

Е. С. АВДЕЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
И УСТАНОВЛЕНИЕ
ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПАНЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ОХЛАЖДЕНИЯ НА РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ
РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ СУДАХ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ОНАХТ 27.01.11
Экспериментальное ис



v001134

v001134

Одесский технологический
институт
им. М. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

ОДЕССА — 1967

v 001134

Автореферат АВДЕЕВ Е.С.

ЭКСПЕР. ИССЛ.

ЭКСП. ХАР.

Б/4

9

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой и холодильной промышленности.

Научный руководитель — доктор технических наук, проф. Чуклин С. Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, проф. Языков В. Н.

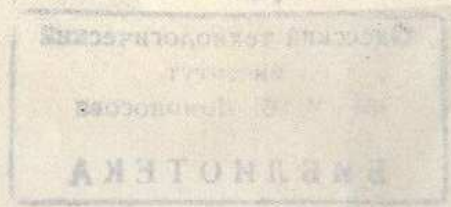
кандидат технических наук, доц. Чайковский, В. Ф.,

кандидат технических наук, доц. Добровольский А. П.

Защита диссертации состоится « 5 » мая 1967 г.
на заседании совета Одесского технологического института
пищевой и холодильной промышленности: г. Одесса, П. Вели-
кого, 1/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке.

Отзыв в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим
направить в Совет института по адресу: г. Одесса, ул. Петра Великого 1/3.



Решающим фактором резкого увеличения добычи рыбы и других объектов морского промысла является всемерное развитие активного морского и океанического рыболовства.

Это, в свою очередь, предопределяет перенос центра тяжести по обработке и хранению рыбы с береговых предприятий на борт рыбопромысловых судов, в связи с чем возрастает роль рыбопромыслового рефрижераторного флота.

Современная технология хранения мороженой рыбы требует создания в рефрижераторных трюмах температур хранения до -30°C , осуществление которых вызывает большие технические трудности. Вместе с тем, на подавляющем большинстве эксплуатируемых и строящихся рефрижераторных судов применяется рассольная гладкотрубная система, которая не в состоянии удовлетворить этим требованиям при высоких технико-эксплуатационных показателях. Возникает необходимость радикального улучшения условий холодильного хранения и повышения технико-экономических и эксплуатационных характеристик охлаждающей системы.

Предварительные теоретические исследования диссертанта применительно к судовым условиям показали, что панельная система охлаждения на рефрижераторных судах, перевозящих мороженую рыбопродукцию, является перспективной и весьма эффективной.

Теоретическими и лабораторными исследованиями С. Г. Чулкина и Д. Г. Никульшиной были установлены основные зависимости теплообмена камер с панельной системой охлаждения и получена методика их расчета.

Г. К. Мнацканов на основе лабораторных исследований панельной системы предложил ряд упрощенных зависимостей для определения параметров ее работы.

Однако, специфика применения панельных систем охлаждения на судах (изоляция со значительным количеством тепловых мостиков, повышенные внутренние теплопритоки в ох-

лаждаемых помещениях, неполное экранирование из-за сложной конфигурации, использование защитного ограждения панелей в качестве дополнительной поверхности теплообмена и др.) не позволяет полностью применить рекомендации, полученные для стационарных условий.

Для рефрижераторных судов С. Г. Чуклиным, Е. С. Авдеевым и др. [1] была предложена панельная система охлаждения. Для выявления ее особенностей на одном из серийных производственно-транспортных рефрижераторных судов типа «Таврия» (д/э «Искона») была выполнена опытная панельная система охлаждения, разработанная, осуществленная и испытанная при непосредственном участии автора.

Целью реферируемой работы являлось:

- экспериментальное исследование судовой панельной системы охлаждения;
- установление ее технико-экономических и эксплуатационных характеристик;
- общая проверка работы панельной системы в натурных условиях и определение ее эффективности;
- сравнение панельной и гладкотрубной систем охлаждения по основным показателям на основании экспериментальных данных;
- уточнение особенностей работы судовой панельной системы охлаждения;
- разработка методики расчета и ее экспериментальная проверка.

