

УДК 621.867.72

Щедролосев А.В.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕНИ ВЫГРУЗКИ ГРУЗОВЫХ НАСОСОВ НА ТАНКЕРАХ-ПРОДУКТОВОЗАХ

Одной из немаловажных задач в решении проблемы совершенствования энергоиспользования в комплексе специальных систем СЭУ “подогрев-выгрузка” наливных судов является вопрос определения производительности винтовых грузовых насосов в зависимости от дедвейта судна, времени выгрузки и организации грузовых работ с минимальными затратами энергии и топлива.

Существующие отдельные рекомендации отраслевых нормативных документов по определению параметров грузовых насосов – РД 5.5452-80 [4] и подогреву вязких грузов до рабочей температуры, обеспечивающей их выгрузку насосами по РД 5.5524-82 [5], не позволяют определить оптимальные параметры грузовых насосов и выявить значительные резервы экономии энергии и топлива в комплексе систем “подогрев-выгрузка”.

Известные решения авторов [1–3] по совместной работе подогрева и выгрузки жидких грузов не учитывают значительных влияний на параметры насосов изменений физико-химических свойств вязких нефтепродуктов и влияния температуры окружающей среды. Кроме того, эти решения были выполнены для трубчатой системы подогрева груза и поэтому не учитывают отбора части выкачиваемого груза на циркуляционный подогрев его во время выгрузки.

В связи с отмеченным, рекомендации и расчетные зависимости параметров подогрева и выгрузки по работам [1–5] не могут служить основанием для определения оптимальных параметров грузовых насосов на танкерах-продуктовозах.

Для восполнения существующего пробела в проектных и эксплуатационных решениях проблемы снижения энергозатрат в специальных системах “подогрев-выгрузка” наливных судов выполнено экспериментальное исследование по определению оптимальных производительности винтовых грузовых насосов, времени выгрузки, загрузки СЭС, затрат топлива и организации выгрузки на основе использования имитационного математического моделирования функционирования технических средств и технологических процессов подогрева-выгрузки [6].

В качестве модели использована созданная в работе [6] математическая модель комплекса технических средств и технологических процессов, взаимосвязанных с СЭУ, судном и влияниями внешней среды.

Целевая функция модели по минимуму топливных затрат на функционирование устройств и технологических процессов позволяет определить оптимальную производительность грузовых насосов и других указанных выше параметров.

В качестве расчетных величин в исследованиях приняты грузовые и тепловые характеристики базового танкера-продуктовоза  $D_w = 29$  тыс. т проекта 15966 постройки Херсонского судостроительного завода.

Танкер-продуктовоз предназначен для перевозки 7 сортов вязких нефтехимических продуктов. Каждый из 14 грузовых танков оборудован индивидуальной системой циркуляционного подогрева и принятыми в исследованиях погружными винтовыми негерметичными насосами, вместо проектных центробежных.

Параметры окружающей среды приняты для районов умеренных климатических условий, рекомендуемых для танкеров-продуктовозов:  $t_{заб. вод} = 5^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{возд} = 5^{\circ}\text{C}$ .

В качестве груза рассматривалась транспортировка и выгрузка мазутов марок М20–М200.

Начальная температура подогрева груза  $t_{нач}$  определялась по допустимой температуре его остывания  $t_{дон}$  [5]. Рабочая температура жидкого груза принималась по предельной вязкости, обеспечивающей выгрузку груза винтовыми насосами  $t_p$  [5].

Подогрев груза во время выгрузки производился путем отбора части выкачиваемого груза на циркуляционный подогрев, на уровне компенсации теплопотерь.

Время выгрузки груза из танкеров регламентируется РД [4] в зависимости от дедвейта либо условиями заказчика. Для расчетного танкера-продуктовоза пр. 15966  $Dw = 30$  тыс. т время выгрузки должно составлять  $\tau_в = 12$ ч. Для танкеров, перевозящих темные продукты, время выгрузки увеличивают на 10 % [4].

Для ограничения мощности СЭС применяют выгрузку груза в несколько очередей группами насосов.

При разгрузке груза группами по 7 танков время выгрузки должно составлять не более 6,6 ч., при разгрузке группами по 5 танков время выгрузки – 4,4 ч. В расчете условно рассмотрена одновременная разгрузка всех 14 танков за 13,2 ч.

Результаты исследования по определению оптимальной производительности грузовых насосов  $V_z$  по времени выгрузки  $\tau_в$ , нагрузке СЭС  $P_{СЭС}$ , суммарным затратам топлива  $\sum B_m$  за 20-суточный рейс на подогрев и выгрузку перевозимого мазута марки М100 при температуре груза в режиме поддержания  $t_{сп} = 35^{\circ}\text{C}$  на танкере-продуктовозе проекта 15966 приведены на рис. 1 и 2.

