

УДК 621.314

Н.И. Сотник<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
В.С. Бойко<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф.

1 – Сумской государственной университет, г. Сумы, Украина, e-mail: nsotnik@mail.ru

2 – Национальный технический университет Украины „Киевский политехнический институт“, г. Киев, Украина, e-mail: vsboiko@bigmir.net

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ КАК КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ДИАПАЗОНА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

N.I. Sotnik<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
V.S. Boiko<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor

1 – Sumy State University, Sumy, Ukraine,  
e-mail: nsotnik@mail.ru

2 – National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute,” Kyiv, Ukraine, e-mail: vsboiko@bigmir.net

## ENERGY EFFICIENCY OF THE ELECTRIC MOTOR AS A CRITERION FOR ELECTROMECHANICAL AGGREGATES WORKING RANGE SELECTION

**Цель.** Обосновать диапазоны энергоэффективного использования электронасосных агрегатов, а также оценить возможность и необходимость их модернизации путем представления электронасосных агрегатов как единого электромеханического комплекса.

**Методика.** На базе результатов проведенного математического моделирования рабочего процесса приводного электродвигателя и центробежного насоса определены энергетические параметры функционирования электронасосного агрегата: подача, напор, зоны равных значений коэффициента полезного действия насоса и электронасосного агрегата при условии стабилизации скорости вращения рабочего колеса и изменения геометрии выходной части его лопасти.

**Результаты.** Определены оптимальные диапазоны использования электронасосных агрегатов, разработаны варианты технических решений их модернизации. Показано взаимное влияние составляющих элементов электронасосного агрегата на результирующую эффективность потребления электрической энергии приводными электродвигателями. Проведено зонирование поля рабочих характеристик электронасосного агрегата с учетом коэффициента загрузки приводных электродвигателей, коэффициента полезного действия агрегата. Выведен критерий оценки диапазона использования электронасосного агрегата, исходя из загрузки приводного электродвигателя.

**Научная новизна.** Разработан новый подход к оценке эффективности использования энергии электронасосным агрегатом в пределах поля его рабочих характеристик с учетом взаимного влияния рабочего процесса приводного электродвигателя и насоса на результирующие показатели работы агрегата.

**Практическая значимость.** Предложенное зонирование поля рабочих характеристик электронасосного агрегата позволяет определить диапазон энергоэффективного использования в его базовой комплектации, границы и необходимость проведения модернизации путем замены приводного электродвигателя или рабочего колеса насоса в зависимости от энергетических параметров агрегата.

**Ключевые слова:** электродвигатель, энергоэффективность, КПД, насос, подача, напор, загрузка

**Постановка проблемы.** Изменение технологических процессов и регламентов производств, потребляющих большое количество электрической энергии для перекачивания воды, зачастую влечет за собой необходимость изменения и регулирования подачи воды электронасосными агрегатами насосных станций в составе систем оборотного водоснабжения.

Изменение энергетических параметров (подачи и напора) электронасосных агрегатов в свою очередь приводит к изменению режимов работы и нагрузки приводных электродвигателей, которыми комплектуются насосные агрегаты. Режимы работы таких

электронасосных агрегатов не всегда оптимальны и зачастую характеризуются низким коэффициентом полезного действия (КПД) агрегата в целом, что влечет за собой нерациональное потребление электрической энергии. Поэтому возникает вопрос оценки целесообразности (границы) использования в технологическом процессе водоподачи, который изменяется под необходимые условия основного производственного процесса, существующих приводных электродвигателей и насосного оборудования.

**Выделение нерешенной проблемы.** Основными энергетическими показателями работы электродвигателей, которые указываются в паспорте, являются: мощность  $P_{ном}$  при номинальной нагрузке электро-

двигателя; номинальное напряжение  $U$ ; номинальный ток  $I$ ; коэффициент полезного действия (КПД)  $\eta_{el}$ ; коэффициент мощности  $\cos \varphi$ ; скорость вращения ротора  $n$  и другие параметры. Основные показатели работы насоса – подача  $Q$ , напор  $H$ , коэффициент полезного действия (КПД)  $\eta_{pump}$ , мощность на валу насоса  $P_{pump}$  и др. Если электродвигатель работает в составе электронасосного агрегата, то рабочая мощность  $P_M$  будет изменяться в соответствии с закономерностями изменения мощности на валу насоса  $P_{pump}$ . Изменение  $P_{pump}$  в первую очередь зависит от изменения подачи насоса  $Q$ , т. е.