В главе I приведен обзор основных типов рефрижераторных рыбопромысловых судов и их охлаждающих систем, дается их сравнительная оценка.

В главе II изложены принципиальные основы, конструктивные и эксплуатационные особенности панельных систем охлаждения рефрижераторных судов. Показано влияние современных требований холодильной технологии на выбор охлаждающих систем.

В главе III дано описание объекта исследования — производственно-транспортного рефрижераторного судна «Искона» с панельной системой охлаждения в трюме № 2, приведены методика экспериментального исследования и сведения об измерительных устройствах.

В главе IV приводятся результаты экспериментального исследования при теплотехнических и эксплуатационных испытаниях.

В главе V изложена упрощенная методика расчета судовой

панельной системы охлаждения, разработаны номограммы, облегчающие расчет.

В главе VI выполнено сопоставление по основным технико-экономическим и эксплуатационным показателям для панельной и гладкотрубной систем охлаждения. Показано, что наиболее полные результаты сравнения могут быть получены лишь на базе комплексного анализа: одновременного рассмотрения всех элементов системы, взаимосвязанных с судном в целом. Определено совокупное влияние весогабаритных характеристик обеих сравниваемых систем на основные показатели рефрижераторного судна.

В заключении сделаны выводы и рекомендации по применению панельной системы охлаждения на рыбопромысловых судах.

Результаты настоящей работы положены в основу создания панельной системы охлаждения на производственно-транспортных рефрижераторах новой серии типа «Алтай».

ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ ПАНЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ НА РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ СУДАХ

Основным требованием высокого качества хранения мороженых рыбопродуктов является применение низких температур в трюмах.

Зайцев В. П., Пискарев А. И., Кордыль Э., Молонг С. и др. указывают на необходимость применения температур в трюмах -29°C , считая такую температуру наиболее рациональной. Кордыль Э. и Молонг С. отмечают, что даже температуры -25°C не могут быть рекомендованы для судов неограниченного района плавания.

На рыбопромысловых рефрижераторных судах основным средством борьбы с естественными потерями от усушки груза является глазирование мороженой рыбы, которое, однако, не обеспечивает условий для высокого качества хранения в трюме. В своих последних работах Пискарев А. И. осторожно высказывается об эффективности глазировки, отмечая ее отрицательное воздействие на качество рыбы. Кордыль Э., Молонг С. и Шлерике на основании длительного опыта эксплуатации рыбоморозильных судов отмечают, что сохранность глазированной и упакованной рыбы не превышает 3-х месяцев при температуре -18°C . Надежным способом может служить лишь упаковка в синтетические пленки с вакуумированием,

однако, способ этот не нашел применения из-за сложности и дороговизны.

Поэтому в последние годы на рыбопромысловом флоте идут поиски путей совершенствования существующих и создания новых охлаждающих систем. Так, на траулере «Lord Nelson» (Англия) гладкотрубными батареями экранированы все теплоотражающие поверхности, в том числе — двойное дно. На траулерах «Hugo Nomann» (ФРГ) и «Gogas» (Португалия) гладкотрубные батареи заделаны внутрь изоляционной конструкции всех теплоотражающих поверхностей (в том числе и в изоляции двойного дна), сверху залиты слоем цемента и покрыты плитками из нержавеющей стали. На траулере «Wilton Queen» (Англия) применена воздушная «теплозащитная рубашка».

Однако, «теплозащитная рубашка», создавая лучшие по сравнению с гладкотрубными системами условия хранения мороженных грузов в трюмах, является более сложной и в условиях эксплуатации менее экономичной.

