

УДК 627.844

UDC 627.844

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНИИ  
РЕЦИРКУЛЯЦИИ НА ГОЛОВНЫХ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ  
СТАНЦИЯХ**

**ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE USE OF  
THE LINE OF RECIRCULATION AT THE  
HEAD MELIORATIVE PUMP STATIONS**

Ананьев Сергей Сергеевич

Ananyev Sergey Sergeevich

Тарасьянц Сергей Андреевич  
д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная  
мелиоративная академия», Новочеркасск, Россия

Tarasyants Sergey Andreevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
FSBEI HPI «Novocherkassk State Land Reclamation  
Academy», Novocherkassk, Russia

В приведенной статье рассмотрено экономическое обоснование использования линии рециркуляции на головных мелиоративных насосных станциях. Цель экономического расчета – сравнение работы одного агрегата в различных эксплуатационных вариантах. По результатам расчетов сделаны основные выводы

In the provided article, the economic justification of the use of the line of recirculation at the head meliorative pump stations is considered. The purpose of economic calculation is to compare the work of one unit in various operational options. According to the results of the calculations, the main conclusions are drawn

Ключевые слова: ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ ОСЕВОЙ НАСОС, ЛИНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ, КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ, КАВИТАЦИОННЫЙ ЗАПАС

Keywords: CIRCULATION AXIAL FLOW PUMP, RECIRCULATING LINE, ECONOMIC EFFECT, POWER CONSUMPTION, CAPITAL INVESTMENTS, CAVITATIONAL STOCK

Выбор наилучших способов и средств выполнения процессов производства работ осуществляется на основе расчётов сравнительного экономического эффекта внедрения нового технического решения взамен базового варианта.

Критерием эффективности вариантов технических решений является минимум приведённых затрат [1]

$$C + E_n K \text{ @ } min, \tag{1}$$

где  $C$  – текущие затраты (себестоимость выполнения технологических процессов), руб.;  $K$  – капитальные вложения на приобретение средств механизации или балансовая стоимость существующих основных производственных фондов, руб.;  $E_n$  – коэффициент эффективности капитальных вложений или основных производственных фондов.

При определении экономического эффекта от реализации технического решения, предназначенного для многих производственных организаций в

зависимости 1 применяют нормативный коэффициент эффективности  $E_n = 0,15$ , отражающий минимально необходимое снижение себестоимости на 1 руб. капитальных вложений.

Величина сравнительного годового экономического эффекта определяется по зависимости [1]:

$$\mathcal{E} = Q_G'' [C_y' - C_y'' + E_i (K_y' - K_y'')], \quad (2)$$

где  $Q_G''$  – годовой объём работ в натуральных измерителях; индекс «у» означает удельную величину себестоимости и капитальных вложений на единицу измерения объёма работ, с одним штрихом означает существующий (базовый) вариант, с двумя штрихами – новое техническое решения.

Экономическому сравнению подлежат варианты технических решений, которые в части их отрицательного влияния на условия труда рабочих и окружающую среду (уровень вибрации, шума, запылённости освещённости, вредных выбросов и т.д.) соответствуют действующим нормам. В случае, когда в каком-либо из вариантов параметры отрицательного воздействия выходят за пределы указанных норм, такой вариант не подлежит экономической оценке.

В случае, когда модернизация машин имеет целью ее универсализацию (возможность использования новых видов сменного оборудования), в качестве базы сравнения принимается выполнение технологических процессов с использованием аналогичной универсальной машины, выпускаемой отечественной промышленностью.

В настоящем экономическом расчете рассматривается не сравнение работы двух вариантов, базового и переоборудованного насосного агрегата, а сравнение работы одного агрегата в различных эксплуатационных вариантах.

Исследована головная мелиоративная насосная станция, укомплектованная осевыми насосами ОПВ2-110. С целью определения годового экономического эффекта и работы одного насосного агрегата от ввода насоса в эксплуатационный режим с оптимальным КПД методом повышения величины кавитационного запаса с помощью линии рециркуляции при пониженных уровнях воды в водоисточнике.

