{изб}}}{d_{\text{ух}} - d_{\text{пр}}} > \frac{Q_{\text{изб}}}{c(t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} = V_Q.$$

Недостающее тепло можно возвращать в хранилище из уходящего воздуха по схеме, представленной на рис. 1. В теплый период года уходящий воздух, имеющий температуру ниже приточного, будет охлаждать его и, таким образом, экономится некоторое количество холода, вырабатываемого холодильной станцией в хранилищах с искусственным охлаждением. Методика расчета таких теплообменников предложена С.П.Екимовым [2].

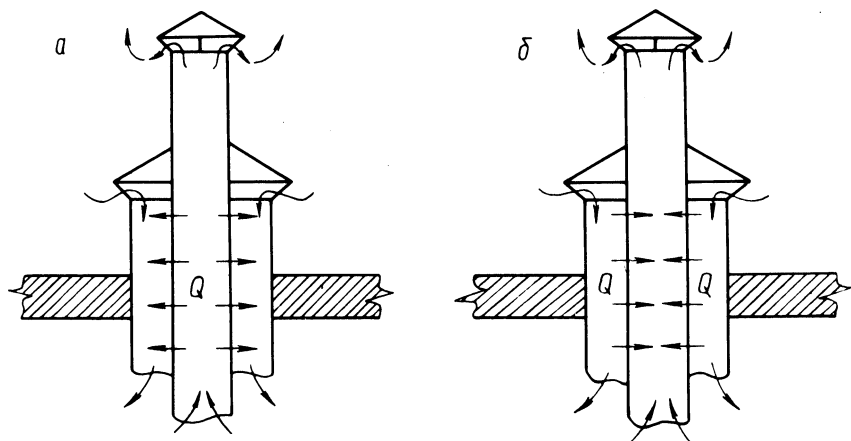


Рис. 1. Схема организации теплообмена между уходящим и приточным воздухом: а - зимний период; б - весенне-летний период.

Расчетный воздухообмен как в нашей стране, так и за рубежом определяют по минимальному количеству воздуха, необходимому для охлаждения продукции в наиболее напряженный осенний период. Он составляет: в Канаде - 30, США - 40, Голландии - 100, а в некоторых случаях даже $300 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{т}$ [5].

В СССР в соответствии с НПТСХ предусматривается определять удельный воздухообмен по тепло- и влагоизбыткам для различных периодов хранения, но не менее $50 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{т}$. Эта цифра и применяется в большинстве случаев при проектировании вентиляции хранилищ. Опытами установлено, что величина потерь хранимой продукции за весь период хранения в значительной степени зависит от принятого удельного воздухообмена [6] (табл. 1).

Уменьшение потерь веса при увеличении удельного воздухообмена объясняется сокращением времени работы вентиляционной системы, необходимого для отведения избыточного тепла. Отходы сокращаются вследствие снижения восприимчивости картофеля к грибковым заболеваниям при увеличении скорости движения воздуха в межклубневом пространстве.

Таблица 1. Зависимость потерь картофеля при хранении от величины удельного воздухообмена

Удельный воздухообмен, $\frac{3}{\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{т}}$	Потери веса, $m_V^I, \%$	Потери веса и отходы, $m_V, \%$	Прорастание, $m_V^{II}, \%$
75	6,9	15,7	27
90	1,6	5,5	8,8
110	1,5	3,2	0,0
135	1,8	1,8	0,0

Увеличение удельного воздухообмена влечет за собой улучшение систем вентиляции и снижение потерь картофеля. Совместный учет этих факторов позволит определить величину оптимального удельного воздухообмена. Приведенные затраты по системе вентиляции можно вычислить по уравнению

$$P_V = E_N K_V + C, \text{ руб/год,}$$

где E_N - коэффициент экономической эффективности, равный $0,2 \frac{1}{\text{год}}$; K_V - сметная стоимость системы вентиляции, обслуживающей M тонн картофеля при данном $V_{уд}$, руб; C - эксплуатационные затраты по системе вентиляции, руб/год.

Эксплуатационные затраты определяются по выражению

$$C = T + E + B + P_T + P_K + Y + 3п, \text{ руб/год,}$$

где T - стоимость потребляемого за год тепла, руб/год; E - годовые затраты на электроэнергию, руб/год; $P_T + P_K$ - затраты на текущий и капитальный ремонт, руб/год; B - годовые отчисления на восстановление капитальных вложений, руб/год; Y - дополнительные затраты, определяемые по выражению $Y = 0,3(P_T + P_K + B + 3п)$, руб/год; $3п$ - сумма годовой заработной платы обслуживающего персонала, руб/год.

Сумма годовой заработной платы обслуживающего персонала и стоимость потребляемого за год тепла не зависят от величины удельного воздухообмена.