Панельная система охлаждения является принципиально новой и позволяет осуществить в трюмах рефрижераторных судов одновременно условия, создаваемые «теплозащитными рубашками» и батареями «тихого» охлаждения.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Объектом исследования являлось производственно-транспортное рефрижераторное серийное судно «Искон». В трюме № 2 этого судна смонтирована панельная система охлаждения, в остальных трюмах и твиндеках — рассольные гладкотрубные батареи. Судно имеет 3 трюма и 3 твиндека общей грузоподъемностью 3200 м³. Водоизмещение в грузу — 5215 тн. Проектные температуры в рефрижераторных трюмах — 18°C, а в трюме № 1 — —25°C. Полезный объем трюма № 2 до переоборудования (с гладкотрубными батареями) — 650 м³, после переоборудования (с панельной системой) — 692 м³. Панельные батареи — листоштампованные, площадь сечения канала с эквивалентным внутренним диаметром 40 мм, стенка канала — 2 мм, ребра — 4 мм, шаг между каналами — 250 мм. Общая длина каналов в трюме — 1699 м, поверхность панелей — 944,2 м².

Все теплоотражающие поверхности трюма экранированы

панелями таким образом, что между ними и изоляционным контуром образуется воздушная прослойка (продух) толщиной 40 мм. Панели одновременно выполняют важную в судовых условиях роль металлической зашивки изоляции. К бортовым и переборочным панелям для защиты их от повреждения грузом приварены угольники обрешетки 45×45×3 мм с шагом между ними 200 мм. Одновременно угольники обрешетки являются дополнительной охлаждающей поверхностью, которая составляет 79,9 м². Панели двойного дна залиты сверху морозостойкой мастикой.

Теплотехнические испытания проводились в пустом трюме. Внутренняя тепловая нагрузка создавалась электрогрелками и составляла от 1375 до 8250 ккал/час.

Для измерения температур воздуха трюма, продухов, рассола, поверхности панелей, обрешетки и изоляции применялась медь — константановая термопарная установка на 120 точек с точностью ±0,2 град., в схеме которой использовался полуавтоматический потенциометр Р2/1 и нормальный элемент 2-го класса. Температурное поле в трюме определялось 48 термопарами, равномерно распределенными по его объему. Для определения наружной тепловой нагрузки использовались опытные значения коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций, которые систематически в процессе испытаний проверялись. Для регулирования и определения количества подаваемого во все трюмы и твиндеки рассола проводилась специальная тарировка.

При теплотехнических испытаниях определялись следующие величины:

- а) температурное поле в трюме и равновесная температура воздуха в трюме;
- б) температура в продухах;
- в) температура рассола;
- г) температурное распределение по поверхности элемента панельных батарей;
- д) температурное распределение по поверхности элемента угольников обрешетки;
- е) коэффициенты теплопередачи теплоотражающих конструкций трюма;
- ж) наружные и внутренние теплопритоки в трюме;
- з) коэффициенты теплоотдачи от воздуха продухов к панелям;
- и) приведенные коэффициенты теплоотдачи от воздуха трюма к панелям;

к) коэффициенты теплоотдачи от воздуха трюма к угольникам обрешетки;

л) тепловая нагрузка, воспринимаемая угольниками обрешетки.

Эксплуатационные испытания проводились в нормальных режимах судна, без каких-либо ограничений для трюма № 2.

В процессе эксплуатационных испытаний определялись:

м) температурные режимы в трюме № 2 и в остальных трюмах и твиндеках;

н) интенсивность домораживания груза в трюме с панельной системой охлаждения;

о) количество, время нарастания и скорость оттайки «снежной шубы»;

п) время вхождения системы в режим;

р) использование полезного грузового объема трюмов.

После двухгодичной эксплуатации было определено состояние изоляции и панельной системы в целом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В 1965—66 гг. были проведены теплотехнические и эксплуатационные испытания во всех климатических районах и в разное время года. Испытания проводились в Охотском и Беринговом морях, в тропической части Тихого и Индийского океанов и в Большом Австралийском заливе при температурах наружного воздуха от -8 до $+34^{\circ}\text{C}$ и забортной воды от -2 до $+30^{\circ}\text{C}$. Общая продолжительность испытаний составляла 397 суток.

Наружные удельные тепловые нагрузки (q_2) изменялись от 9,0 до 32,6 ккал/м²час, внутренние удельные тепловые нагрузки (q_3) от 3,5 до 29,2 ккал/м²час, отношение внутренних тепловых потоков к общим ($\frac{Q_3}{Q_1}$) от 24 до 66%, а температура воздуха в трюме от $-19,6$ до $-27,6^{\circ}\text{C}$. Проведенные теплотехнические испытания соответствовали реальным условиям эксплуатации производственных рефрижераторных судов.

