

$$\tau_{рег} = \frac{b_{нркр} \cdot \rho_{нас} \cdot S_{акт}}{z_n \cdot Q_2 \cdot \eta_0} \quad (5)$$

Відхилення даних за експериментом на Зуївській ТЕС і за формулою (5) не перевищує 24%. Це відхилення є результатом неврахування формулою (5) конфігурації осаджуючих електродів.

Розглянута вище методика розрахунку оптимальної періодичності регенерації електрофільтрів введена в блок-схему й алгоритм програми на ЕОМ для визначення оптимальних параметрів роботи цих апаратів. Програма складена у відповідності з математичною моделлю процесу пиловловлювання в електрофільтрах [1].

І.Акініна А.Г., Качан В.М. Математична модель процесу пиловловлювання в електрофільтрах // Збірн. доповідей X Всеукраїнської наукової конференції аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів". Т.1. – Донецьк, 2000. – С.20-21.

Отримано 28.08.2000

УДК 621.6.001:621.59

Я.Л.БРАЙЛОВСКИЙ, канд. техн. наук  
Одесская государственная академия холода

## О ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ КРИОСИСТЕМ

Рассматриваются системы резервуар-насос, являющиеся основными составляющими комплексов хранения, транспортирования и газификации криогенных и низкотемпературных жидкостей. Впервые приведен разработанный классификатор систем высокого давления. анализируются проблемы схемных решений. Определена эффективность наиболее необходимых схем, названы пути их практической реализации.

Ускоренные перемены последнего времени знаменуются заметной переориентацией приоритетов во всех сферах человеческой деятельности. Так, в связи с развитием частного предпринимательства возникает огромное количество малых предприятий, в том числе совместных с зарубежными фирмами. Открытие границ влечет за собой бурное развитие торговли, пищевой и легкой промышленности, сферы услуг и обслуживания. Комплексы хранения, транспортирования и газификации, предназначенные для снабжения потребителей продуктами разделения воздуха и низкотемпературными сжиженными газами, и прежде всего их наиболее важная система "резервуар-насос", имеющие монопольное применение в стратегически важных и энергетически емких областях техники, таких как ракетно-космическая, химические и взрывоопасные производства, постепенно стали жизненно

необходимыми во многих других сферах. Существующие сегодня криосистемы резервуар-насос (КСРН) не удовлетворяют требованиям времени. Разработки последних лет в области развития схемных решений должны расширить сферу использования КСРН [1-4]. Однако внедрение их во многом сдерживается из-за проблем реализации. Этому и посвящена настоящая работа.

На рис.1 приведен разработанный нами классификатор КСРН высокого давления, охватывающий все виды применявшихся ранее, существующих теперь и вновь разработанных схем. Всего в нем представлено 14 типов схем. При этом нужно отметить, что схемы типа 13 и 14 в настоящее время используются редко из-за их относительно низкой экономической эффективности. Схемы типа 6 и их комбинации – схемы 7...12 с гарантированным кавитационным запасом всасываемой насосом жидкости также применяются мало, так как связаны с большими потерями жидкости. Наиболее ходовыми являются схемы типа 1,2,3,5,9. Рассмотрим их.

В схемах типа 1 возврат утечки происходит полностью или преимущественно в резервуар. Поэтому они относятся к схемам с основной тепловой нагрузкой в резервуаре и разбиты на две группы: группа 1 – с возвратом всей утечки в резервуар (1, 1а, 1аМ); группа 2 – с возвратом дозированных порций пара утечки во всасывающую камеру насоса, а остальной утечки – в резервуар (1аМЗ, 1аМ2). Схемы этого типа приведены на рис.2. Схемы второй группы выгодно отличаются от схем первой группы, так как имеют более высокие показатели и характеризуются меньшими потерями. Дозированные порции паровой доли утечки получены расчетным путем и приводят к устранению потерь, связанных со сбросом пара из резервуара во время работы КСРН. Практическая реализация схем первой группы связана с организацией возврата паровой и жидкой утечки в резервуар. В схеме 1 (основной схеме этого типа) возврат осуществляется по единому тру бопроводу в верхнюю часть резервуара. При этом жидкая часть утечки остается на поверхности и плохо перемешивается, что в дальнейшем приводит к невозможности ее откачивания, поскольку она представляет собою жидкость с нулевым кавитационным запасом. В схеме 1а вся жидкая и паровая утечка должна возвращаться в жидкость. Для этого достаточно трубопровод опустить на дно резервуара. В схеме 1аМ в связи с возвратом в резервуар дозированной порции пара  $g_{\text{ут.в}}'' = Q\bar{\rho} / (1 - \bar{\rho})$  необходимо в подводящем к резервуару трубопроводе предусмотреть ответвление в верхнюю часть с обязательной установкой регулятора давления с тем, чтобы происходило закрытие клапана в момент дости-

