

УДК 681.518.52:544.023 002.56

О.Л. КИРИЛЛОВ

Херсонский национальный технический университет

## АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ ОДНОГО ИЛИ ДВУХ НАСОСОВ ГРУППОЙ НАСОСОВ ПРИ БЕССТУПЕНЧАТОМ УПРАВЛЕНИИ РАСХОДОМ ВО ВРЕМЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОБЪЕМЫ

*В статье проведен анализ исследования замены одного или двух насосов группой насосов при бесступенчатом управлении расходом. Для этого рассмотрены вопросы сложности управления насосами, а также металлоемкости, и экономической оценки предлагаемой замены при разработке оптимальной конфигурации насосной установки, применимой для создания безопасной технологии транспортирования нефтепродуктов в замкнутые объемы.*

*Ключевые слова:* замена насосов, управление, металлоемкость, внештатная ситуация, экономическая оценка разработки.

O.L. KIRILLOV

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine

## ANALYSIS OF EXPEDIENCY OF REPLACEMENT OF ONE OR TWO PUMPS GROUP OF PUMPS AT CONTINUOUS CONTROL EXPENSE DURING PORTAGE OF HYDROCARBON OILS IN VOLUMES

Abstract

*The analysis of research of replacement of one or two pumps is conducted in the article by the group of pumps at continuous control an expense. For this purpose heaved up the questions of complication of management pumps, volume of metal, and economical estimation of the offered replacement at development of optimal configuration of the pumping setting, applicable for creation of safe technology of portage of нефтенпродуктов in the reserved volumes.*

*Keywords:* replacement of pumps, management, volume of metal, supernumerary situation, economic evaluation of development.

### Введение

При проектировании насосной станции, которая работает в широком диапазоне подачи:  $Q = 150 \dots 4000 \text{ м}^3/\text{ч}$  и предназначена для погрузки жидких нефтепродуктов в танки судов или в объемы береговых нефтехранилищ, возникает вопрос о целесообразности применения группы насосов в сравнении с одним или двумя насосами, по расходу заменяющих группу.

В связи с этим, возникает необходимость исследовать не только возможность плавного изменения подачи в заданном диапазоне, параметры напора, но сложность и стоимость разработки, а также условия проектирования.

Это, в свою очередь, поднимает следующие вопросы: металлоемкости создаваемой системы, качества исполнения гидродинамического канала транспортирования нефтепродукта, сложности управления его траффиком, электростатики и гидродинамики перекачиваемого нефтепродукта, структуры и управляемости рассматриваемого процесса и т.д..

### Постановка задачи исследования

Исследовать применение группы насосов в технологии транспортирования по следующим вопросам:

- повышение сложности управления уровнем расхода;
- увеличение металлоемкости насосной установки;
- возникновение внештатных проблем в ее работе;
- экономическая оценка предлагаемой замены.

### Цель исследования

Определение возможности замены мощных одно-, двухнасосных систем несколькими насосами для достижения плавного и безопасного регулирования подачей в широком диапазоне расхода при транспортировании нефтепродукта между замкнутыми объемами.

### Исследование проблемы

Управление уровнем расхода транспортируемого нефтепродукта при изменении количества насосных установок (НУ) указывает на изменение гидродинамических свойств новой системы и требует проведения дополнительного анализа и расчета ее характеристик [1]. Изменение режима работы НУ требует исследования зависимости выходных подач  $Q$  и давления  $P$  в потоке

транспортируемой жидкости, а также ряда возмущающих воздействий, присущих процессам переключения, увеличения или уменьшения уровня расхода, закрытия и открытия задвижек и систем байпаса.

В качестве примера предлагается рассмотреть качественный характер изменения гидродинамических параметров системы, представленной тремя насосами (рис.1) [1], где также рассмотрен алгоритм функционирования НУ.

В процессе управления НУ на двигатели подают напряжение с регулируемой частотой от установки преобразования. Способ подключения двигателей к сети или установке осуществляется по мере выхода двигателя насоса на рабочий режим. При достижении этого рабочего режима двигателем насоса, происходит переключение клемм питания этого двигателя от установки тиристорного преобразователя частоты (ТПЧ) к питающей сети стандартной частоты. Далее происходит подключение двигателей следующего насоса группы к установке ТПЧ, где происходит постепенное увеличение оборотов на валу подключенного к нему двигателя следующего насоса и постепенный выход этого двигателя на рабочий режим и т.д.

