

В.И.ОНИЩЕНКО, доцент и И.Г.ЧУМАК, профессор
Одесский технологический институт холодильной промышленности,
г.Одесса, СССР.

Настоящая работа выполнена авторским коллективом /7,8/. Основной целью работы является создание расчетной методики проектирования туннелей поточной холодильной обработки мясных полутуш на производственных холодильниках мясокомбинатов. Туннели поточной холодильной обработки в отличие от камер циклической загрузки являются более простыми объектами проектирования в том смысле, что характеристики реально достигаемых процессов в туннелях лучше согласуются с проектными их значениями. Это относится к времени холодильной обработки, полю скоростей движения охлаждающего полутуши воздуха, соответствию холодопроизводительности установленного теплообменного оборудования и требуемой по технологии холодильной обработки тепловой нагрузки. Особый интерес представляет выбор такого проекта туннеля, в котором оптимальная из каких-либо соображений, заданная технология холодильной обработки была бы реализована с наименьшими отклонениями. В итоге был сформулирован девиз исследования - "Технология холодильной обработки первична, выбор обеспечивающего ее оборудования вторичен". В качестве конкретных объектов проектирования выбраны туннели предварительного охлаждения и предварительного замораживания.

При выполнении работы использован системный подход к описанию тепловлажностных процессов, протекающих в туннелях, разбиение сложных явлений на последовательность более простых. Такой подход оказался удачным благодаря тому, что туннель поточной холодильной обработки, снова в отличие от больших камер, является, в хорошем приближении, одноконтурной замкнутой системой по тепловлажностной

обработке воздуха. На выходе из туннеля воздух поступает на вход воздухоохладителя, где отепляется теплопритоками от вентилятора, охлаждается и осушается, омывая ребристую поверхность воздухоохладителя. Поступая затем в воздухораспределитель, воздух в виде турбулентных струй вытекает из его щелей. При этом, за счет эжекции в струи окружающего туннель воздуха изменяются и достигают определенных значений тепловлажностные характеристики воздуха в бедренной зоне полутуш. В процессе теплообмена полутуш с омывающим их воздухом формируются температурные поля полутуш, усушка мяса, новые тепловлажностные характеристики воздуха. В дальнейшем воздух воспринимает еще теплопритоки со стороны ограждающих конструкций туннеля, поступает снова на вход воздухоохладителя. Заметим, что одинаково эффективно охлаждаются в этой схеме как конвективные, так и конвективно-радиационные системы замораживания мяса. Важно здесь, что в такой одноконтурной замкнутой системе воздух выступает в качестве той единственной промежуточной среды, через которую осуществляются взаимовлияния одних элементов туннеля на характеристики работы других. Это предоставляет возможность разбить всю систему охлаждения туннеля на отдельные элементы, акцентируя при их анализе внимание на входные и выходные характеристики воздуха. С другой стороны, этим достигается еще одна важная цель настоящей работы - методику проектных расчетов организовать по модульному принципу, в виде, удобном для автоматизации расчетов на ЭВМ.

В процессе создания методики проектирования осуществлялась апробация отдельных разработанных модулей путем сравнения расчетных величин с экспериментально измеренными в условиях туннелей производственных холодильников. Такое сравнение осуществлялось по нестационарным температурным полям полутуш в различные моменты времени, тепловым потокам, динамике усушки мяса в процессах охлаждения и замораживания, характеристикам работы воздухоохладителей. Отметим только, что такие эксперименты немногочисленны /2,9/. Имела место также апробация методики и в конкретной проектной работе по модернизации мясокомбинатов Украины. В настоящее время созданная методика проектирования туннелей предварительного охлаждения и предварительного замораживания обеспечена программами для ЭВМ на алгоритмическом языке PL-I, может использоваться для решения задач автоматизированного проектирования туннелей холодильной обработки.

Методика проектирования состоит из десяти разделов.

I. Введение. Перечисляются основные нормативные документы, отраслевые и технологические инструкции, стандарты, которыми следует руководствоваться или которые учтены в методике проектирования.