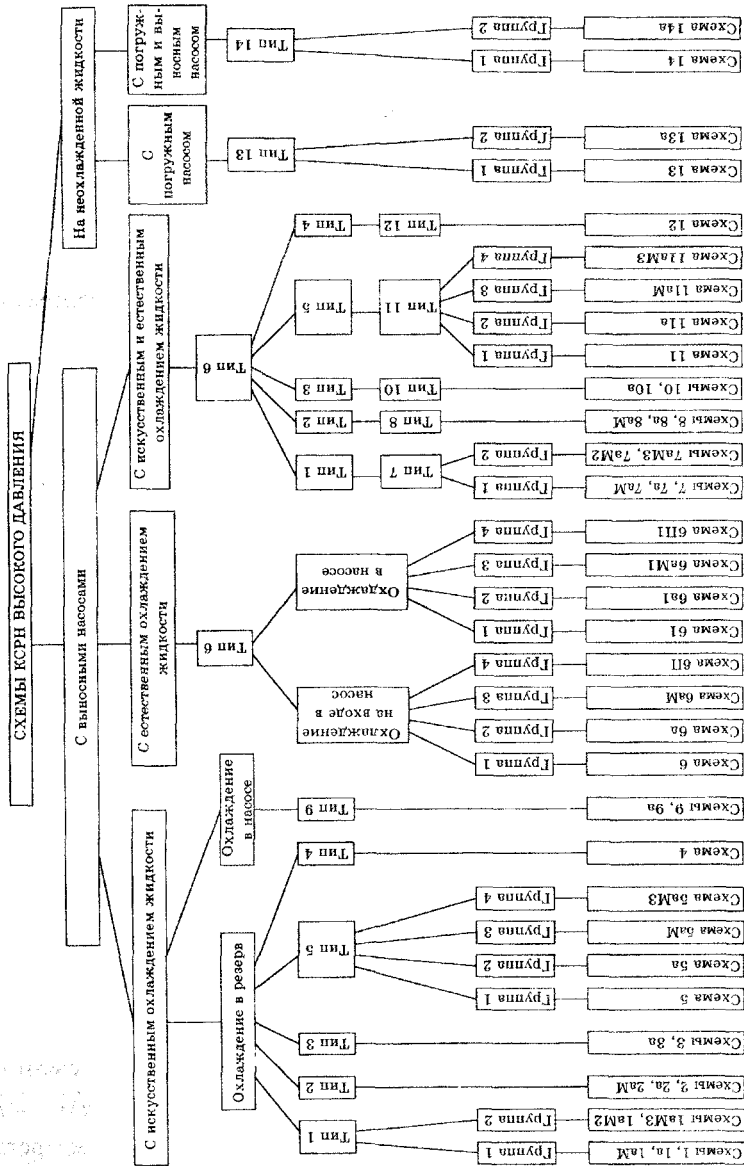


Рис. 1 – Классификатор схем КСРН высокого давления

жения требуемого давления.

*Условные обозначения.* Символы:  $\rho$  – плотность;  $g$  – поток,  $Q$  – подача насоса. Комплексы:  $\bar{\rho} = \rho'' / \rho'$ .

*Индексы:* В – всасывание; ут – утечка; ут.н, ут.в – утечка соответственно в нижнюю и верхнюю части резервуара; ("), (') – соответственно пар и жидкость.

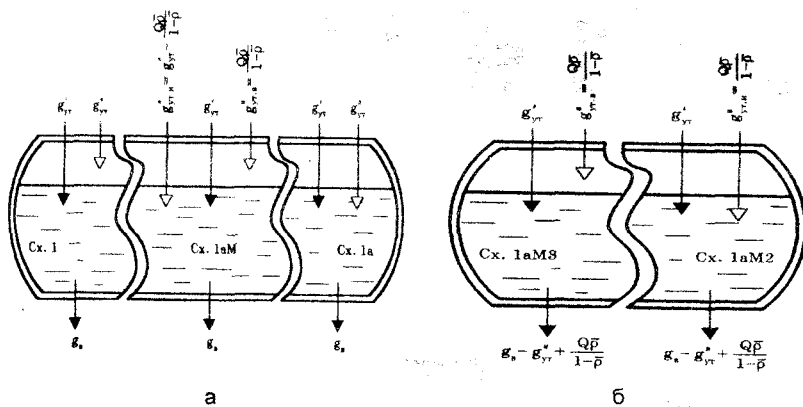


Рис.2 – Распределение потоков в резервуаре для схем типа 1 первой (а) и второй (б) групп