Испытания панельной системы охлаждения, проведенные в широком диапазоне изменений наружных и внутренних теплопритоков опытного трюма, а также ее двухлетняя эксплуатация в нормальных эксплуатационных условиях при плавании судна в северных, умеренных и тропических широтах позволили получить следующие результаты:

1. Распределение температур в объеме трюма отличалось большой равномерностью. Установлено, что изменение температуры воздуха по высоте трюма линейно возрастало с увеличением отношения $\frac{Q_3}{Q_1}$. Максимальное изменение температур по объему трюма не превышало 0,8 град. при значении $\frac{Q_3}{Q_1} = 66\%$.

2. Температура воздуха в продухе при $q_2 = 9,0—32,6$ ккал/м²час и $\frac{Q_3}{Q_1} = 25\%$ превышала температуру воздуха в трюме на 1,2—1,7 град. Дополнительное термическое сопротивление продуха и повышенная температура в нем снижали внешние теплопритоки на 9% в тропических широтах или летом и на 17% в северных широтах или зимой.

3. При указанных режимах испытаний температура поверхности панелей была всегда ниже температуры воздуха в трюме. Таким образом, панельная система полностью перехватывает наружные теплопритоки на участках, где теплоограждающая поверхность экранирована панелями, и сводит до минимума причины, вызывающие неравномерное распределение температур в объеме трюма и естественные убыли от усушки груза. Температурный перепад по поверхности батарей возрастал от 0,6 до 0,9 град. при изменении $\frac{Q_3}{Q_1}$ от 25 до 66% (при $q_2 = 9,0—10,6$ ккал/м²час) и от 1,1 до 1,4 град. при изменении $\frac{Q_3}{Q_1}$ от 27 до 47% (при $q_2 = 31,0—32,6$ ккал/м²час), что свидетельствует об эффективной работе панелей принятой конструкции.

4. Опытные значения коэффициентов теплоотдачи от воздуха продухов к панелям α_2 составляли: для бортовых и переборочных панелей

2,8—8,5 ккал/м²час^{°C} при $q_2 = 5—4,7$ ккал/м²час
для днищевых панелей

5,7—7,8 ккал/м²час^{°C} при $q_2 = 15—42$ ккал/м²час
для подволочных панелей

1,1—3,5 ккал/м²час^{°C} при $q_2 = 0,5—25$ ккал/м²час

Приведенные коэффициенты теплоотдачи от воздуха продухов к панелям, отнесенные ко всей системе, составляли от 3,7 до 5,9 ккал/м²час^{°C} при изменении q_2 в пределах 9—33 ккал/м²час

5. Экспериментально были получены опытные значения при-

веденных коэффициентов теплоотдачи от воздуха трюма к панелям, отнесенные ко всей системе, которые составляли от 3,8 до 5,0 $\text{ккал/м}^2\text{час}^\circ\text{С}$ при изменении q_3 в пределах 3,5—29,5 $\text{ккал/м}^2\text{час}$.

Приведенные коэффициенты теплоотдачи от воздуха трюма к панелям получены для проверки методики расчета, однако, ими можно пользоваться для подобных трюмов других размеров. Даже для минимальных размеров трюмов и температурных разностей между поверхностью панели и воздухом в трюме, которые могут иметь место на указанных судах, значение комплекса $Gr \cdot Pr$ находится в зоне автомодельного режима ($1,25 \cdot 10^{10}$ — $11,7 \cdot 10^{10}$), поэтому геометрические размеры трюмов на коэффициент теплоотдачи не влияют.

6. Определено влияние угольников обрешетки на теплообмен в трюме. Угольники обрешетки принятой конструкции работают весьма эффективно. Было установлено, что коэффициент теплоотдачи от воздуха трюма к угольникам обрешетки увеличивается от 2,6 до 5,1 $\text{ккал/м}^2\text{час}^\circ\text{С}$ при изменении q_3 в пределах 3,5—29,5 $\text{ккал/м}^2\text{час}$, коэффициент эффективности составлял $E_{обр} \approx 0,8$. В этих условиях угольники обрешетки снимали от 9 до 13% общей внутритрюмной тепловой нагрузки.