2. Назначение технологического процесса холодильной обработки. Здесь дается характеристика процессам холодильной обработки мясных полутуш в различных системах охлаждения, аргументируются преимущества поточной холодильной обработки полутуш в туннелях как с позиций достижения технологических целей, так и с позиций обеспечения стабилизации тепловых и влажностных нагрузок на приборы охлаждения воздуха. Даются строгие определения понятиям процессов предварительного охлаждения и предварительного замораживания, их взаимосвязи с другими стадиями холодильной обработки и хранения полутуш.

3. Технические средства, реализующие процесс холодильной обработки. Производительность туннеля, число туннелей, число ниток подвесных путей в туннеле, длина туннеля, ритм продвижения полутуш по туннелю связаны здесь соотношениями между собой, производительностью цеха первичной переработки скота (ЦПИС), длительностью процесса холодильной обработки полутуши. Обсуждаются требования к теплообменному оборудованию туннеля.

4. Технологические параметры процессов предварительного охлаждения, предварительного замораживания. Обосновывается, что основными технологическими параметрами туннелей холодильной обработки являются температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в бедренной зоне полутуш, средняя масса полутуш, частота шаговых движений конвейера, продвигающего полутуши вдоль туннеля. Указываются взаимосвязи этих величин с другими характеристиками технологии холодильной обработки.

5. Технологические расчеты. Задачей технологических расчетов является выбор таких параметров холодильной обработки, которые позволяют достичь требуемых целей при предварительном охлаждении и предварительном замораживании, согласованных с геометрическими характеристиками туннелей, их производительностью, характеристиками устанавливаемых в туннелях приборов охлаждения и создаваемой системой воздухоохлаждения.

Для туннеля предварительного охлаждения технологические расчеты базируются на решении /6/ краевой задачи теплопроводности при переменных во времени (вдоль туннеля) температуре и скорости (коэффициенте теплоотдачи) движения воздуха. Для туннеля предварительного замораживания технологические расчеты базируются на модифицированном приближенном решении задачи Стефана /5/. Результатами расчетов здесь являются температурные поля полутуш, их среднеобъемная температура, тепловой поток с поверхности, энтальпия полутуш в течение процесса холодильной обработки. Взаимосвязь длины туннеля и времени процесса холодильной обработки, строгие ограничения на длину туннеля, согласование длины туннеля и устанавливаемых

технологических параметров, воздухоохладителей, воздухораспределителей требует уточнения характеристик технологии холодильной обработки, что и осуществляется, но уже после проведения предварительных расчетов по следующим разделам. Уделяется также внимание особенностям проведения технологических расчетов при проектировании новых и при модернизации старых мясокомбинатов.

6. Расчет тепловой нагрузки. Методика расчета основана на положениях /6/, которые отражают существенное отличие расчетных методов для тепловой нагрузки при поточной холодильной обработке от случая циклической загрузки камер. Тепловая нагрузка здесь может быть рассчитана на промежуток времени любой продолжительности согласно плану поступления мяса из ЦПИС, на весь туннель или на отдельную нитку подвесного пути туннеля, или на отдельный участок (зону) туннеля.

7. Расчет системы воздухоохлаждения. Исходя из требуемых технологией холодильной обработки значений температур, скоростей движения, относительной влажности воздуха в бедренной зоне полутуши вычисляются эти же характеристики воздуха на выходе из щелей воздухораспределителей. При этом учитывается эжекция окружающего воздуха в раскрывающуюся турбулентную неизотермическую струю при приближенно заданных (начальных), а затем уточненных, параметрах окружающего воздуха (на выходе туннеля) воздуха /1,4/. Уточнение параметров окружающего воздуха проводится на базе созданной математической модели туннеля /7,8/ как объекта с распределенными в нем источниками (стоками) тепла и влаги. По суммарной тепловой нагрузке (п.6) туннеля и холодопроизводительности (средней), выбираемых для проекта воздухоохладителей, находят их примерное количество и разбивают туннель на соответствующее число зон, имея в виду обслуживание каждой зоны отдельным воздухоохладителем. Проводятся расчеты геометрических и аэродинамических характеристик воздухоохладителей, анализируются возможности их изготовления, сопряжения с воздухоохладителями. Расчетные формулы представлены для клино- и конусообразных воздухоохладителей.