$$P_M = f(P_{pump}),$$

а ее величина будет определяться напором  $H$  и величиной потерь энергии во всех составляющих элементах агрегата. Мощность насоса  $P_{pump}$  может изменяться в довольно широком диапазоне. При выборе электрического двигателя для работы в составе насосного агрегата обычно руководствуются правилом равенства мощности на валу насоса в точке его работы с максимальным значением КПД  $\eta_{pump\max}$  и паспортным значением  $P_{nom}$  электродвигателя, если не накладываются дополнительные условия по пуско-моментной характеристике агрегата. При этом минимальные возможные нагрузки электродвигателя не ограничиваются и не анализируются.

**Анализ последних исследований.** Анализ последних исследований показывает, что все чаще для оценки эффективности использования указанных агрегатов применяют показатель эксплуатационного КПД, а также энергоэффективности их работы на различных режимах [1]. Такие показатели учитывают комплексно затраты энергии, расходуемой в технологическом процессе на производство единицы продукции. Они удобны для производств и процессов, оснащенных учетом использования первичной энергии и количества произведенной конечной продукции. Однако, при всей простоте такого подхода к оценке эффективности, трудно провести анализ влияния отдельных элементов агрегата на общую результативность процесса.

**Выделение нерешенной ранее части общей проблемы.** Энергетические потоки в электродвигателях и насосах исследованы достаточно глубоко. Однако взаимное влияние рабочих процессов, происходящих в электродвигателях и насосах, на результирующую энергоэффективность их совместной работы изучено недостаточно. Особенно это касается применения электронасосных агрегатов в зонах больших („перегруза“) и малых („недогруза“) подач их  $Q-H$  характеристик, а также так называемых „глубоких“ подрезок рабочего колеса насоса. Поэтому для определения границ применимости существующих

насосных агрегатов в действующих, проектируемых и реконструируемых системах важно знать динамику изменения указанных параметров в определенном диапазоне подач и напоров, а также их граничные значения как для агрегата в целом, так и для его составляющих (электродвигатель, муфта соединительная, насос, система регулирования).

**Формулирование цели работы.** Обосновать рекомендуемые диапазоны использования электронасосных агрегатов (по подаче и напору) по критерию эксплуатационного КПД и энергоэффективности, путем проведения математического моделирования рабочего процесса в центробежных насосах при различных режимах подач и напоров, с использованием энергетических показателей работы приводных электродвигателей, при различной их нагрузке.

**Изложение основного материала.** Оценку эффективности передачи энергии электронасосным агрегатом от приводного электродвигателя через лопастную систему насоса перекачиваемой жидкости определяют КПД системы „электродвигатель – муфта соединительная – система регулирования – насос“

$$\eta_{agr} = \eta_{el} \cdot \eta_{muft} \cdot \eta_{sist.reg} \cdot \eta_{pump}, \quad (1)$$

где  $\eta_{agr}$  – КПД насосного агрегата;  $\eta_{el}$  – КПД электродвигателя;  $\eta_{sist.reg}$  – КПД муфты соединительной;  $\eta_{sist.reg}$  – КПД системы регулирования электродвигателя;  $\eta_{pump}$  – КПД насоса.

В дальнейших исследованиях работы системы приняты допущения, что система регулирования двигателя отсутствует, т. е. КПД системы регулирования электродвигателя равен единице, а КПД муфты соединительной равен 0,99 [2].

Тогда формула (1) примет вид

$$\eta_{agr} = 0,99 \cdot \eta_{el}. \quad (2)$$

Режим работы электродвигателя характеризуется коэффициентом загрузки  $k_z$ , который определяется отношением фактической мощности  $P_M$ , потребляемой из сети электроэнергии электродвигателем при данной нагрузке, к мощности  $P_{nom}$ , потребляемой электроэнергии из сети при номинальной нагрузке

$$k_z = P_M / P_{nom}.$$

Фактическое значение КПД электродвигателя зависит от фактически развиваемой им мощности  $P_M$  и соответствует конкретному значению коэффициента загрузки  $k_z$ .