7. Опыты показали, что разность температур между воздухом в трюме и рассолом увеличивалась, от 1,1 до 4,6 град. с возрастанием отношения $\frac{Q_3}{Q_1}$ в пределах 24—66% (при $q^2 = 9$ —10,6 $\text{ккал/м}^2\text{час}$) и соответственно от 4,2 до 6,5 град. с возрастанием $\frac{Q_3}{Q_1}$ в пределах 27—47% (при $q_2 = 31,0$ —32,6 $\text{ккал/м}^2\text{час}$).

Длительные испытания панельной и гладкотрубной охлаждающих систем, проведенные на д/э «Искона» в сопоставимых эксплуатационных условиях, показали, что в трюме с панельной системой охлаждения поддерживается на 5—5,5 град. более низкая температура, чем в трюмах с гладкотрубной системой при одинаковой для них температуре рассола (испарения). В результате, энергозатраты для панельной системы снижаются на 21—23%. С учетом уменьшения теплопритоков за счет воздушной прослойки и более высокой температуры в ней, общие энергозатраты снижаются на 24—30% в тропических широтах или летом и на 25—35% в северных широтах или зимой.

На основании анализа данных теплотехнических испытаний

и опытной эксплуатации можно заключить, что панельная система принятой конструкции рациональна для применения на производственных и рыбозаморозильных рефрижераторных судах практически при любых соотношениях между наружными и внутренними теплопритоками, которые могут иметь место при их эксплуатации.

8. Опытами установлено, что заморозка груза до температуры, близкой к температуре хранения, в трюме с панельной системой охлаждения осуществляется примерно на 6 суток раньше, чем в остальных трюмах с батарейными системами. Это особенно важно в период больших уловов, когда морозильные аппараты не справляются с повышенной нагрузкой, а также при хранении недостаточно замороженных жирных и нежных пород рыб.

9. В течение длительной эксплуатации определено, что количество осаждаемого на панельных батареях инея, а следовательно и естественные потери от усушки груза, в 6—7 раз меньше, чем в аналогичных условиях при трубчатых приборах охлаждения. Указанное обстоятельство создает лучшие условия теплообмена в трюме с панельной системой охлаждения. Теплообмен между воздухом в трюме и рассолом к концу 90-х суток непрерывной эксплуатации практически не изменился.

10. Многочисленными опытами подтверждено, что время, необходимое для достижения спецификационных температур в трюме с панельной системой охлаждения, в 1,8 раз меньше, а время полной оттайки системы в 2—2,5 раза меньше, чем в трюмах с трубчатыми системами охлаждения.

11. В трюме с панельной системой охлаждения обеспечиваются условия для сохранения термических свойств изоляции в процессе эксплуатации. Проведенное в течение одного года трехкратное измерение коэффициента теплопередачи изоляционной конструкции трюма № 2 показало, что его значение не изменилось и составляло 0,67—0,68 $\text{ккал/м}^2\text{час}^\circ\text{С}$. Проведенное после двухлетней эксплуатации д/э «Искона» контрольное вскрытие изоляционной конструкции показало ее хорошее состояние при пониженной влажности изоляционного материала.

12. Панельная система охлаждения позволила увеличить полезную грузовместимость трюма. В трюме, оборудованном панельной системой охлаждения, систематически перевозилось груза на 8—15% больше, чем в этом же трюме на однотипных с д/э «Искона» судах — д/э «Алтаир» и д/э «М. Янко».

13. Двухлетняя эксплуатация панельной системы в обыч-

ных условиях плавания с неоднократными штормами и работой в тяжелых торосистых льдах, с частыми погрузками и перегрузками в морских условиях показала ее высокие прочностные характеристики. За это время система не требовала ремонта, никаких дефектов обнаружено не было.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУДОВЫХ ПАНЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

На основании проведенных всесторонних испытаний панельной системы охлаждения были установлены краевые условия теплообмена в ней. Определен оптимальный профиль канала, который обеспечивал необходимую прочность канала при его максимальной площади поперечного сечения и минимальном весе.

