

Рис. 19. Розподіл тиску. Швидкість потоку з вентилятора – 8 м/с. Зріз наведено для $Y \approx 450$ мм.

ням швидкості потоків в центральній частині камери печі. Однак це збільшення швидкості не перевищує верхню границю оптимальної для робочої області швидкості, яка дорівнює 3 м/с. Додавання вертикальних направляючих дозволяє використовувати менш потужний вентилятор (з на 20% меншою встановленою потужністю), що

приводить до енергозаощадження, зберігаючи при цьому якість продукції, що випікається.

2. Використання розробленої методики моделювання досліджуваних процесів скорочує час та матеріальні витрати, необхідні для проведення експериментальних випробувань при модернізації існуючих зразків та створення нових. Приведена методика розрахунку дозволяє аналізувати поля швидкостей, поля кінетичної енергії турбулентності, поля функцій току, поля динамічних тисків в робочих областях печей різного типу та відповідно оптимізувати енергетичні витрати та час випічки якісної продукції. Це дозволяє економити енергетичні, а в деяких випадках і матеріальні ресурси.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Lauder B.E. and Spalding D.B.* The numerical computation of turbulent flows // *Comp. Meth. in Appl. Mech. & Eng.*, 1974. Vol. 3. P. 269.
2. *Накорчевский А.И., Басок Б.И.* Гидродинамики и тепломассоперенос в гетерогенных системах и пульсирующих потоках (под ред. А.А. Долинского). – К.: Наукова думка, 2001. – 348 с.
3. *Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В.* Групповые методы в теплофизике. – К.: Наукова думка, 2003. – 484 с.

Получено 30.10.2006 г.

УДК 629.54

ЩЕДРОЛОСЕВ А.В.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПОДОГРЕВА И ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЗАПАСОВ ТЯЖЕЛЫХ ТОПЛИВ НА ДИЗЕЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДАХ

Приведено результати розрахунково-аналітичного дослідження енергоефективності паливних підсистем судно-

Приведены результаты расчетно-аналитического исследования энергоэффективности топливных подсистем

The results of calculated-analytical probing of power efficiency of fuel inter-systems of ship propulsive plants of diesel

вих энергетичних установок дизельних транспортних суден. Показано можливість значного зниження витрат енергії і палива шляхом раціоналізації технічних засобів, схеми підігріву і зменшення температурного рівня підігріву та перекачування частини запасів важкого палива.

судовых энергетических установок дизельных транспортных судов. Показана возможность значительного снижения затрат энергии и топлива путем рационализации технических средств, схемы подогрева и уменьшения температурного уровня подогрева и перекачивания части запасов тяжелого топлива.

transport ships are reduced. The possibility of significant lowering of energy consumptions and combustible is shown by rationalization of means, circuit of a preheating and reduction of a temperature level of a preheating and flowing through of a part of stores of heavy fuel.

c – теплоемкость;
 F – поверхность охлаждения;
 G – масса;
 k – коэффициент теплопередачи;
 Q – тепловая мощность;
 t – температура;
 τ – время;
 РД – руководящий документ;
 СЭУ – судовая энергетическая установка;
 ТТ – тяжелое топливо.

Индексы нижние:

з.в – забортная вода;
 нач – начальный;
 кон – конечный;
 ос – окружающая среда;
 пол – полезный;
 пот – потери;
 СП – система подогрева;
 ср – средний;
 т – топливо.

Острая необходимость снижения затрат энергии и топлива на дизельных транспортных судах, в связи с общим состоянием топливо–энергетической проблемы, отрицательно влияющей на возможности эксплуатации судов, ставит задачи совершенствования энергопотребления не только по главным судовым энергетическим установкам, но и по их системам.

В порядке более широкой реализации разработанной концепции снижения энергозатрат по специальным энергетическим системам “подогрев–выгрузка” высоковязких грузов [1] в проектных и эксплуатационных решениях по топливной системе СЭУ дизельных транспортных судов проведено расчетно-аналитическое исследование энергоэффективности топливных подсистем хранения, подогрева и перекачивания запасов тяжелого топлива.

Проведенный анализ состояния энергоэффективности указанных топливных подсистем показал следующее:

1. Размещение цистерн запасов ТТ на морских дизельных судах вне машинного отделения, тяжелые температурные условия их эксплуатации, в связи с остыванием до температур окружающей среды, создают необходимость их подогрева для осуществления периодического перекачивания части суточного расхода топлива в отстойные, либо расходные цистерны [2, 3].