Усредненная зависимость КПД электродвигателя от коэффициента загрузки [2] представлена на рис. 1.

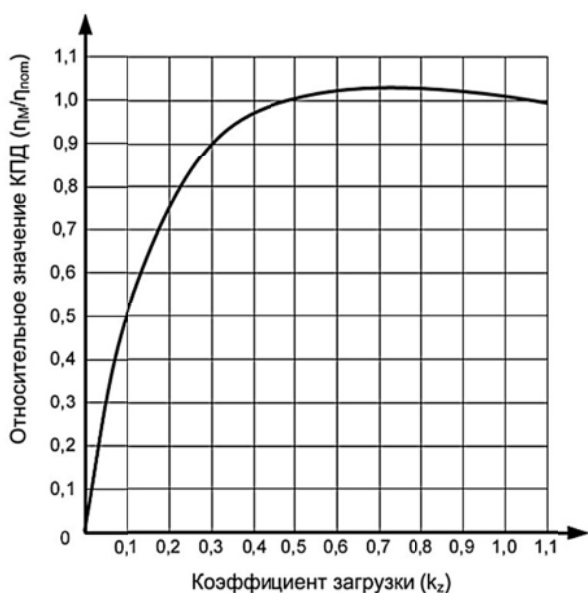


Рис. 1. Усредненная зависимость КПД электродвигателя от коэффициента загрузки

Согласно рекомендациям [2], в случае применения электропривода продолжительного режима работы  $S_1$ , необходимо соблюдать условие

$$0,7 < k_z < 0,9.$$

В этом диапазоне графика (рис. 1) значения КПД электродвигателя практически неизменны. Для остальных случаев режима  $S_1$  необходим дополнительный расчет целесообразности применения рассматриваемого привода.

Следуя рекомендациям [2], рассмотрим на примере электронасосного агрегата АД6300-80-2 предпочтительный диапазон использования приводного электродвигателя, исходя из его коэффициента загрузки и динамики изменения КПД.

При вращении ротора насоса со скоростью 750 об/мин в указанных насосных агрегатах используются электродвигатели марки СДН2-17-56-8 номинальной мощностью 2000 кВт и марки СДН2-17-44-8 номинальной мощностью 1600 кВт.

Значения КПД при различных значениях коэффициента загрузки  $k_z$  приведены в табл. 1–2.

Таблица 1

Изменение КПД электродвигателя СДН2-17-44-8 в зависимости от коэффициента загрузки

Мощность $P_M$ , кВт	80	160	400	800	1000	1200	1400	<b>1600</b>	1760	1920
КПД, %	68,59	81,2	91,12	94,27	95,27	95,63	95,81	<b>95,9</b>	95,9	95,87
Коеффициент загрузки, $k_z$	0,05	0,1	0,25	0,5	0,625	0,75	0,875	<b>1</b>	1,1	1,2

Таблица 2

Изменение КПД электродвигателя СДН2-17-56-8 в зависимости от коэффициента загрузки

Мощность $P_M$ , кВт	100	200	500	1000	1250	1500	1700	<b>2000</b>	2200	2400
КПД, %	68,9	81,44	91,23	94,85	95,5	95,88	96,06	<b>96,2</b>	96,227	96,225
Коеффициент загрузки, $k_z$	0,05	0,1	0,25	0,5	0,625	0,75	0,85	<b>1</b>	1,1	1,2

Из анализа данных табл. 1 и 2 следует, что КПД приводных электродвигателей, рассматриваемых электронасосных агрегатов, уменьшается на 1% от номинального значения при изменении коэффициента загрузки  $k_z$  в диапазоне  $0,6 < k_z < 1,2$ , что удовлетворяет требованиям [2].