Затраты на потребляемую электроэнергию прямо пропорциональны времени работы системы вентиляции и удельному воздухообмену при постоянных гидравлических потерях в сети. Вследствие равенства

$$M V'_{уд} \tau'_k \approx M V''_{уд} \tau''_k$$

(с увеличением воздухообмена сокращается время работы вентиляционных установок, так как интенсифицируется теплообмен, а теплоизбытки постоянны) затраты электроэнергии принимаем постоянными при изменении $V_{уд}$.

Затраты на текущий и капитальный ремонт с некоторым допущением могут быть приняты не зависящими от величины воздухообмена, так как число ремонтных единиц на вентиляторы с увеличением их номера увеличивается, а на воздуховоды с ростом диаметра уменьшается [7].

Годовые отчисления на восстановление капитальных вложений определяются в процентах от сметной стоимости. Для системы вентиляции хранилищ $B = 0,1 K_V$, руб./год.

Вследствие незначительного изменения дополнительных затрат при изменении сметной стоимости системы вентиляции $\Delta U = 0,03 \Delta K_V$ эту составляющую эксплуатационных затрат принимаем не зависящей от величины удельного воздухообмена.

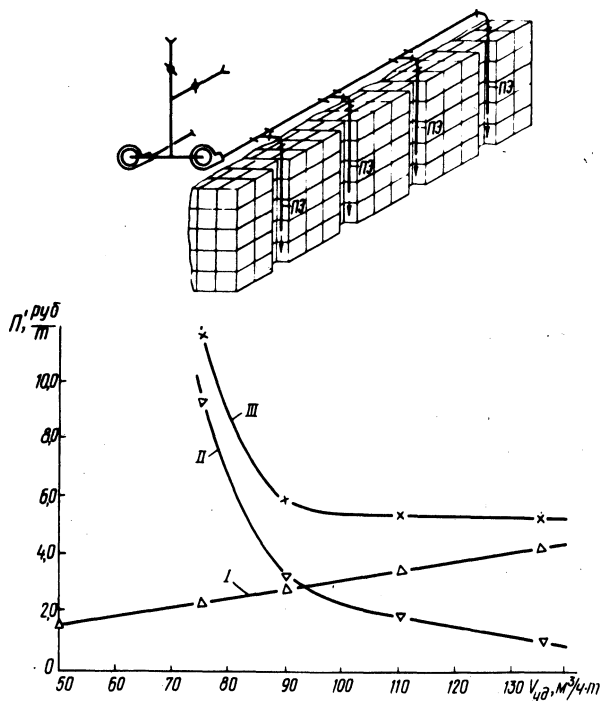


Рис. 2. Проект 80/71. Секция контейнерного хранения: ПЭ - полиэтиленовые воздуховодные рукава; I - линия $P'_B = 0,3a V_{уд}$; II - линия $P_K = 0,8 m_V$; III - линия $P = P'_B + P_K$.

Исключая постоянную часть выражения для определения приведенных затрат по системе вентиляции, получим

$$\Pi_V^I = 0,2K_V + 0,1K_V = 0,3K_V, \text{ руб./год.}$$

Анализ зависимости сметной стоимости систем вентиляции от производительности, проведенный по укрупненным сметным нормам, показал, что эта зависимость с достаточной степенью точности может быть принята линейной и описываться уравнением

$$K_V = a V_{уд} M, \text{ руб.,}$$

где a — коэффициент пропорциональности, численно равный сметной стоимости системы вентиляции, приходящейся на 1 т хранимой продукции при удельном расходе воздуха в $1 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{т}$.