2. Существующие схемы парового трубчатого (змеевикового) подогрева ТТ в цистернах запаса обладают низкой теплоотдачей из-за малой высоты и большой протяженности цистерн, требуют длительного времени на подогрев (24...48 ч), оказывают термическое воздействие на топливо из-за локального перегрева, имеют малый срок службы, металлоемки и трудоемки в строительстве и ремонте. Относительно высокий разогрев топлива в цистернах запаса приводит к выпадению осадков, очистка которых затруднена [2, 4, 5, 7].

3. Применяемый в последнее время циркуляционный способ подогрева (горячеструйный подогрев) запасов ТТ предназначен для более быстрого эффективного разогрева топлива во всем объеме цистерн запаса ТТ. После подогрева топлива в запасной цистерне суточную расходную часть его перекачивают в отстойные или расходные цистерны [3-7].

4. Перекачивание части запаса ТТ осуществляется не чаще одного раза в сутки, а подогрев ТТ упомянутыми способами производится практически постоянно [2].

5. Применяемые перекачивающие шестеренные или поршневые насосы и протяженные трубопроводы требуют разогрева ТТ до температуры 40...45 °С, обеспечивающей экономически оправданный предел перекачивания [2].

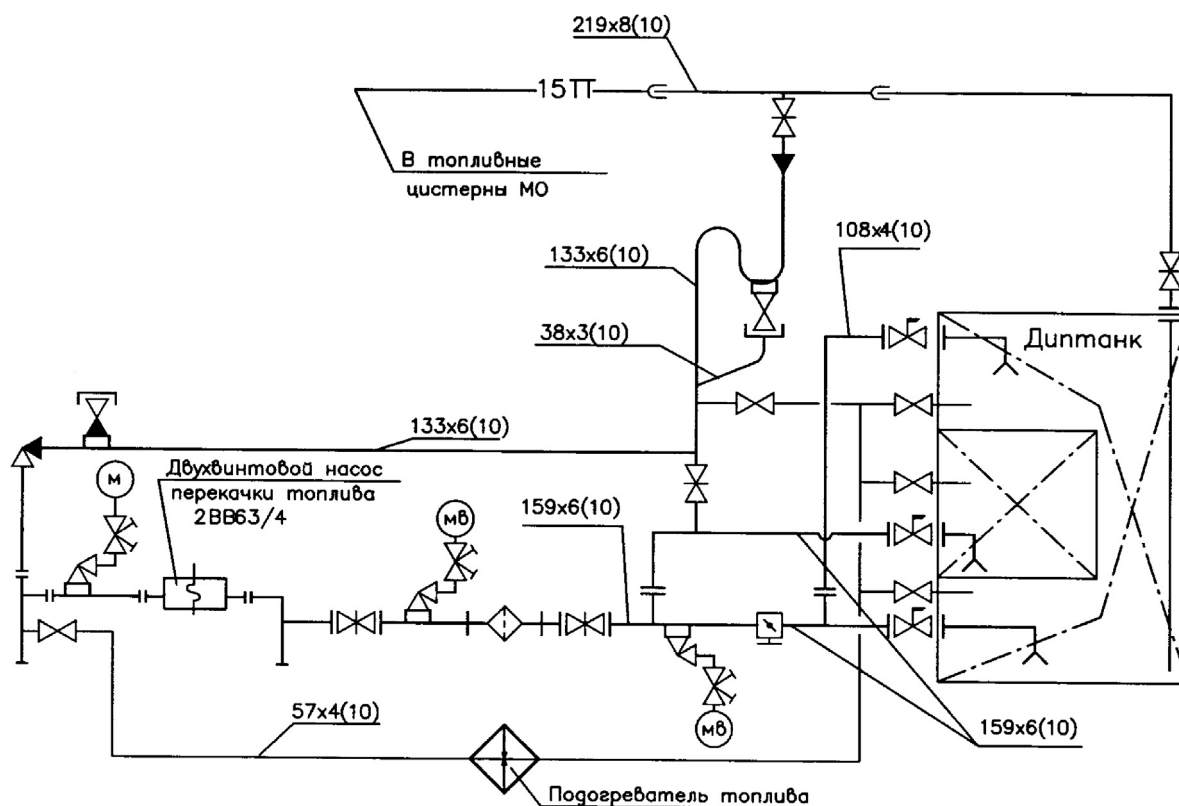


Рис. Технологическая схема подогрева и перекачивания запасов тяжелого топлива

6. Относительная продолжительность и высокая температура разогрева всей массы ТТ в цистернах запаса для осуществления перекачивания незначительного суточного расхода ТТ приводят к значительным теплотерям, расходам пара, энергии и топлива [4, 5].