Диапазон изменения загрузки электродвигателя (с учетом режима работы и пределов изменения КПД) предлагается ограничить в пределах

$$0,6 < k_z < 1. \quad (3)$$

Тогда диапазон изменения КПД электропривода  $\eta_{priv}$  (с учетом КПД муфты соединительной) будет находиться в пределах

$$0,94 < \eta_{priv} < 0,952,$$

отсюда диапазон изменения КПД агрегата равен

$$0,94 \eta_{pump} < \eta_{agr} < 0,952 \eta_{pump}. \quad (4)$$

Диапазон изменения рабочей мощности насоса  $P_{pump}$ , в пределах которого определяются исследуемые режимы его работы, составляет

$$0,94 \cdot 0,6 P_{nom} < P_{pump} < 0,952 \cdot 1,05 P_{nom}$$

или

$$0,56 P_{nom} < P_{pump} < 0,99 P_{nom}, \quad (5)$$

при соблюдении условия (3).

Для электронасосных агрегатов Д6300-80-2 диапазон изменения рабочей мощности насоса составит: с электродвигателем СДН2-17-44-8 от 896 до 1584 кВт; с электродвигателем СДН2-17-56-8 от 1120 до 1980 кВт.

Результаты исследования рабочего процесса насосов Д6300-80-2, при различных значениях подач  $Q_i$  в пределах  $0,3 Q_{opt} < Q_i < 1,2 Q_{opt}$  ( $Q_{opt}$  – подача насоса при его работе в точке с  $\eta_{pump\ max}$ ), полученные проведением численного эксперимента, подтверждают возможность работы насоса в указанном диапазоне подач при использовании исходного рабочего колеса с наружным диаметром  $D_2 = 1020$  мм, с уменьшением его наружного диаметра  $D_2$  на 21%. Поле изменения  $Q-H$  параметров насоса, для каждого из рассматриваемых вариантов  $D_2$  в пределах возможного уменьшения его КПД от максимального значения до 5% ( $0,95 \eta_{pump\ max}$ ), представлено на рис. 2.

На рис. 2 также выделены зоны поля  $Q-H$  характеристики в пределах изменения КПД до 3 и 5% от  $\eta_{pump\ max}$ . Существующая практика указывает на целесообразность работы насоса в таком диапазоне изменения КПД [3]. Уменьшение диаметра  $D_2$  до 865 мм (на 15% от исходного) влечет за собой снижение КПД насоса в точке оптимальной подачи  $Q_{opt}$  до 5%. Дальнейшее уменьшение диаметра  $D_2$  приводит к дополнительным потерям энергии в рабочем колесе и отводе, что снижает КПД насоса на 12% при  $D_2 = 805$  мм. Однако виброакустическое состояние работающего на таком режиме насоса остается удовлетворительным.

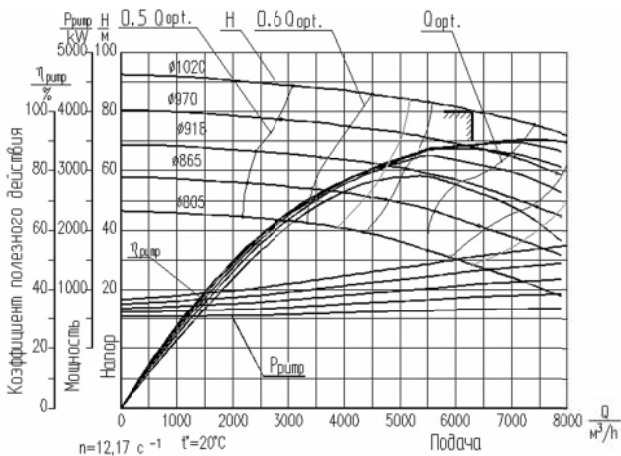


Рис. 2. Поле изменения  $Q-H$  параметров насоса при изменении наружного диаметра  $D_2$  в пределах 1020 ... 805 мм

Результаты численного эксперимента и проведенных промышленных испытаний на местах эксплуатации подтверждают возможность устойчивой работы указанных насосов на режимах подач от  $0,6 Q_{opt}$  до

$1,2 Q_{opt}$ , однако при этом изменение КПД насоса выходит за пределы значений ( $\eta_{pump\ max} -5\%$ ), рис. 3.