В процессе эксплуатации исследуемого агрегата ОПВ2-110 в условиях, когда в летний период наблюдается падение уровня воды в подводящем канале и насос работает в неустойчивом режиме с возможным минимальным КПД, для снижения кавитации насосного агрегата и повышения КПД разработана линия рециркуляции (рис. 1).

Затраты на разработку линии рециркуляции приняты ориентировочно в размере 1% от стоимости электронасосного агрегата – 250940 руб.

Энергетические показатели агрегата приведены в таблице 1, а графическая характеристика показана на рисунке 2.

Цель работы заключается в повышении кавитационного запаса  $Dh$  осевого насоса в случаях, когда уровень воды в водоисточнике падает ниже предельных возможностей агрегата. Параметр  $Dh$  называется кавитационным запасом, т.к. он представляет собой необходимое превышение механической энергии в потоке при входе в насос над давлением насыщенного пара при определенной температуре потока. Данный параметр называют избыточным напором всасывания. При уменьшении кавитационного запаса, развивается кавитация на лопастях рабочего колеса, что приводит к аварийным ситуациям. Известно, что величина степени заглубления или превышения оси рабочего колеса насоса  $H_c$  [2] определяется по зависимости:

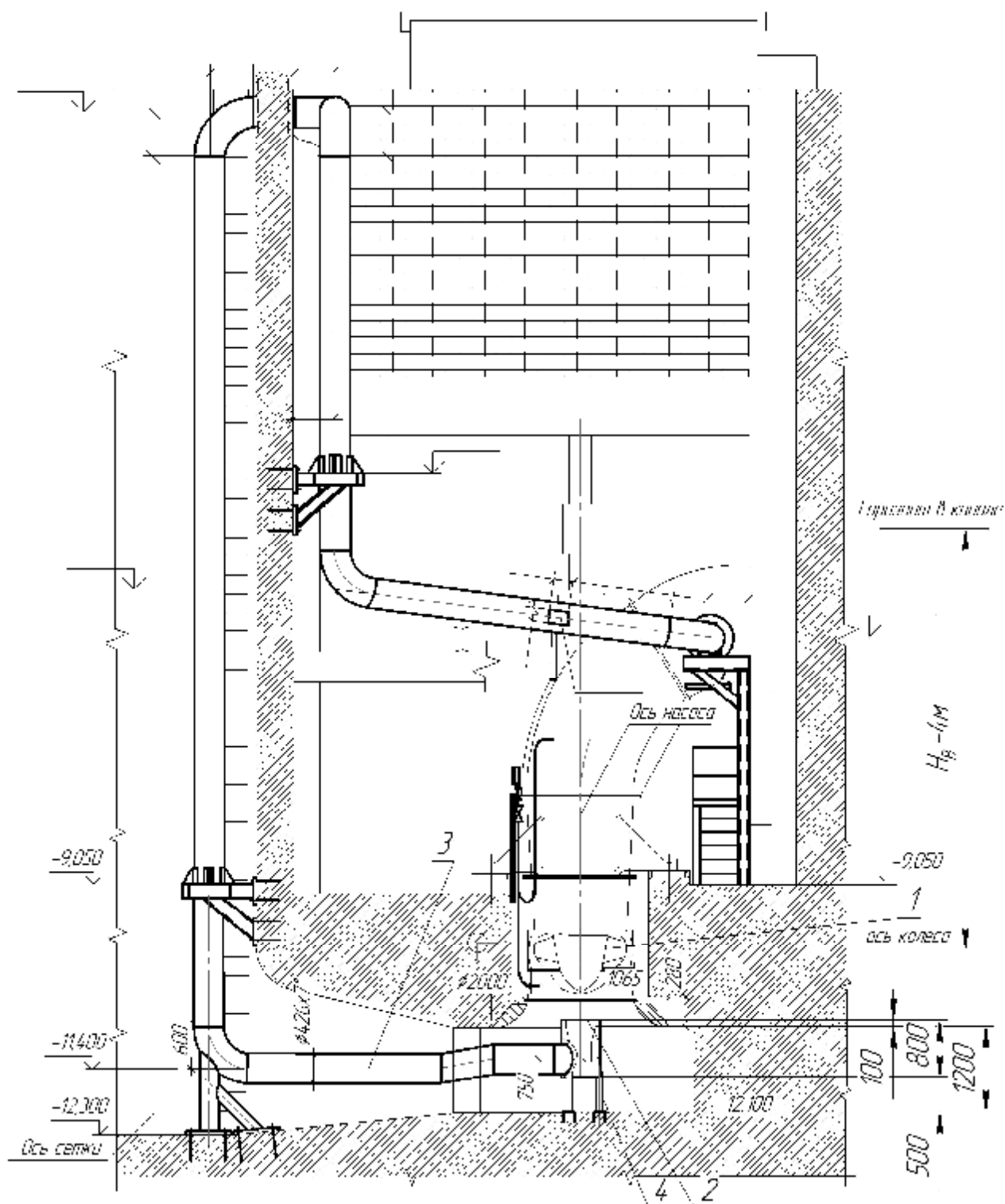


Рисунок 1 – Размеры и место установки кольцевого двухповерхностного струйного насоса:

1 – рабочее колесо насоса; 2 – кольцевой двухповерхностный струйный насос; 3 – трубопровод линии рециркуляции  $\varnothing 426$  мм; 4 – опора струйного насоса

Таблица 1 – Энергетические показатели исследуемого насоса ОПВ2-110

Наименование показателя	Показатели	
	Базовый вариант	Новые технич. решения
Агрегат	ОВ(ОПВ)-110	ОВ(ОПВ)-110М
Марка двигателя	ВАН143/51-12	ВАН143/51-12
Мощность двигателя, кВт	1000	1000
Типоразмер насоса ГОСТ 9366-71	ОВ(ОПВ)2-110	ОВ(ОПВ)2-110М
Число оборотов вала насоса, об/мин	485	485
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	18000	16200
Число дней работы в год, дн.	365	90
Обслуживающий персонал, чел./разряд	5/V	5/V
Цена оборудования, млн руб.,	25,094	25,0940
в том числе разработка линии рециркуляции, млн руб.	-	0,25

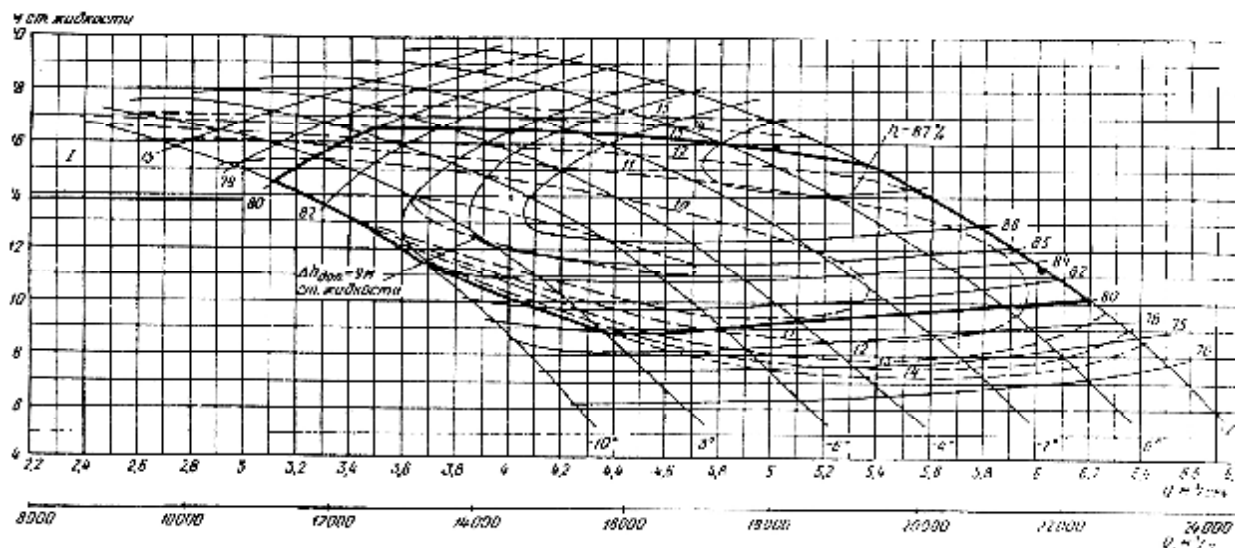


Рисунок 2 - Графическая характеристика насоса ОПВ2-110

$n = 485$  об/мин,  $D_{p.k} = 1100$  мм (Кавитационный запас  $Dh = 9$  м)

$$H_e = H_o - H_{н.ж.} - \Delta h - \frac{V_{ex}^2}{2g} - \sum hw_{ex} \quad (3)$$