В реферируемой работе получены упрощенные зависимости расчета трюмов, оборудованных панельными системами охлаждения, для листоштампованных стальных панелей, с центральным расположением ребра и каналом оптимального профиля.

Температурная разность между воздухом в продухе и трюме

$$t_2 - t_3 = \frac{K_3 (t_n - t_3) - \frac{F \alpha_2}{F_3 \alpha_3} \cdot q_3}{\frac{F}{F_3} \alpha_2 + K_3}, \quad (1)$$

$$\text{Наружные теплопритоки } Q_2 = K_3 F_3 (t_n - t_2), \quad (2)$$

$$\text{Суммарные теплопритоки } Q_1 = Q_2 + Q_3, \quad (3)$$

Температурная разность между воздухом в трюме и рассолом

$$t_3 - t_1 = \frac{0,472 \frac{Q_1}{L}}{S \alpha_{np}^{1,08} - 0,87 \cdot S} - \frac{t_2 + t_3}{2}. \quad (4)$$

Здесь

t_1, t_2, t_3 — соответственно температуры рассола, воздуха в продухе, воздуха в трюме;

F_3, K_3 — площадь и коэффициент теплопередачи экранированной панелями поверхности;

F — поверхность одной стороны панелей;

L — длина каналов панельной системы;

S — шаг между каналами панелей.

В выражения (1) и (4) входят небольшие по величине температурные разности, что позволило построить крупномасштабные номограммы высокой точности, с помощью которых можно производить вариантыные расчеты и выбор наиболее рациональных характеристик панельной системы охлаждения для заданных условий эксплуатации.

Сравнение, проведенное по разработанной упрощенной методике, номограммам и опытным данным, полученным при испытании системы, дало приемлемую точность, которая для различных режимов не превышала 9,3%.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ ПАНЕЛЬНОЙ И ГЛАДКОТРУБНОЙ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ СУДОВ ТИПА «ТАВРИЯ»

В работе установлены общие технико-экономические и эксплуатационные характеристики и дано их сопоставление для судов, оборудованных панельной и батарейной системами охлаждения. Проведенный анализ показал, что панельная система имеет следующие основные преимущества по сравнению с батарейными системами.

а) Увеличивается на 7,1—7,7% полезный объем трюмов.

б) Уменьшается на 30,9—33,4% потребляемая мощность установки.

в) Вес комплекса панельной системы (система, топливо, холодильное и обеспечивающее оборудование) почти одинаков с комплексом гладкотрубной системы. Однако, удельная доля топлива и обеспечивающего оборудования для комплекса гладкотрубной системы на 8—14% выше, чем для комплекса панельной системы (при соответственно меньшем весе самой системы). Это свидетельствует о том, что издержки при эксплуатации гладкотрубной системы будут большими, так как затраты на содержание механизмов и расходы на топливо значительно более высокие, чем затраты на содержание системы.

г) Снижаются общие эксплуатационные издержки (расходы на выработку электроэнергии, амортизационные отчисления, расходы по текущему, среднему и навигационному ремонту, расходы на содержание и обслуживание основных средств).

д) Снижается себестоимость постройки.

е) Годовой экономический эффект при постройке и эксплуатации панельной системы значительно возрастает.

ж) Увеличивается коэффициент утилизации судна по девету на 2,0—2,2%, а коэффициент утилизации по чистой грузоподъемности — на 5,5—5,9%.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получены следующие результаты:

1. Экспериментально определены опытные зависимости перепада температур по высоте трюма, температурных разностей между воздухом в трюме и рассолом, воздухом в продухах и рассолом и воздухом в трюме и воздухом в продухах. Установлено равномерное температурное поле в объеме трюма, небольшие температурные разности между воздухом в трюме и рассолом и более высокая температура в продухе по сравнению с температурой воздуха в трюме.

2. Принятая конструкция панели является в работе эффективной и ее геометрические характеристики могут быть рекомендованы для применения на производственных и рыбозаморозильных судах.