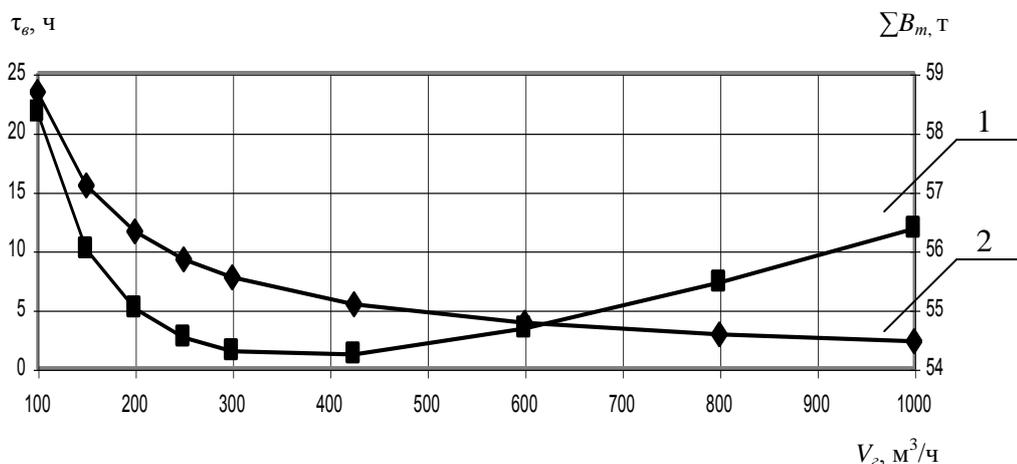


Рисунок 1 – Зависимость времени выгрузки груза и суммарных затрат топлива от производительности грузового насоса:  
1 – суммарные затраты топлива, т; 2 – время выгрузки, ч.

Анализ рис. 1 показал, что с увеличением производительности грузовых насосов  $V_z$ , м³/ч, по каждому из танков время выгрузки  $\tau_в$ , ч, снижается, а по условиям минимума  $\sum B_m$  определяется оптимум –  $V_{z,o} = 425$  м³/ч.

Рис. 2 свидетельствует о линейном возрастании загрузки СЭС  $P_{СЭС}$ , кВт, при увеличении производительности грузовых насосов. Оптимум производительности грузового насоса равен –  $V_{z,o} = 425$  м³/ч.

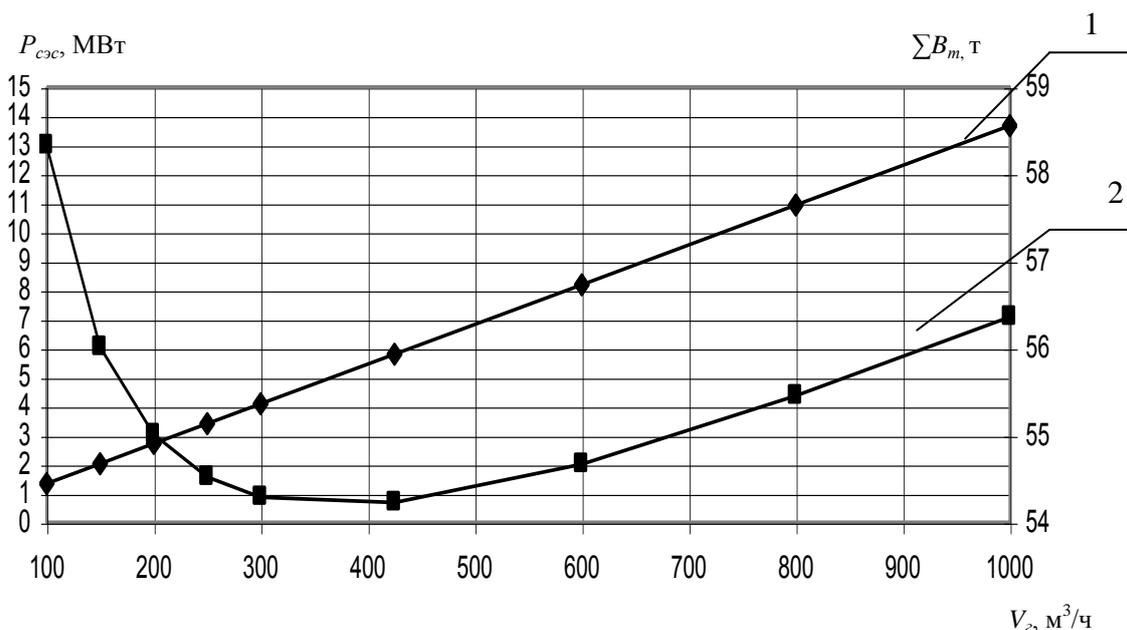


Рисунок 2 – Зависимость загрузки СЭС и суммарных затрат топлива от производительности грузового насоса:  
 1 – загрузка СЭС, МВт;  
 2 – суммарные затраты топлива, т.