Основной характеристикой любого типа системы подогрева вязких продуктов является тепловая мощность $Q_{СП}$, которая в общем случае является функцией многих переменных, как-то: физических свойств продукта (параметр α_i), площади теплообмена и объема подогреваемого продукта (параметр β_i), разности температур между продуктом и окружающей средой (параметр Δt_i) и времени, в течение которого происходит остывание и подогрев продукта в емкости (параметр τ_i), т.е.

$$Q_{СП} = f(\alpha_i, \beta_i, \Delta t_i, \tau_i). \quad (1)$$

При известных (заданных) параметрах α_i и β_i , характеризующих свойства ТТ, площади теплообмена и объемы цистерн запаса, тепловая мощность $Q_{СП}$ при любых технологических ва-

риантах ТТ будет зависеть от величины Δt_i и времени τ_i .

Предлагаемая рационализация технических средств и технологическая схема (приведенная на рис.) разогрева запаса ТТ для хранения, подогрева и перекачивания состоит в следующем:

1. В существующем перекачивающем контуре производится замена поршневого (шестеренного) насоса на винтовой насос типа 2ВВ 63/4 с регулируемым приводом.

2. Первоначально ТТ в цистернах запаса разогревается оборудованной упрощенной паровой трубчатой системой (главным образом местной у заборных патрубков) от начальной температуры разогрева $t_{нач} = 12^\circ\text{C}$ до конечной $t_{кон} = 16^\circ\text{C}$, соответствующей предельной вязкости для винтовых насосов.

3. Последующий разогрев от 16 до 45°C перекачиваемого суточного запаса ТТ в отстойную, либо расходную цистерну осуществляется прокачиванием его через дополнительно встроенный подогреватель топлива и далее по перекачиваемому трубопроводу.

4. В случае застывания ТТ в цистерне запаса его разогрев осуществляется первоначально прокачиванием подогреваемого ТТ по короткому замкнутому циркуляционному контуру с последующим переключением разогрева цистерн запаса струями из сопел.

5. В случае использования запаса ТТ для выравнивания крена при выполнении грузовых операций и в аварийных ситуациях перекачивание ТТ осуществляется двухвинтовым насосом 2ВВ 63/4.

В результате предлагаемой рационализации системы подогрева и перекачивания суточного расхода ТТ в основном изменяются составляющие тепловой мощности

$$Q_{СП} = Q_{пот} + Q_{пол}, \quad (2)$$

где $Q_{пот}$ – теплопотери цистерны запаса ТТ (поперечная цистерна–диптанк, расположенная выше двойного дна) в окружающую среду, определяемые по рекомендациям РД [6] как

$$Q_{пот} = k_i F_i (t_{т.ср} - t_{ос}),$$

$Q_{пол}$ – полезная теплота, необходимая для повышения теплосодержания ТТ, определяемая по рекомендациям РД [6],

$$Q_{пол} = \frac{G_{т.т} c_{т.т}}{\tau_i} (t_{кон} - t_{нач}).$$

Совершенно очевидна нецелесообразность относительно высокого подогрева всей цистерны с запасом ТТ с учетом перекачивания небольшого суточного его расхода. Произведенные расчеты и сопоставление величины теплопотерь и полезной теплоты показали возможности значительной экономии затрат тепловой энергии и топлива на подогрев и перекачивание ТТ в размере 204 т в год на танкере–продуктовозе проекта 15966 дедвейтом 30 тыс. т.

Выполненное исследование по повышению энергоэффективности топливных подсистем хранения, подогрева и перекачивания запасов тяжелого топлива позволяет сделать следующие выводы:

1. Результаты внедрения выполненных разработок в практику проектирования и эксплуатации топливной системы судовых энергетических

установок создают возможность значительной экономии энергии и топлива.