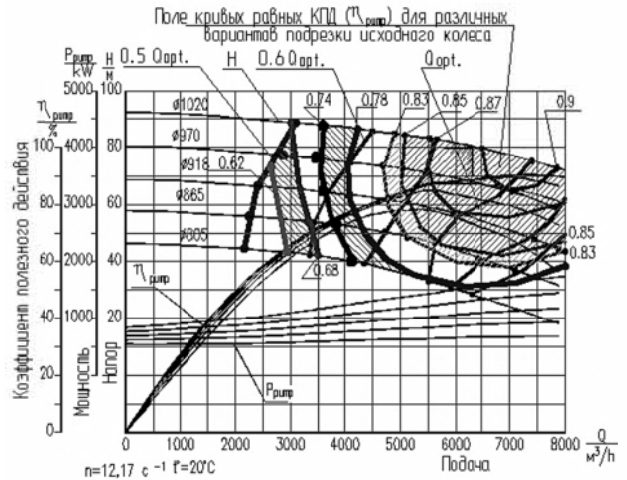


Рис. 3. Изменение КПД насоса Д6300-80-2 в пределах изменения подачи  $Q_i$  от  $0,6 Q_{opt}$  до  $1,2 Q_{opt}$

Анализ распределения кривых, равных КПД насоса, указывает на зоны изменения его параметров, предпочтительно, путем уменьшения диаметра  $D_2$  от исходного. С уменьшением диаметра  $D_2$  зона КПД ( $\eta_{pump\ max} -5\%$ ) сужается. Ее площадь составляет около 50% от общей площади поля рабочего интервала характеристики насоса, при этом сама зона ( $\eta_{pump\ max} -5\%$ ) расположена в зоне наибольших подач и напоров.

Как один из возможных способов повышения энергоэффективности работы насоса при его эксплуатации за пределами указанной зоны рассматривается модернизация путем проектирования и замены колеса рабочего. Результаты численного эксперимента, моделирующего рабочий процесс насоса при подачах, близких к области  $0,6 Q_{opt}$ , подтверждают целесообразность выбора исходных параметров рабочей точки для вновь проектируемого рабочего колеса по подаче  $(0,55...0,6) Q_{opt}$  и напору, соответствующему  $Q-H$  характеристике исходного колеса с его исходным максимальным диаметром  $D_2$  (1020 мм) при указанной подаче. В этом случае зона ( $\eta_{pump\ max} -5\%$ ) охватывает диапазон подач до  $0,45 Q_{opt}$ , частично перекрывая зону эффективной работы насоса с исходным рабочим колесом (рис. 4). Для расширения зоны ( $\eta_{pump\ max} -5\%$ ) в области глубоких подрезок (уменьшение исходного диаметра  $D_2$  на величину более 15%) также возможно проведение модернизации насоса заменой исходного колеса на вновь спроектированное, с рабочими параметрами, указанными на рис. 5. Такое мероприятие расширяет зону возможной эффективной работы насоса.

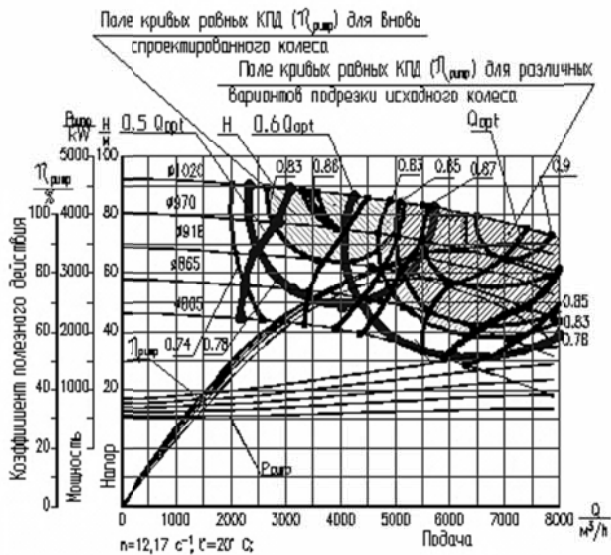


Рис. 4. Изменение КПД насоса Д6300-80-2 при его работе с исходным и вновь спроектированным колесом в пределах изменения подачи  $Q_i$  от  $0,6 Q_{opt}$  до  $1,2 Q_{opt}$

Согласно (2), на КПД агрегата, во всем возможном диапазоне его работы, оказывает влияние КПД приводного электродвигателя, который в свою очередь зависит от коэффициента загрузки  $k_z$ . Результаты рас-

чета КПД насосного агрегата, проведенные на основании данных табл. 1 и 2, интерпретированы на рис. 6. При величине нагрузки электродвигателя  $0,5 P_{nom}$  и меньше резко уменьшаются значения КПД насосного агрегата.

