

УДК 629.012

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПОРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВОГО НАСОСА LEO APm 37

А.В. Кикот

## RESEARCH OF THE PRESSURE HEAD CHARACTERISTIC OF THE WHIRLWIND PUMP LEO APm 37

A.V. Kikot

**Аннотация.** Представлены некоторые результаты экспериментальных исследований, проведенные на лабораторной установке трубопровода с насосной подачей. Показана возможность получения напорной характеристики насоса APm37 при его одиночной работе, при параллельной работе двух одинаковых насосов APm37, при последовательной работе насосов в сети. Установка находится в лаборатории кафедры техносферной безопасности и природообустройства Калининградского государственного технического университета.

**Ключевые слова:** экспериментальный стенд; трубопровод с насосной подачей; горизонтальные консольные насосы APm37; напорная характеристика.

**The summary.** Some results of experimental researches lead on laboratory installation of the pipeline with pump submission are presented. The opportunity of reception of the pressure head characteristic of pump APm37 is shown at its single work, at parallel work of two identical pumps APm37, at consecutive work of pumps in a network. Installation is on faculty techno - safety and nature arrangement the Kaliningrad State Technical University.

**Keywords:** the experimental stand; the pipeline with pump submission; horizontal console pumps APm37; the pressure head characteristic.

Трубопровод с насосной подачей представляет собой сложную инженерную конструкцию, в которую кроме насоса входит арматура различных типов. Установка арматуры на трубопроводе показана на рисунке 1:

- 1 – приемный клапан с сеткой на всасывающем трубопроводе;
- 2 – задвижка на всасывающем трубопроводе, в случае установки насоса ниже уровня воды в приемном резервуаре;
- 3 – вакуумметр для определения вакууметрической высоты всасывания (устанавливается перед входом жидкости в насос);
- 4 – кран в верхней части корпуса насоса (если насос центробежный) для выпуска воздуха при заливке;
- 5 – манометр для определения напора, развиваемого насосом (устанавливается сразу за насосом на напорном трубопроводе);
- 6 – обратный клапан на напорном трубопроводе, не допускающий обратного движения воды из трубопровода при неработающем насосе;
- 7 – задвижка на напорном трубопроводе для отключения насоса или регулирования подачи и напора;
- 8 – расходомер;
- 9 – предохранительный клапан для защиты насосной установки от гидравлического удара.

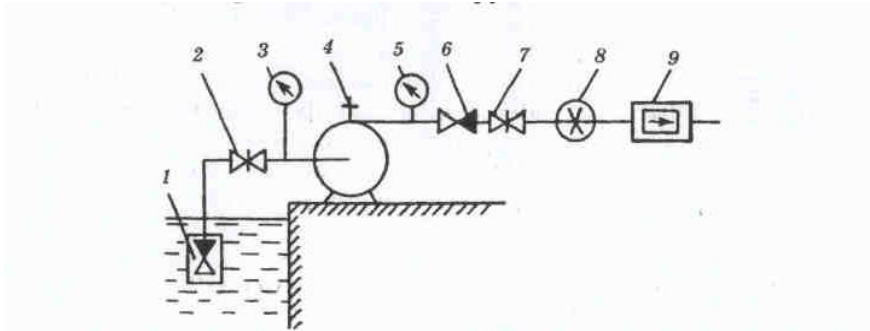


Рисунок 1 – Схема трубопроводной системы с насосной подачей [1]

Эта же арматура и в таком же порядке была использована в экспериментальной установке для определения графических характеристик вихревого насоса АРm37 (лаборатория кафедры техносферной безопасности и природообустройства Калининградского государственного технического университета). Фотографии установки приведены на рисунке 2.

Рабочие характеристики насоса – это три зависимости типа  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$ ,  $\eta = f(Q)$ , где  $H$ ,  $N$ ,  $\eta$  – напор, мощность, коэффициент полезного действия как функции подачи  $Q$ . Характеристики насосов, как правило, определяют на специальных экспериментальных стендах заводов-изготовителей. Основной характеристикой является напорная  $H - Q$  [2].



Рисунок 2 – Фотографии лабораторной установки для исследования работы вихревых насосов

Результаты отдельных опытов на данной установке были представлены в статье [3]. Здесь эта работа будет продолжена.

Измерительные приборы установки: манометры, вакууметр и расходомеры. Обработка снятия показаний проводилась по двум процедурам: первая процедура – определение подачи насосов  $Q$ ; вторая процедура – определение манометрического напора насосов  $H$ .