Таким образом, реализация схем первой группы не вызывает особых затруднений, хотя и связана с дополнительной установкой регулятора давления, что удорожает установку.

Схема второй группы 1aM3 по трудности реализации схожа со схемой 1aM, поскольку возврат паровой утечки во всасывающую камеру насоса (что отличает её от схемы 1aM) происходит по сверлениям в цилиндрической группе, специально предусмотренным для этого случая. Следует отметить, что в насосах типа 2НСГ такие сверления предусмотрены, что не приводит к удорожанию установки в целом. Схему 1aM2 нужно планировать для работы в ручном режиме, для чего необходимо на линии возврата паровой утечки установить вентиль.

Схемы типов 2, 3 относятся соответственно к схемам с преимущественным и полным возвратом всей утечки в насос. Они приведены на рис.3.

Схемы 2, 3 не требуют никаких усовершенствований и легко реализуются со стандартным комплектующим оборудованием КСРН. Схема 2a по исполнению аналогична схеме 1aM3. Схема 2aM может быть просто применена за счет замены регулятора давления на ручной

запорный клапан, поскольку она предусматривает возврат в резервуар порции пара утечки, несколько меньше дозированной  $Q\bar{\rho}/(1-\bar{\rho})$ , предполагает затухающий режим по давлению в резервуаре и предназначена для работы в режиме, близком к остановке КСРН. В этом случае постепенное уменьшение давления перед остановкой обеспечит снижение потерь от сброса пара, так как давление здесь падает.

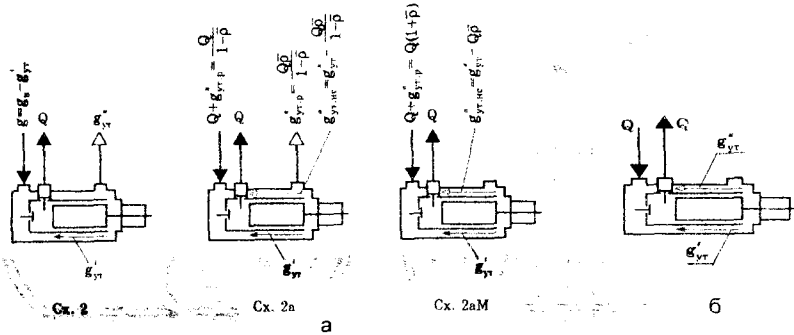


Рис.3 – Распределение потоков в насосе для схем типа 2 (а) и 3 (б)

Схемы типа 5 в отличие от рассмотренных выше дополнительно содержат стороннюю емкость и легко реализуются на практике. Они выгодны с точки зрения улучшения температурных условий в опорожняемом резервуаре, но удобны для применения только на производствах, располагающих в достаточном количестве сосудами такого типа.

Схемы типа 9 – с локальным повышением давления непосредственно во всасывающей камере насоса не требуют сосудов, работающих при избыточных давлениях, что выгодно отличает их от других приведенных схем, но имеют ряд недостатков. Более подробно о них изложено в работах [1, 5].

1.Брайловский Я.Л. Исследование криосистем промышленных объектов // Вестник международной академии холода. Вып.4. – М., 1999. – С. 16-19.

2.Брайловский Я.Л. Исследование систем хранения, транспортирования и газификации криогенных жидкостей // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1999. – №7. – С. 21-24.

3.Брайловский Я.Л. Снижение энергозатрат в насосных криосистемах высокого давления // Вісн. державного ун-ту “Львівська політехніка” “Проблеми економії енергії”. №2. – Львів, 1999. – С. 65-69.

4.Брайловский Я.Л. Математическое моделирование насосных криосистем высокого давления // Холодильная техника и технология. – 1999. – №61. – С.7-11.

5.Jean-Elie Tornare. Cryogenic Pump Technology and Devices for NPSH Improvement. Cryomec, Switzerland, p.10.

Получено 03.08.2000