где  $H_o$  - атмосферное давление в районе проведения исследований (10,33 м);

$H_{н.ж.}$  - давление насыщенных водяных паров перекачиваемой жидкости при  $t^0 = 20^0 \text{ C}$   $H_{н.ж.} = 0,24 \text{ м}$  [2];

$V_{ex}$  - скорость входа потока на рабочее колесо;

$\sum hw_{ex}$  - потери напора потока на входе при скорости  $V_{ex}$ .

Рассчитанные величины степени входа потока на колесо, суммарных потерь напора в приемной камере, КПД и кавитационного запаса взаимности от подачи рассчитанные по графической характеристике (см. рис. 2) представлены в таблице 2. Величины необходимой потенциальной энергии в зависимости от кавитационного запаса в таблице 3.

На рисунке 3 показана зависимость энергетических параметров насоса от кавитационного запаса  $Dh$  [3]. Анализ таблиц 2, 3 и рисунка 3 показывает, что при величине кавитационного запаса от 2,5 м при подаче 7000 м<sup>3</sup>/ч до 8 м, при подаче 11000 м<sup>3</sup>/ч КПД колеблется от 0,2 до 0,75. Сравнение потребляемой мощности насоса в зависимости от КПД и кавитационного запаса приведено в таблице 3, а величина потребляемой мощности насоса в зависимости от КПД приведена в таблице 4.

Расчет потребляемой мощности насоса проведен по известной зависимости [2]:

$$N_n = \frac{9,8Q_n H_n}{\eta_{нас}} \text{ (кВт)},$$

где 9,8 - переводной коэффициент;  $Q_n$  - подача насоса, м<sup>3</sup>/с;  $H_n$  - подача насоса, м;  $\eta_{нас}$  - КПД насоса.