3. Получены опытные зависимости коэффициентов теплоотдачи от воздуха продухов к панелям и от воздуха трюма к панелям.

4. Экспериментально установлено влияние на теплообмен угольников обрешетки. Определены зависимости их тепловой нагрузки от суммарной внутритрюмной нагрузки и коэффициенты теплоотдачи от воздуха трюма к угольникам обрешетки.

5. В течение длительной эксплуатации экспериментально доказано, что пониженная температурная разность между воздухом в трюме и рассолом дает возможность рекомендовать эту систему для производственных и рыбозаморозильных рефрижераторных судов при любых соотношениях между наружными и внутренними теплопритоками.

6. Опытами установлено, что в трюме с панельной системой созданы условия для более интенсивной доморозки груза.

7. Проведенные опыты и наблюдения позволили установить величину выпадающего инея на панелях и гладкотрубных батареях. В 6—7 раз сокращается усушка груза. В результате малой величины «снежной шубы» теплообмен между воздухом в трюме и рассолом практически не изменился за 3 месяца эксплуатации.

8. За 2 года эксплуатации судна изоляция в трюме с панельной системой охлаждения сохранила свои термические свойства.

9. Проведенные опыты позволили установить время вхождения в режим и время полной оттайки, которое для панельной системы оказалось в 1,8—2,5 раза меньше, чем для трубчатых систем. Оттайка для панельной системы практически не требовалась.

10. Предложена методика расчета судовых панельных систем охлаждения. Рекомендован способ учета влияния угольников обрешетки. Проведена экспериментальная проверка методики расчета, которая дала приемлемую точность.

11. Техничко-экономический анализ показал преимущества панельной системы по всем основным показателям. Анализ выполнен на основании экспериментальных данных и отчета по строительству опытного трюма.

12. В реферируемой работе завершено комплексное исследование панельной системы охлаждения на рыбопромышленных производственно-транспортных рефрижераторных судах, что позволило установить основные ее конструктивные, технологические, эксплуатационные и технико-экономические характеристики.

13. На основании полученных результатов представилась возможность дать исходные данные и рекомендации по внедрению этой системы на серийных рыболовных производственно-транспортных рефрижераторных судах типа «Алтай», который является наиболее перспективным типом судов рыбопромышленного флота.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Чуклин С. Г., Авдеев Е. С., Никульшина Д. Г., Русов Е. Х., Коньков А. М., Старых Ю. В. Устройство тихого (батареино) охлаждения рефрижераторных камер. Авторское свидетельство № 162762, 1964 г.
2. Чуклин С. Г., Авдеев Е. С. Панельная система охлаждения на рефрижераторных судах. Рыбное хозяйство № 7, 1964 г.

3. Чуклин С. Г., Авдеев Е. С., Никульшина Д. Г. Основы проектирования и эксплуатационные особенности панельных систем охлаждения рефрижераторных судов. Судостроение, № 11, 1964 г.

4. Авдеев Е. С. Опыт эксплуатации и внедрения панельной системы охлаждения на рефрижераторных судах флота рыбной промышленности. Тезисы докладов на Всесоюзной межвузовской конференции «Проблемы интенсификации холодильного и технологического оборудования», Ленинград, 1966 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ДОЛОЖЕНЫ АВТОРОМ:

1. На Всесоюзной конференции по современным системам и приборам охлаждения и их внедрению в народное хозяйство СССР в 1965 г. (г. Одесса).

2. На Всесоюзной конференции по проблемам интенсификации холодильного и технологического оборудования в 1966 г. (г. Ленинград).

3. На XXXV отчетной научной конференции ОТИПХП в 1966 г. (г. Одесса).

4. На XXXVI отчетной научной конференции ОТИПХП в 1967 г. (г. Одесса).

V 001134

ОНАХТ
БИБЛИОТЕКА

БР 07197. Подписано к печати 1/IV.67 г. Формат бум. 60×90^{1/16}
Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 300. Зак. 17567.

Одесская типоофсетная фабрика Комитета по печати при Совете Министров
УССР. Одесса, ул. Дзержинского, 24.