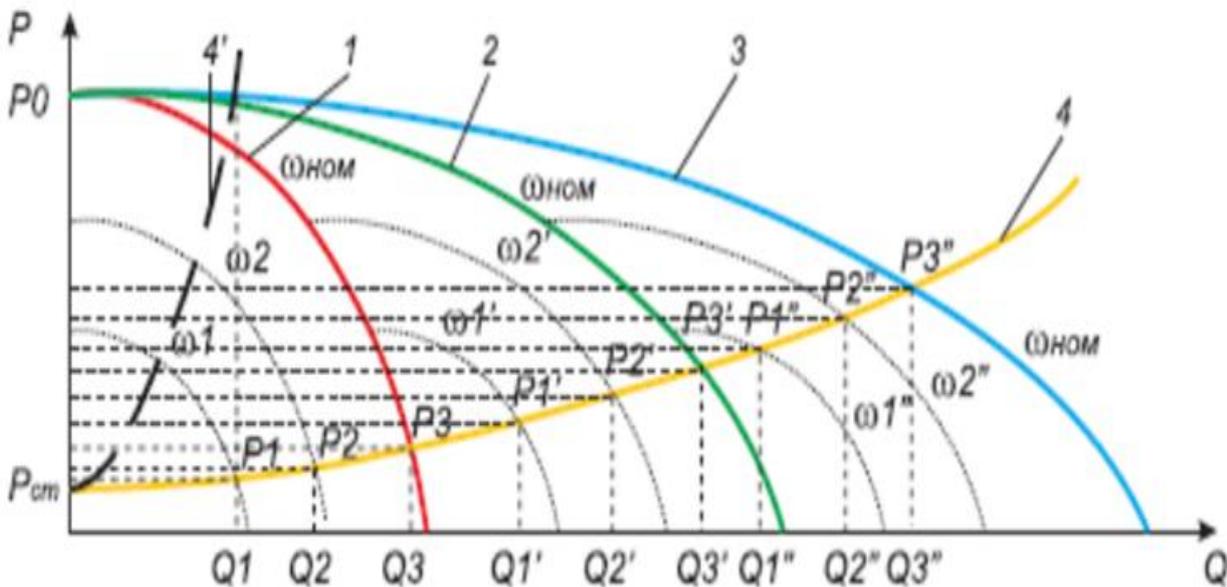


Рис. 1. Комбинированное регулирование режима работы трех насосов

Представленная технология управления обладает достаточной простотой [1].

Однако при появлении внештатной ситуации, связанной с резким повышением тока заряжения  $I_3$  в трубопроводе (потоке нефтепродукта), способ остановки системы насосов будет определяться гидродинамикой системы транспортирования, т.е. разницей уровня заполнения в резервуаре, уровня положения самих насосов и величиной расхода в данный момент времени, что не отражено и не исследовано в данной технологии [1].

При использовании насосов с большим диапазоном расхода процесс остановки занимает продолжительное время. Это временное состояние технологии не удовлетворяет условиям техники безопасности при проведении скоростного заполнения объемов [2].

Следует также заметить, что в качестве энергоустановок насосов применяют машины переменного тока, а следуя правилам безопасности, требуется разработка либо выбор защищенной конструкции этих машин, что связано с дополнительными затратами проектирования.

Остановка НУ в начальный момент заполнения или в процессе перекачки также может вызвать гидроудар, что противоречит обязательным условиям технологии заполнения нефтепродуктов.

Гидроудар может быть вызван и другими способами регулирования подачей. Например, дросселированием, отводом части потока жидкости во вводной трубопровод, резким ступенчатым регулированием. Для технологии транспортирования нефтепродуктов эти способы регулирования непригодны, поскольку могут вызвать выделение накопленного заряда в заполненном слое объема нефтепродукта [2].

Для разрешения этой проблемы в технологии необходимо предусмотреть автоматическую систему закрытия заслонок, на пути потока нефтепродукта, в процессе снижения его скорости движения и дальнейшей остановки.

Вместе с этим, перечисленные способы управления потоком имеют также и преимущества, в случае заполнения под слой жидкости (входной патрубок расположен в придонной части заполняемого резервуара).

Встречный поток заполненной жидкости в момент внештатной ситуации, компенсирует энергию движения нагнетаемого потока и позволяет вовремя закрыть задвижку (провести операцию дросселирования) без возникновения гидроудара по условию достижения равенства давления нагнетания и уровня напора. В свою очередь, для этого потребуются расчет времени закрытия задвижки, а при использовании автоматической системы управления, наличие датчиков давления по обе стороны задвижки, расположенной на нагнетаемом патрубке.

Рассмотренная концепция управления насосами позволяет создать коллектор забора и нагнетания потока нефтепродукта, который осуществляет транспортировку жидкости между объемами всасывания и нагнетания в необходимом диапазоне подачи. При этом регулирование уровня расхода в потоке может осуществляться плавно.