Определение подачи насоса  $Q$  связано с работой двух приборов: расходомера, который фиксирует объем воды, проходящей по трубопроводу за определенный промежуток времени, и секундомера, который замеряет время прохождения этого объема. Замеры по секундомеру проводились в три этапа в соответствии с данными таблицы 1, в которой 1,2,3 обозначено число оборотов большой стрелки секундомера.

Таблица 1 – Определение расхода воды, протекающего по трубопроводу через один из насосов

Объем $W$ , м <sup>3</sup>	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
$t_1$ , с	2,33	4,46	6,61
$t_2$ , с	2,43	4,56	6,65
$t_3$ , с	2,18	4,57	6,16
$t_{cp}$ , с	2,31	4,57	6,47
Время одного оборота	2,31	2,27	2,15
Среднее время одного оборота	2,24	Расход $Q = 1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$	

Таким образом, для получения заданного расхода  $Q$  было сделано девять замеров времени. Достаточность этого количества замеров проверяли сравнением манометрического напора насоса, полученного экспериментально и по паспортной характеристике.

Паспортные характеристики вихревых насосов LEO APm приведены на рисунке 3.

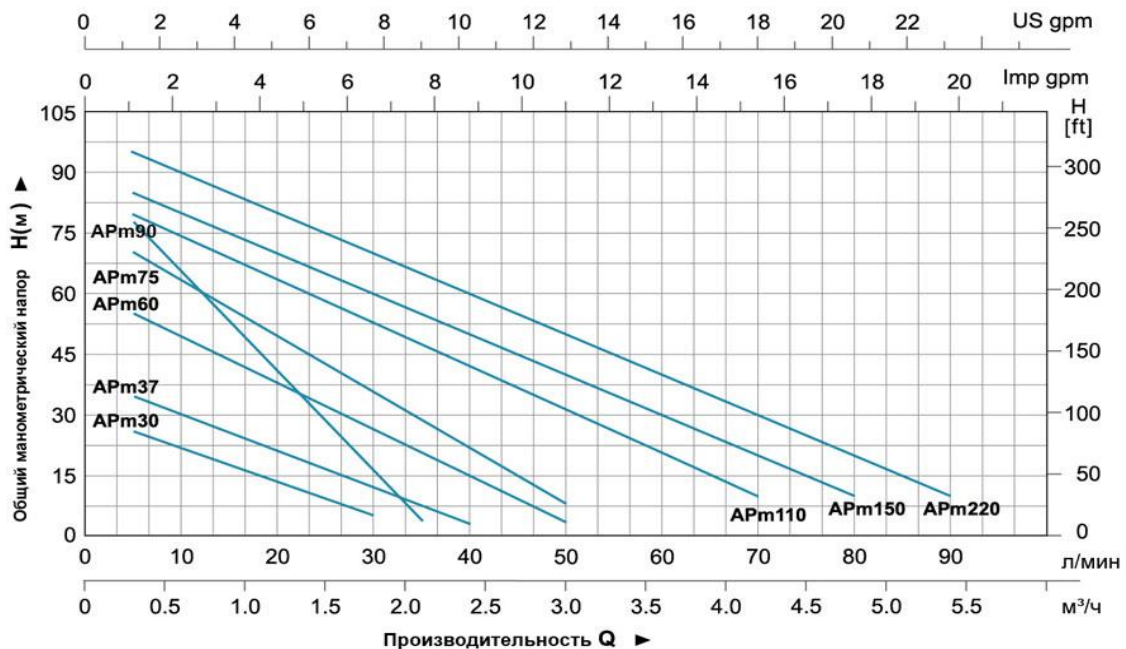


Рисунок 3 - Напорные характеристики насосов LEO APm [4]

Подаче  $Q = 1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$  насоса APm37 соответствует на напорной характеристике манометрический напор  $H = 14 \text{ м}$ . Для определения экспериментального напора использовали показания вакууметра, установленного перед насосом во всасывающем трубопроводе, и манометра, установленного сразу за насосом на напорном трубопроводе. Определение манометрического напора по показаниям приборов было выполнено по формуле (1):

$$H_{\text{ман}} = \frac{P_M - P_B}{\rho g} + (Z_M - Z_B), \quad (1)$$

где  $P_M$  и  $P_B$  – показания манометра и вакуумметра соответственно;  
 $Z_M$  – расстояние от оси насоса до места установки манометра по высоте;  
 $Z_B$  – расстояние от оси насоса до места установки вакуумметра по высоте;  
 $\rho = 998,2 \text{ кг/м}^3$  - плотность воды при температуре  $20^\circ \text{C}$ ;  
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

$$H_{\text{ман}} = \frac{(0,1 + 0,04) \cdot 10^6}{998,2 \cdot 9,81} + 0,2 = 14,5 \text{ м}$$

Относительная погрешность манометрического напора в полученной точке напорной характеристики составила  $\varepsilon = 3,5\%$ .