Для согласования времени выгрузки груза  $\tau_g$  и загрузки СЭС  $P_{сэс}$  в зависимости от производительности насосов  $V_z$ , режима выгрузки и затрат топлива в таблице рассмотрены возможные их варианты.

Таблица 1 – Согласование времени выгрузки груза и загрузки СЭС в зависимости от производительности насосов, режима выгрузки и затрат топлива

Производительность грузового насоса $V_z, \text{м}^3/\text{ч}$	Режим выгрузки, количество очередей, шт.	Время выгрузки суммарное $\Sigma \tau_g, \text{ч}$	Нагрузка СЭС по режимам $P_{сэс}, \text{кВт}$	Суммарные затраты топлива на подогрев и выгрузку груза $\Sigma B_m, \text{т}$
300	1	7,68	4079	54,286
300	2	15,36	2040	54,286
425	1	5,41	5792	54,229
425	2	10,82	2896	54,229
425	3	16,23	1931	54,229
600	1	3,82	8191	54,670
600	2	7,64	4092	54,670
600	3	11,46	2730	54,670

Учитывая, что танкер-продуктовоз разгружается практически за несколько очередей, целесообразно применить грузовые насосы производительностью  $V_z = 425 \text{ м}^3/\text{ч}$ , в две очереди за 10,82 ч.

Анализ результатов исследований показал, что при перевозках менее вязких мазутов оптимум производительности грузовых насосов по минимуму суммарных затрат практически не изменяется. Время выгрузки  $\tau_g$  незначительно возросло (на 5,2 %) из-за снижения объемного КПД насосов. Нагрузка СЭС практически не изменяется. Затраты

топлива на выгрузку снижаются. Суммарные затраты топлива на подогрев и выгрузку уменьшаются в среднем в 7,5 раз.

Сопоставление полученных результатов подтверждает целесообразность применения на танкере индивидуальных винтовых грузовых насосов производительностью  $V_2 = 425 \text{ м}^3/\text{ч}$  на каждом грузовом танке.

#### **Выводы**

1. Впервые, в результате комплексной оптимизации систем циркуляционного подогрева и выгрузки груза винтовыми насосами, путем имитационного математического моделирования определена оптимальная производительность грузовых насосов по времени выгрузки, загрузке СЭС, затратам топлива и организации выгрузки.

2. Согласование времени выгрузки и загрузки СЭС предусматривает определенную организацию выгрузки груза.

3. Оптимум производительности грузовых насосов по минимуму суммарных затрат и нагрузке СЭС при выгрузке мазутов различной вязкости практически не изменяется.

4. Суммарные затраты топлива на подогрев и выгрузку более вязких мазутов значительно возрастают.

5. Выполненное исследование раскрывает широкие возможности для решения последующих задач повышения энергоэффективности комплекса специальных систем “подогрев-выгрузка” и в целом СЭУ универсальных наливных судов.

#### **Литература**

1. Кутыркин В.А., Постников В.И. Специальные системы нефтеналивных судов. Справочник. – М.: Транспорт, 1983. –192 с.

2. Кутыркин В.А. Теоретические основы выгрузки высоковязких нефтепродуктов из речных судов. Автореф. дис. .... канд. техн. наук. – Горький, 1979. – 54 с.

3. Рабей И.Л., Сизов Г.Н. Специальные системы нефтеналивных судов. –Л.: Судостроение, 1966. – 316 с.

4. РД 5.5452-80. Системы грузовая и зачистная нефтеналивных судов. Правила и нормы проектирования. – М.: Министерство судостроения СССР, 1980. –53 с.

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

6. Щедролосев А.В. Повышение энергоэффективности систем подогрева и выгрузки вязких продуктов на наливных судах методом комплексной оптимизации параметров устройств и режимов технологических процессов // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – № 2. – С. 41–51.

УДК 621.867.72

Щедролосев О.В.

#### **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЧАСУ ВИВАНТАЖЕННЯ ВАНТАЖНИХ НАСОСІВ НА ТАНКЕРАХ-ПРОДУКТОВОЗАХ**

Уперше методом математичного моделювання визначена оптимальна продуктивність гвинтових вантажних насосів за часом вивантаження, завантаження суднової електростанції, організації роботи вантажної системи, витратам палива на підігрів і вивантаження в'язких вантажів на танкерах-продуктовозах.