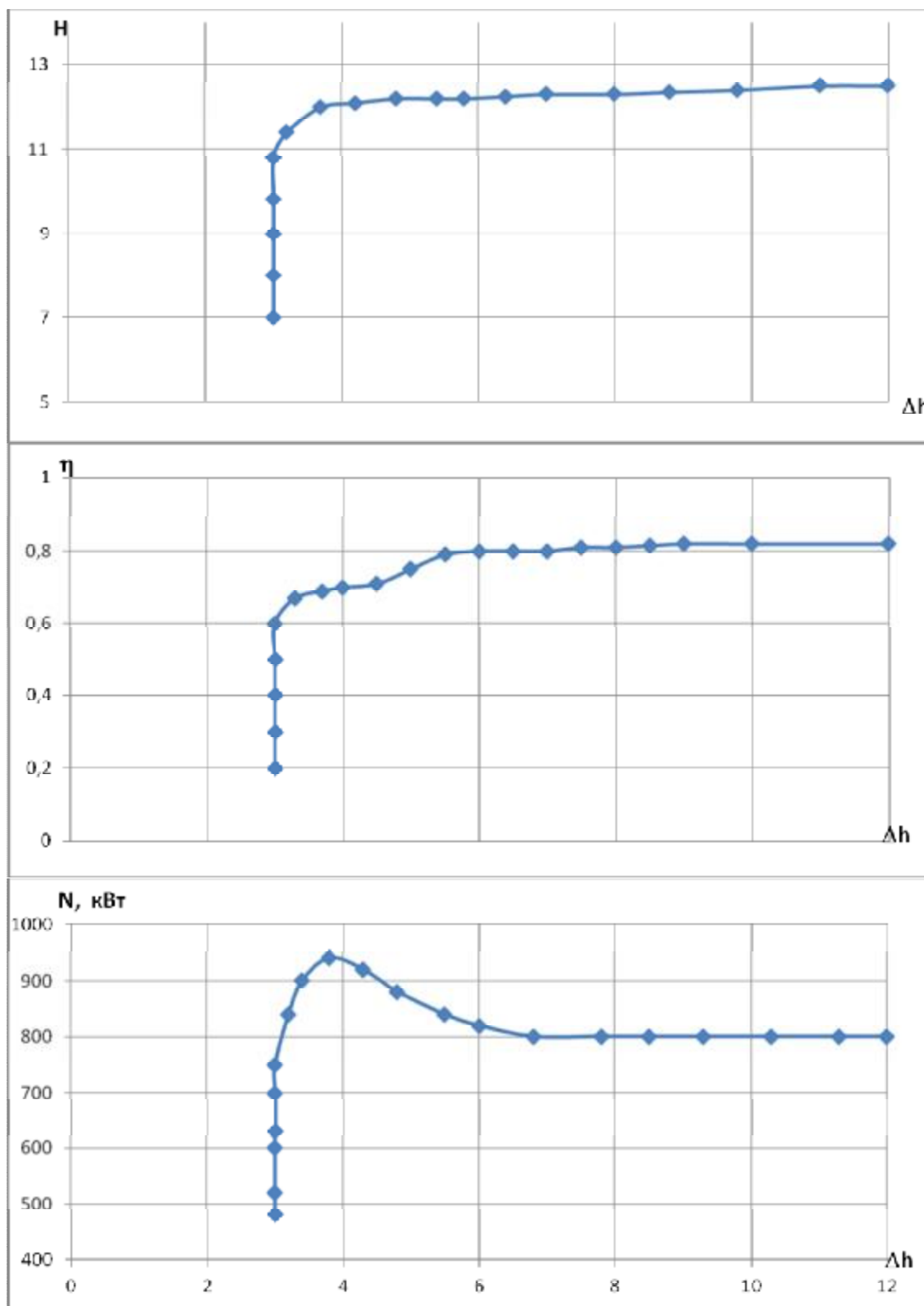


Рисунок 3 - Зависимость энергетических параметров насоса ОПВ2-110 от кавитационного запаса  $Dh$  (Избыточный необходимый напор всасывания, превышение энергии в потоке над давлением насыщенного пара)

Таблица 2 - Величины скорости входа потока на колесо и суммарных потерь напора на входе КПД и кавитационного запаса в зависимости от подачи (угол поворота лопаток 0°)

Подача насоса,		Кавитационный запас, $Dh$ , м	КПД, $\eta$	Напор, м	Скорость входа потока, м/с	Мощность, кВт	Суммарные потери напора на входе, м
м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /с						
7000	1,94	2,5 (срыв)	0,2	14,0	2,04	1330,8	0,41
8000	2,22	3,7	0,65	12,0	2,33	950	0,52
9000	2,50	4,0	0,68	11,5	2,63	970	0,66
10000	2,77	6,0	0,70	11,0	2,91	800	0,82
11000	3,05	8,0	0,75	10,7	3,21	800	0,99
12000	3,33	8,5	0,80	10,5	3,50	900	1,19
13000	3,60	9,0	0,81	10,0	3,79	950	1,38
14000	3,88	9,5	0,81	9,50	4,08	970	1,61
15000	4,16	10,0	0,82	9,0	4,38	1000	1,86
16000	4,44	10,5	0,82	8,50	4,67	1050	2,13
17000	4,72	11,0	0,83	8,40	4,97	1100	2,40
18000	5,00	12,0	0,84	8,20	5,26	1100	2,70

Таблица 3 - Величины необходимой потенциальной энергии потока в зависимости от кавитационного запаса

Подача насоса,		Кавитационный запас, $Dh$ , м	Необходимая величина заглупления оси колеса, м (ф. 5.3)	Скоростной напор входа $V^2/2g$ , м	Остаточная величина потенциальной энергии потока, м
м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /с				
1	2	3	4	5	6
7000	1,94	2,5	+6,86	0,21	-6,65
8000	2,22	3,7	+5,6	0,27	-5,33
9000	2,50	4,0	+5,08	0,35	-4,73
10000	2,77	6,0	+2,84	0,43	-2,41
11000	3,05	8,0	+0,58	0,52	-0,06



Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
12000	3,33	8,5	-0,22	0,62	+0,84
13000	3,60	9,0	-1,02	0,73	+1,75
14000	3,88	9,5	-1,86	0,84	+2,70
15000	4,16	10,0	-2,74	0,97	+3,70
16000	4,44	10,5	-3,65	1,11	+4,76
17000	4,72	11,0	-4,56	1,25	+4,90
18000	5,00	12,0	-6,02	1,41	+7,43

Таблица 4 - Фактическая величина потребляемой мощности насоса в зависимости от кавитационного запаса

Подача насоса,		Кавитационный запас, <i>Dh</i> , м	Напор, м	КПД, $\eta$	Потребляемая мощность, кВт
м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /с				
7000	1,94	2,5 (срыв)	14,0	0,2	1330,8
8000	2,22	3,7	12,0	0,65	870,2
9000	2,50	4,0	11,5	0,68	414,3
10000	2,77	6,0	11,0	0,70	426,5
11000	3,05	8,0	10,7	0,75	
12000	3,33	8,5	10,5	0,80	426,4
13000	3,60	9,0	10,0	0,81	435,5
14000	3,88	9,5	9,50	0,81	445,9
15000	4,16	10,0	9,0	0,82	447,4
16000	4,44	10,5	8,50	0,82	451,0
17000	4,72	11,0	8,40	0,83	468,1
18000	5,00	12,0	8,20	0,84	478,3

Анализ таблицы 4 показывает, что фактическая величина потребляемой мощности при кавитационном запасе 2,5 м, необходимой величине заглубления +6,86 м (превышение оси колеса над горизонтом водоисточника и остаточной величине потенциальной энергии -6,65 (фактическое разрежение перед колесом, см. табл. 3), а потребляемая мощность насоса составляет 1330,8 кВт, а величина КПД равна 0,2. Наступает режим кавитации, при котором возрастает потребляемая мощность, падает КПД, нарушается равномерный режим работы двигателя. Кроме этого из таблицы 4 видно, что при кавитационном режиме потребляемая мощность превышает номинальную в 1,3 раза. В случае, когда уровень воды в засушливые годы падает до критического уровня (в расчетном случае могут быть падения до 90 дней - (2160 часов) июнь, июль, август) подача осевого насоса на мелиоративных станциях может прекратиться, что влечет за собой прекращение орошения на тысячах гектарах, а в некоторых случаях нагрузка на двигатель увеличится в 1,3-1,5 раза, т.е. перерасход энергии на станции с одним осевым насосом ОПВ2-110 составит

$$(1330,8 - 870,2) 2160 = 994896 \text{ кВт.час}$$

Экономический эффект при стоимости 1 кВт. часа 3,08 руб. составит 3064296 руб. С учетом стоимости материалов и монтажа линии рециркуляции 3,83 млн. руб.

#### Выводы

1. Снижение величины кавитационного запаса в головных мелиоративных насосных станциях укомплектованных осевыми насосами, приводит к понижению КПД насосов, увеличению потребляемой мощности двигателем, срыву работы всей системы.

2. Кавитационный режим насоса ОПВ2-110 наступает при величине кавитационного запаса 2,8 м при этом КПД достигает 0,2, а потребляемая мощность увеличивается в 1,3 раза по сравнению с оптимальной, при максимальном КПД

3. При увеличении кавитационного запаса от 2,5 до 12,0 м, степень заглубления оси исследованного насоса увеличивается и при подаче 18000 м<sup>3</sup>/ч достигает 6,02 м.

4. В случае трехмесячного использования линии рециркуляции, в наиболее засушливые месяцы, экономия электроэнергии одним насосным агрегатом ОПВ2-110 может достигнуть 1 млн. кВт часов или в денежном выражении до 3 млн. рублей.

#### Список литературы

1. Инструкция по определению экономической эффективности использования строительной техники, изобретений и рационализаторских предложений. //Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1979. С. 31
2. Лысов К.И., Чаюк И.А., Мускевич Г.Е. Эксплуатация мелиоративных насосных станций. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. С. 15
3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986. С. 46