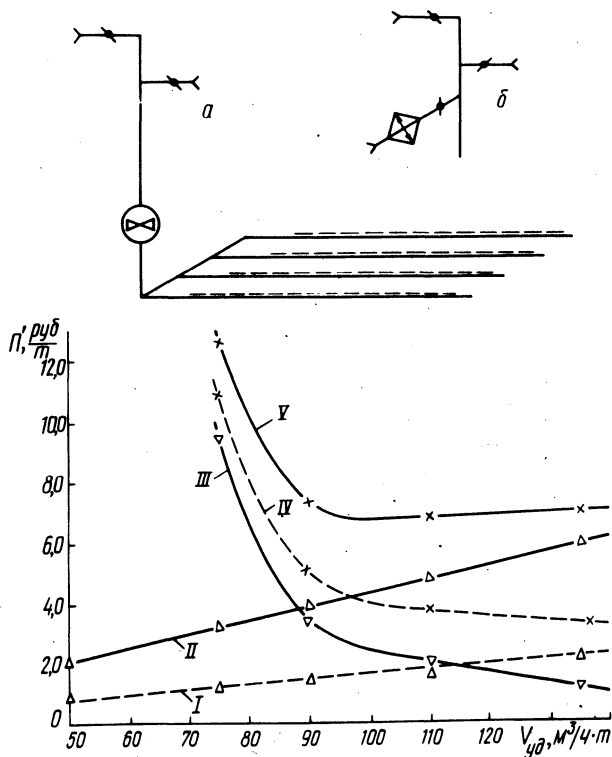


Рис. 3. Проект 75/70. Секция навалного хранения: а — вариант без охлаждения; б — вариант с охлаждением; I — линия $\Pi_V^I = 0,3a V_{уд}$, вариант без охлаждения; II — линия $\Pi_V^I = 0,3a V_{уд}$, вариант с охлаждением; III — линия $\Pi_V^I = 0,6 V_{уд}$; IV — линия $\Pi' = \Pi_V^I + \Pi_K$, вариант без охлаждения; V — линия $\Pi' = \Pi_V^I + \Pi_K$, вариант с охлаждением.

Величину потерь картофеля (без учета их за счет прорастания) в денежном выражении определяем по формуле

$$П_k = \frac{m_V}{100} Mb ,$$

где b – закупочная цена картофеля, равная 60 руб./т [8].

Расчетное выражение для определения оптимальной величины удельного воздухообмена

$$П = П'_B + П_k = \min ; П = 0,3 a V_{уд} M + \frac{m_V}{100} Mb = \min .$$

После подстановки численных значений, входящих в уравнение величин, и разделив обе части на M , получаем

$$П' = 0,3 a V_{уд} + 0,6 m_V = \min .$$

По этому выражению определен оптимальный удельный воздухообмен различных схем раздачи воздуха по проектам "Белгипроторга". Значение коэффициента "а" установлено по сметам, выполненным в этом же институте. При определении проектных решений в "Белгипроторге" был принят удельный воздухообмен в 50 м³/ч.т. Некоторые результаты расчетов приведены на рис. 2 и 3.

Следует отметить, что полученные результаты относятся к хранилищам, в которых картофель находится длительное время. Для хранилищ с известной динамикой отбора методика определения $V_{уд}$ может быть аналогичной.

Резюме. Полученные результаты показывают целесообразность увеличения удельного расчетного воздухообмена. Воздухообмен в 110 м³/ч.т является предельным, так как при $V_{уд} > 110$ начинают возрастать потери веса картофеля, что ухудшает его потребительские качества.

Л и т е р а т у р а

1. Антонов М.В., Горелик З.М. Хранение картофеля в контейнерах. М., 1961.
2. Екимов С.П. Температурно-влажностный режим существующих картофелехранилищ и методы его регулирования в условиях центральной зоны СССР. Автореф. канд.дис. Таллин, 1965.
3. Метлицкий Л.В., Гусев С.А., Тектониди И.П. Основы биохимии и технологии хранения картофеля. М., 1972.
4. Обзорная техническая информация. Вып. 2. (Гипроторг). М., 1971.
5. Джафаров А.Ф. Новые методы хранения плодов и овощей за рубежом. М., 1969.
6. Хранение, пе-

переработка и торговля картофелем, овощами и плодами. - "Матлы всесоюз.науч.конф." Киев, 1969. 7. Богуславский Л. Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции. М., 1967. 8. Добромильский В.Е. Расчеты за картофель, овощи и плоды. М., 1966.

УДК 621.643

А.Ф. Дядичкин

ОЦЕНКА И СПОСОБ ПОКРЫТИЯ СУТОЧНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА

Суточная неравномерность потребления газа крупным промышленным городом в основном зависит от режима расходов газа производственными предприятиями. Колебания таких расходов по отдельным дням недели и месяца достаточно стабильны, за исключением выходных и праздничных дней, когда большинство промышленных предприятий, составляющих значительный удельный вес в балансе расхода газа, резко уменьшают или полностью прекращают его потребление.

В соответствии с правилами подачи газа магистральным газопроводам и потребителям [1] отбор газа должен производиться равномерно в течение месяца в пределах среднесуточной нормы или соответствовать диспетчерским графикам. Сверхплановый прием или недовыборка газа потребителями не дает им права требовать восполнения или сокращения отбора газа в последующий плановый период. Поэтому эксплуатационным организациям важно знать характеристику суточной неравномерности, которая определяется величиной коэффициента K^C и объема суточной неравномерности (табл. 1).

Покрытие суточной неравномерности газопотребления путем использования подземного хранилища нерационально, так как может привести к неритмичной работе хранилища и увеличению эксплуатационных расходов. Суточную неравномерность можно регулировать за счет подключения буферных потребителей и использования в качестве аккумулирующей емкости магистрального газопровода. Наибольший эффект достигается при применении для этих целей аккумулирующей способности газопроводов дальнего газоснабжения. При этом, во-первых, условия эксплуатации буферных потребителей не всегда позволяют обеспечить быстрый их переход на сжигание резервного и затем газообразного топлива из-за конструктивной особенности газогорелочных устройств, применяемых в отопительных котельных,