Напорная характеристика вихревого насоса представляет собой прямую линию, которую можно построить по двум точкам. Одна точка уже есть, а вторая точка – это  $H_0$  при  $Q = 0$ . Для получения манометрического напора  $H_0$  была полностью закрыта задвижка сразу за насосом на напорном трубопроводе и сняты показания манометра на нем (таблица 2).

Таблица 2 – Определение манометрического напора  $H_0$  при  $Q = 0$

№ замера	1	2	3	4
$P_M$ , МПа	0,4	0,46	0,43	0,44
$P_{\text{ср}}$ , МПа	0,43			
$H_{0\text{ср}}$ м	44,2			

Значение  $H_0$  по паспортной диаграмме (рисунок 3) составляет 41,6 м. По результатам эксперимента относительная погрешность в этой точке составила  $\varepsilon = 6,0\%$ . Для получения более точного результата желательно увеличить количество замеров.

Таким образом, получение напорной характеристики отдельно взятого насоса на данной установке вполне возможно при соответствующем перекрытии запорной арматуры.

На лабораторной установке кафедры можно исследовать работу не только одиночного насоса, но и работу двух одинаковых насосов, включенных параллельно или последовательно.

Результаты измерений и вычислений максимальной подачи каждого насоса и расхода в магистральной общей трубе при параллельной одновременной работе двух насосов приведены в таблице 3. Анализ данных в таблице 3 показал, что подача воды через каждый насос практически одинакова и составляет 1,134 и 1,152  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Подача воды в общий трубопровод должна быть равна сумме этих двух значений, а именно 2,286, что соответствует показанию расходомера на общем трубопроводе. Подача каждого из насосов в таблице 3 меньше подач при их раздельной работе (таблица 1) при прочих равных условиях. Это происходит из-за увеличения общего расхода воды, подаваемой в систему, «возрастают потери напора, а следовательно, увеличивается и напор, необходимый для подачи данного расхода, что влечет за собой уменьшение подачи каждого насоса» [5].

Данные для определения манометрического напора приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты измерений и вычислений подачи насосов при максимальном открытии кранов на всасывающем трубопроводе и задвижек на напорных трубопроводах

№ опыта	Объем $W$ , м <sup>3</sup>	Время $t$ , с	Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /ч
1	$1 \cdot 10^{-3}$	3,27		
2		3,15		
3		3,11		
Насос №1	$t_{cp}$	3,17	$0,315 \cdot 10^{-3}$	1,134
1		2,95		
2		3,19		
3		3,19		
4		3,16		
Насос №2	$t_{cp}$	3,12	$0,32 \cdot 10^{-3}$	1,152
1		1,6		
2		1,5		
3		1,6		
4		1,64		
Общий трубопровод	$t_{cp}$	1,58	$0,635 \cdot 10^{-3}$	2,28

Таблица 4 – Определение манометрического напора в исследуемой точке при максимальной подаче в трубопроводах

№п/п	Показания приборов	Насос №1	Насос №2	Общий трубопровод
1	$P_v$ , МПа	- 0,065	- 0,065	- 0,065
2	$P_M$ , Мпа	0,12	0,12	0,10
3	$Z_M - Z_V$ , м	0,2	0,2	0,2
4	$H_M$ , м	18,87	18,87	16,84

Опытные данные по манометрическим напорам не противоречат экспериментальным и теоретическим исследованиям по определению главной напорной характеристики параллельно работающих в системе насосов [5].

При последовательной работе двух одинаковых насосов будет увеличиваться напор при неизменной подаче. В эксперименте были проверены показания манометров, установленных на каждом насосе, при нулевой подаче (таблица 5).

Таблица 5 – Показания манометров при последовательном соединении насосов при нулевой подаче

№ насоса	Показания манометра $P_M$ , МПа	№ насоса	Показания манометра $P_M$ , МПа
1	0,47	2	0,96
$H_0$ , м	48	$H_0$ , м	97,03

При последовательной работе насос №1 подавал воду во всасывающий патрубок насоса №2, который далее подавал ее в напорную систему. Насосы одинаковые, поэтому манометрический напор на насосе №2 в два раза больше, чем у насоса №1, что соответствует выводам в справочной литературе [6].