Наряду с этим следует отметить, что количество насосов с низким диапазоном подачи резко возрастает, следовательно: растет общая металлоемкость НУ, усложняются способы регулирования данной системой, увеличивается время остановки системы и усложняется технология управления насосной станцией во внештатной ситуации по сравнению с технологией, осуществляющей управление потоком нефтепродукта, с помощью одного насоса.

Вместе с тем достижение необходимых характеристик НУ при плавном регулировании подачей в широком диапазоне, вызывает необходимость применения нескольких насосов, которые следует выбирать по одинаковому напору для достижения заполнения уровня объема.

Дополнительно следует учесть технологическую последовательность запуска (в случае использования 2-х насосов) основного насоса в момент выхода первичного насоса на проектную производительность. Технология не должна создавать гидроударов, а значит должна содержать гидродинамические системы компенсации.

При использовании только одного насоса в НУ минимальный уровень расхода начинается с величины отличной от нуля, что иногда не состыковывается с режимами технологии заполнения объемов с большой скоростью [2, 3, 4].

В результате проектирования насосных установок с расходом широкого диапазона требуются дополнительные затраты, которые окупаются за счет ускорения технологического процесса транспортирования. Время заполнения является решающим фактором стоимостной оценки предлагаемой замены для получения оптимальных параметров технологии перегрузки. В качестве примера можно показать: простой погрузки танкера возле причала в течение 1-го часа исчисляется в валюте евро € цифрой с 5-ю нулями.

При этом возникающие финансовые затраты на привлечение технологий с использованием пожарных средств обеспечения нормального функционирования процесса перегрузки, а также простой насосных систем диктуют тенденцию изменения современной технологии транспортирования нефтепродуктов в замкнутые объемы. Она заключается в определении и применении безопасных режимов заполнения [2] и привлечении дополнительных затрат на разработки коллекторных (гидравлических) систем с несколькими насосными установками. Все эти шаги позволяют осуществлять плавное и безопасное регулирование расходом в широком диапазоне величин в процессе заполнения больших объемов нефтепродуктами.

### Выводы

Исследование проблемы замены одно и двух насосной системы на системы с большим числом насосов, показало:

- повышение сложности управления расходом насосной установки в рабочем и внештатном режимах;
- необходимость разработки системы управления переключением силовых клемм питания асинхронных двигателей между частотным регулятором и стандартной питающей сетью;
- снижение времени остановки насосов во внештатном режиме при использовании двигателей с меньшими массами и моментами инерции;
- способность получения плавного регулирования режимами расхода с использованием только одной установки частотного управления электроприводом, наряду с ростом общей металлоемкости и стоимости системы транспортирования нефтепродукта между емкостями;
- что разработка частотного регулятора будет проще и рассчитана на меньшую мощность потребления, а значит и стоимость.

Таким образом, замена одно- и двухнасосной системы на три и более насоса, позволяет регулирование режимов, которые удовлетворяют условию безопасного проведения технологического процесса перегрузки жидкого нефтепродукта.

#### Литература

1. Копырин В.С., Бородацкий Е.Г. Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода / В.С. Копырин, Е.Г. Бородацкий // Силовая электроника. – №2.– 2006. – С. 19-22.
2. Кириллов О.Л. Автоматизация процесса управления системами перегрузки жидких нефтепродуктов со слабой проводимостью в замкнутые объемы: дис. на получение науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.07 / Кириллов Олег Леонидович. – Херсон., 2011. – 134 с.
3. Максимов Б.К., Обух А.А., Тихонов А.В. Электростатическая безопасность при заполнении резервуаров нефтепродуктами. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 154с.
4. Галка В.Л. Электростатическая безопасность нефтеналивных судов и кораблей. – СПб.: Элмор. 1998. – 188 с.

#### References

1. Kopyrin V.S., Bodatzkiy E.G. Automation of the pumping station with the use of the frequency-managed electromechanic / of V.S. Kopyrin, E.G. Bodatzkiy // Power electronics, №2, 2006.- p.19-22.
2. Kirillov O.L. Automation of process of management the systems of overload of hydrocarbon oils with weak conductivity in the reserved volumes: Thesis. on the receipt of science. degrees of p.h.d.: special. 05.13.07 / Kirillov Oleg Leonidovich. it is Kherson., 2011. - 134 p.
3. Maksimov B.K., Obuh A.A., Tihonov A.V. Electrostatic safety at filling of reservoirs oilproducts. - M.: Energoatomizdat, 1989. – 154p. (in Russian)
4. Galka V.L. is Electrostatic safety of carrying oil courts and ships. - SPb.: Elmor. 1998. – 188 p.