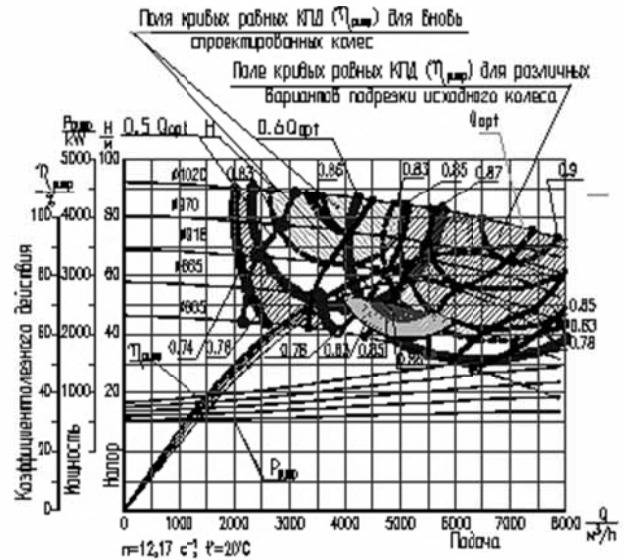


Рис. 5. Поля кривых, равных КПД насоса Д6300-80-2, при его модернизации с заменой исходного колеса на сменные и подрезкой исходного колеса

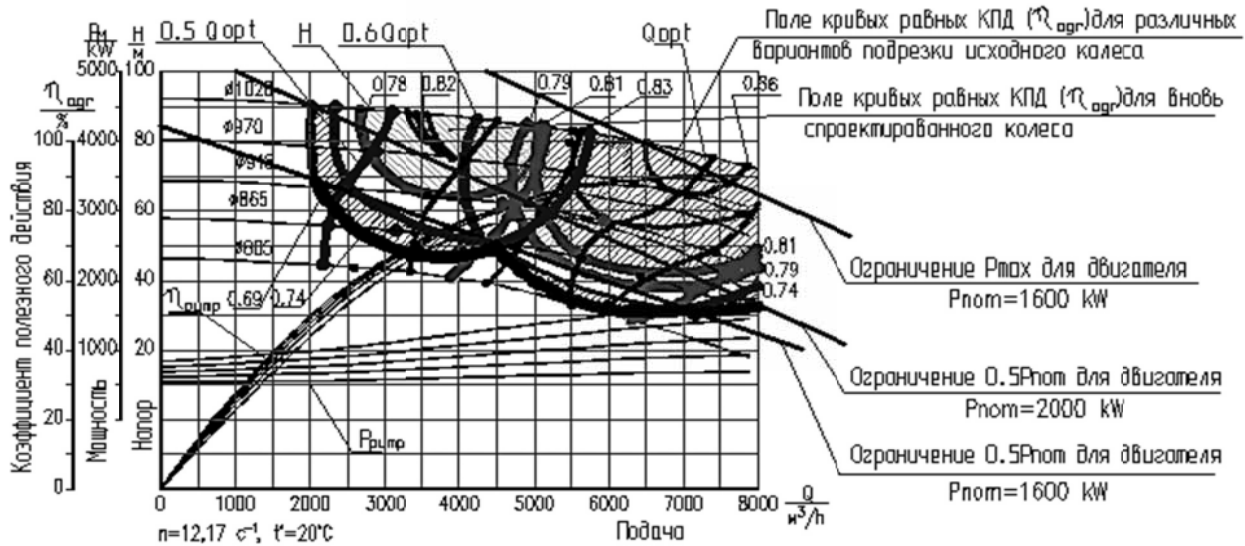


Рис. 6. Поля кривых, равных КПД электронасосного агрегата АД6300-80-2, при его работе с электродвигателем СДН2-17-44-8 и использовании модернизированного исходного рабочего колеса, а также вновь спроектированного

Поэтому, количество потребляемой электроэнергии при работе электронасосных агрегатов также зависит от параметров и режима работы приводных электродвигателей.