8. Подбор воздухоохладителей. Прежде всего необходимо согласовать требуемые аэродинамические характеристики воздухораспределителя с возможностями вентилятора воздухоохладителя. На этом этапе уточняются объемный расход, напор воздуха, длина воздухоохладителя (размер зоны, им обслуживаемой). Исходными данными здесь являются как результаты расчетов по п.7, так и справочные данные по геометрии оребренной поверхности воздухоохладителя, аэродинамическая характеристика вентилятора, расчетные формулы для аэродинамического сопротивления воздухоохладителя. На базе математической модели воздухоохладителя, соотношений п.7 вычисляют температуры кипения хладагента в воздухоохладителях туннеля, при которых на выходе из

щелей (см. п.7) воздухораспределителей будут достигнуты требуемые параметры охлаждающего воздуха. Ряд расчетов здесь требует проведения итераций, начиная с п.7. Если температуры кипения хладагента удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям, а суммарная холодопроизводительность воздухоохладителей согласуется при этом с тепловой нагрузкой туннеля, то расчеты окончательно проводят в обратном порядке, вплоть до п.5. Здесь возникает возможность сравнить исходные технологические требования с теми, которые может реализовать выбранное оборудование и конструкция туннеля. В противном случае необходимо заново провести расчеты п.7, изменив количество зон, обслуживаемых отдельными воздухоохладителями, размеры щелей воздухораспределителей, их торцевые размеры.

9. Усушка продукта. Здесь представлены строгие и эмпирические соотношения /7/ для оценки усушки мяса в различных технологических процессах его холодильной обработки. Эти соотношения необходимо использовать при проведении технологических расчетов п.5. Введены также формулы для расчета способности воздуха усваивать влагу. Это понятие важно при проектировании туннелей, предназначенных для холодильной обработки продуктов различного вида и категории. В этом случае, видимо, следует заботиться о создании в туннеле охлаждающего воздуха, обладающего (безотносительно к продукту) минимальной способностью усваивать влагу /7/.

10. Общие замечания. Обсуждаются проблемы организации в туннелях системы воздухозабора, такой, чтобы эффективно работала система воздухораспределения. Приводятся сведения об процедурах для ЭВМ по расчету теплофизических свойств мясопродуктов /3/, а также указывается справочная литература, которую необходимо использовать при проведении расчетов или организации банков данных в ЭВМ. Указываются разделы, где возможна модификация методики проектирования с учетом результатов новых исследований без нарушения целостности всей методики и ее отдельных разделов.

Литература

1. Абрамович Г.Н. и др., Теория турбулентных струй. - М.: Наука, 1984. - 716 с.
2. Еркин А.П., Исследование камеры подмораживания мяса с конвективно-радиационной системой охлаждения: Автореферат кандидатской диссертации. - Ленинград, 1975. - 18 с.
3. Латышев В.П., Рекомендации по расчетам теплофизических свойств пищевых продуктов. - М.: ВНИИХИ, 1977. - 64 с.
4. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. - М.: Стройиздат, 1979. - 295 с.
5. Чумак И.Г. и др., Холодильные установки. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 344 с.
6. Чумак И.Г., Шахневич В.И., Онищенко В.П., Оптимизация технологических процессов холодильной обработки мяса. - Материалы XXIV Европейского конгресса научных работников мясной промышленности, Вашингтон, США, сентябрь 1980. - с. L 151-L 154.
7. Чумак И.Г., Шахневич В.И., Васильева Л.К., Вязовский В.П., Разработка, моделирование и исследование вариантов охлаждающих систем холодильников мясокомбинатов, обеспечивающих возможность работы в оптимальных режимах, Реферативная информация о законченных НИР, вып.14. - Киев: Вища школа, 1978. - с.65.
8. Чумак И.Г., Онищенко В.П. Анализ тепловлажностных процессов в камерах хранения неупакованных грузов. - Холодильная техника, 1984, № 2, с.16-20.
9. Шахневич В.И. Исследование и обоснование режимных параметров для камер точного охлаждения мяса: Автореферат кандидатской диссертации. - Одесса, 1980. - 17 с.