2. Уменьшение температурного режима хранения и подготовки к перекачиванию из цистерн суточного запаса ТТ в отстойную приводит к снижению тепловых потерь, предотвращает образование отложений на дне цистерны запаса и выпадения осадков, в результате чего сокращается трудоемкость на периодическую очистку цистерн и уменьшаются потери легких фракций ТТ.

3. Выполненный расчет повышения энергоэффективности модернизированной топливной подсистемы хранения, подогрева и перекачивания запасов ТТ по танкеру дедвейтом 30 тыс. т проекта 15966 показал возможность снижения затрат энергии и топлива на подогрев и перекачивание в размере 204 т/год. Расчетный экономический эффект составляет около 300 тыс. грн. в год.

4. Выполненное исследование подтверждает реальные перспективы широкой реализации подобных разработок в других отраслях промышленности и транспорта при хранении, переливе, разливе вязких продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Щедролов А.В.* Повышение энергоэффективности систем подогрева и выгрузки вязких продуктов на наливных судах методом комплексной оптимизации параметров устройств и режимов технологических процессов // 36. науч. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – № 2. – С. 41–51.
2. *Овсянников М.К., Петухов В.А.* Судовые дизельные установки: Справочник. – Л.: Судостроение, 1986. – 424 с.
3. *Системы судовых энергетических установок: Учебное пособие / Г.А. Артемов, В.П. Волошин, А.Я. Шквар, В.П. Шостак.* – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1990. – 376 с.
4. *Коробцов И.М.* Струйный разогрев высоковязких мазутов на морском флоте: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1962. – 17 с.
5. *Переведенцев П.А.* Исследование особенностей горячеструйного разогрева вязкого топлива

энергетических установок на морских судах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1976. — 27 с.

6. РД 5.5524-82. Системы подогрева жидких грузов морских нефтеналивных судов. Правила и нормы проектирования. — М.: Министерство судостроения СССР, 1982. — 105 с.

7. Судовые энергетические установки: Учебник / Г.А. Артемов, В.П. Волошин, Ю.В. Захаров, А.Я. Шквар. — Л.: Судостроение, 1987. — 480 с.

Получено 11.07.2005 г.

УДК 536.244 / 664.8.037.5

Лисица А.Ю.,
Петухов И.И., Сырый В.Н.

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ БЫСТРОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ

Досліджено вплив режиму охолодження та заморожування на темп охолодження ягід та профіль температури. Результати розрахунку співставленні з даними, отриманими під час експериментів. Визначено раціональні режими заморожування з точки зору збереження якості продуктів та мінімізації витрат рідкого азоту у швидкоморозильній тунельній установці.

Исследовано влияние режима охлаждения и замораживания на темп охлаждения ягод и профиль температуры. Результаты расчёта сопоставлены с данными, полученными в ходе экспериментов. Определены рациональные режимы замораживания с точки зрения сохранения качества продуктов и минимизации затрат жидкого азота в скороморозильной туннельной установке.

The influence of cooling and freezing mode on rate cooling berries and temperature profile was investigated. Calculation result were compared with the experimental data. Rational freezing modes with relation to product quality preservation and liquid nitrogen in fast freezing plant expense minimization were defined.

C — концентрация;
 D_C — коэффициент диффузии;
 c — удельная теплоёмкость;
 D_T — коэффициент температуропроводности;
 m — масса;
 \dot{Q} — тепловой поток;
 r — радиус, пространственная координата;
 T, t — температура;
 \bar{T}_l — средняя температура тела;
 ΔT_{pc} — глубина захода в метастабильную область;
 w — скорость;
 x — массовая доля;
 α — коэффициент теплоотдачи;
 λ — коэффициент теплопроводности;

ρ — плотность;
 τ — время;
 ψ — скрытая теплота кристаллизации;
ХАТ — холодная аэродинамическая труба.

Индексы:
1 — растворитель;
2 — растворённые вещества;
 c — охладитель;
 f — параметры на фронте или зоне кристаллизации;
1 — жидкая фаза;
 o — начальное значение;
 s — твёрдая фаза;
 pc — переохлаждение.

Введение

Одним из основных способов длительного сохранения качества плодовоовощных продуктов яв-

ляется быстрое замораживание и последующее хранение при низких температурах. Для этого в основном используются воздушные холодильные технологии. Развитие производства быстрозаморо-