Учитывая принятые пределы изменения коэффициента загрузки двигателей (3), рассмотрим диапазон работы насоса. Ограничим, на определенной ранее

(рис. 2) части поля рабочей зоны  $Q-H$  характеристики насоса, зону „проблемного“ использования (рис. 7) приводных электродвигателей, которыми комплектуются насосные агрегаты АД6300-80-2 (т. е. зону загрузки электродвигателей, в которой уменьшение КПД двигателя составляет более 1% от КПД в точке  $P_{nom}$ ).

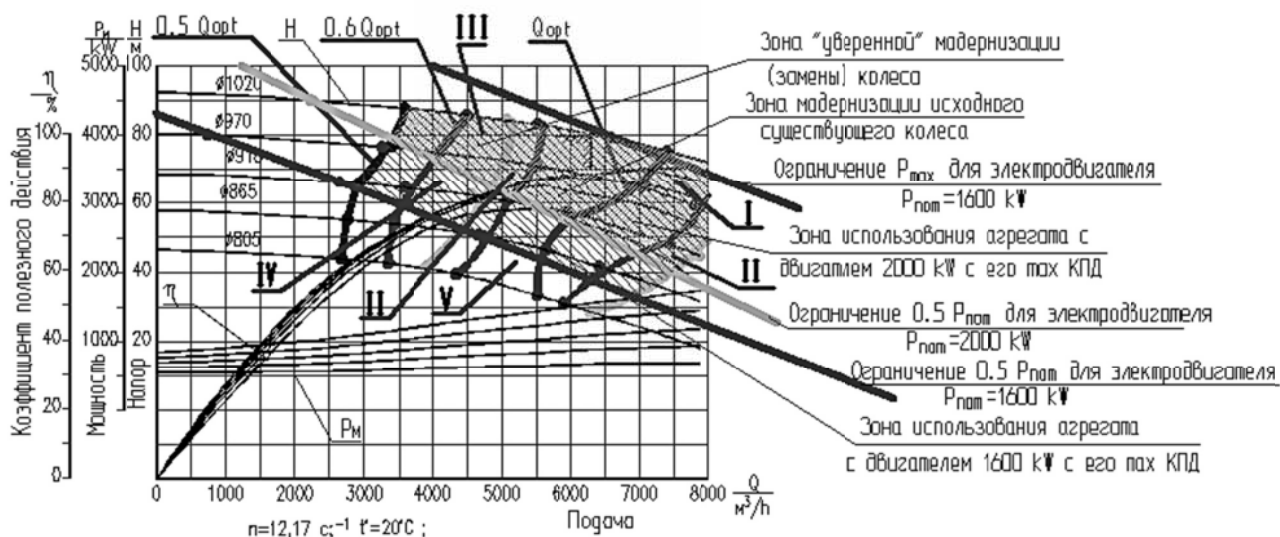


Рис. 7. Ограничение поля  $Q-H$  характеристик с учетом энергоэффективности применения приводного электродвигателя

Исходя из критерия пределов изменения КПД насоса ( $\eta_{pump\ max} - 5\%$ ) и ограничения уменьшения КПД электродвигателя на 1% от  $\eta_{el\ max}$ , представленное на рис. 7, поле  $Q-H$  разобьем на зоны:

I – зона возможной модернизации существующего исходного рабочего колеса насоса без замены электродвигателя;

II – зона предпочтительной возможной модернизации существующего исходного рабочего колеса насоса без замены электродвигателя;

III – зона возможной модернизации насоса путем замены существующего исходного рабочего колеса на вновь спроектированное под необходимые параметры без замены электродвигателя;

IV – зона возможной модернизации электронасосного агрегата путем замены существующего исходного рабочего колеса на вновь спроектированное под необходимые параметры и электродвигателя;

V – зона возможной модернизации электронасосного агрегата путем модернизации исходного рабочего колеса с заведомо существенно сниженными показателями энергоэффективности работы агрегата, в т. ч. и из-за работы электродвигателя на режимах с малым коэффициентом загрузки  $k_z$ .