Приведенные выше экспериментальные исследования легли в основу комплекса лабораторных работ по дисциплине «Насосы и насосные станции» для студентов, обучающихся по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование». Комплекс состоит из четырех работ.

Лабораторная работа №1 - разработка гидравлической схемы установки. Гидравлическая схема представляет собой элемент технической документации, на котором с помощью условных обозначений показана информация об элементах гидравлической системы и взаимосвязи между ними.

Лабораторная работа №2 – экспериментальное определение главной технической характеристики одного из вихревых насосов LEO APm37. Обучаемые определяют, какие задвижки нужно закрыть на стенде, чтобы в системе использовался для перекачки воды только один насос.

Лабораторная работа №3 – экспериментальное определение графических характеристик насосов, включенных в систему параллельно.

Лабораторная работа №4 – экспериментальное определение графических характеристик насосов, включенных в систему последовательно.

Вихревые насосы LEO APm предназначены для перекачивания или подачи воды из водоёмов, скважин, накопительных резервуаров. Как правило, они используются там, где необходимо обеспечить значительный напор при малых объёмах [7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Насосы, вентиляторы, кондиционеры: справочник / Е.М. Росляков, Н.В. Коченков, И.В. Золотухин и др. Санкт-Петербург: Политехника, 2006. 822 с.
2. Усаковский В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. Москва: Колос, 2002. 328 с.
3. Ахмедова Н.Р., Левичева О.И., Наумов В.А. Критерии подобия установок для перекачивания маловязких пищевых жидкостей вихревыми насосами // Известия КГТУ. 2022. № 66. С. 78-88.
4. Вихревые насосы APm [Электронный ресурс]. – URL: <http://leopumps.ru/1-1-1-4-peripheral-pump/> (дата обращения 01.06.2022).
5. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции: учебник. Москва: Издательство литературы по строительству, 1972. 207 с.
6. Минко В.А., Юров Ю.И., Овсянников Ю.Г. Нагнетатели в системах теплогазоснабжения и вентиляции: учебное пособие. Старый Оскол: ТНТ, 2009. 584 с.
7. Вихревые насосы Leo APm [Электронный ресурс]. URL: <https://iprom.by/katalog/nasosnoe-oborudovanie/vikhrevye-nasosy-leo/vikhrevye-nasosy-apm-leo.html> (дата обращения 20.05.2022).

#### REFERENCES

1. Roslyakov E.M., Kochenkov N.V., Zolotuhin I.V. et al. *Nasosy, ventilyatory, kondicionery: spravochnik* [Pumps, fans, conditioners: the directory]. Sankt-Peterburg: Politekhnik, 2006. 822 p.
2. Usakovskij V.M. *Vodosnabzhenie i vodootvedenie v sel'skom hozyajstve* [Water supply and water removal in an agriculture]. Moscow: Kolos, 2002. 328 p.
3. Ahmedova N.R., Levicheva O.I., Naumov V.A. *Kriterii podobiya ustanovok dlya perekachivaniya malovyazkih pishchevyh zhidkostej vihrevymi nasosami* [Criteria for similarity of installations for pumping low-viscosity food liquids by vortex pumps]. *Izvestiya KGTU*. 2022. No. 66, pp. 78-88.



4. *Vihrevye nasosy APm* [APm vortex pumps] [Electronic resource]. URL: <http://leopumps.ru/1-1-1-4-peripheral-pump/> (date of application 01.06.2022).
5. Lobachev P.V. *Nasosy i nasosnye stancii: uchebnik* [Pumps and pump stations: the textbook]. Moscow: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1972. 207 p.
6. Minko V.A., Yurov Yu.I., Ovsyannikov Yu.G. *Nagnetateli v sistemah teplogazosnabzheniya i ventilyacii: uchebnoe posobie* [Supercharger in systems for supply by gas and ventilation: the manual]. Staryj Oskol: TNT Publ., 2009. 584 p.
7. *Vihrevye nasosy Leo APm* [Leo APm vortex pumps] [Electronic resource]. URL: <https://iprom.by/katalog/nasosnoe-oborudovanie/vikhrevye-nasosy-leo/vikhrevye-nasosy-apm-leo.html> (date of application 20.05.2022).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Кикот Алла Владимировна*

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия, кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и природообустройства

E-mail: [alla.kikot@klgtu.ru](mailto:alla.kikot@klgtu.ru)

*Kikot Alla Vladimirovna*

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, Cand.Tech.Sci., the senior lecturer of faculty of Technosphere Safety and Environmental Management,

E-mail: [alla.kikot@klgtu.ru](mailto:alla.kikot@klgtu.ru)