Достижимые энергетические показатели работы насоса в зоне II, III, IV, путем замены существующего исходного рабочего колеса на вновь спроектированное под необходимые параметры, оцениваются по методикам [4].

Целесообразность проведения модернизации по вариантам необходимо оценивать по показателям энергоэффективности работы агрегата до и после модернизации. Она определяется объемом и стоимостью потребляемой электроэнергии, а также затратами на модернизацию и дальнейшую эксплуатацию.

**Выводы и перспективы развития направления.** Проведенные исследования рабочего процесса электронасосного агрегата показывают:

- целесообразность использования насосного агрегата АД6300-80-2 в диапазоне изменения мощности насоса  $0,56 P_{ном} < P_{pump} < 0,99 P_{ном}$  ( $P_{ном}$  – номинальная нагрузка приводного электродвигателя) при изменении нагрузки приводных электродвигателей в пределах  $0,6 < k_z < 1,05$ ;

- возможность модернизации указанного электронасосного агрегата без замены корпусных деталей и снятия насоса с фундамента путем модернизации исходного рабочего колеса или его заменой на вновь спроектированное рабочее колесо;

- на эффективность работы электронасосного агрегата в зоне малых напоров и подач (при подрезках рабочего колеса более 15% от исходного диаметра  $D_2$ ) большое влияние оказывает режим работы приводного электродвигателя (его нагруженность);

- целесообразность модернизации и использования электронасосного агрегата при его работе на режимах  $P_{pump} < 0,5 P_{ном}$  должна рассматриваться с учетом не только эффективности рабочего процесса насоса, но и эффективности работы приводного электродвигателя. Приведенные в статье результаты исследований рабочего процесса электронасосного агрегата АД6300-80-2 являются частью проведенных авторами исследований электронасосных агрегатов типа АД с номинальными подачами от 2000 до 6300 м<sup>3</sup>/час. На основе примененного подхода к зонированию поля  $Q-H$  характеристики электронасосных агрегатов, исходя из эффективности использования энергии, разработана методика и шкала оценки принимаемых решений по объемам возможной модернизации, а также эксплуатации электронасосных агрегатов на различных режимах.

**Список літератури / References**

1. Бойко В.С. Підвищення енергетичної ефективності водопостачання локального об'єкту / В.С. Бойко, М.І. Сотник, С.О. Хованський // Промислова гідравліка та пневматика. – 2008. – № 1(19). – С. 100–102.  
Boiko, V.S., Sotnyk, M.I. and Khovanskyi, S.O. (2008), "The increase of energy efficiency of water supply of a local object," *Promyslova gidravlika i pnevmatyka*, no. 1(19), pp. 100–102.
2. ДСТУ 3886-99. Энергосбережение. Система электропривода. Метод анализа и выбора. – К.: Госстандарт Украины, 2000.  
DSTU 3886-99. (2000), Energy saving. Electric drive system. The method of analysis and choice. Kiev, GOSSTANDART Ukrainy.
3. Євтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі / Євтушенко А.О. – Суми: Вид-во СумДУ, 2005. – 255 с.  
Yevtushenko, A.O. (2005), *Hidrodinamichni mashyny i peredachi* [Hydrodynamic Machines and Transmissions], SSU, Sumy, Ukraine.
4. Gulich, J. (2010), "Centrifugal Pumps", *Springer Heidelberg Dordrecht*, London, New York.

**Мета.** Обґрунтувати діапазони енергоефективного використання електронасосних агрегатів, а також оцінити можливість та необхідність їх модернізації шляхом представлення електронасосних агрегатів як цілісного електромеханічного комплексу.

**Методика.** Базуючись на результатах проведеного математичного моделювання робочого процесу привідного електродвигуна та відцентрового насоса, визначені енергетичні параметри функціонування електронасосного агрегату: витрата, напір, зони постійності значень коефіцієнту корисної дії насоса та електронасосного агрегату за умови стабілізації швидкості обертання робочого колеса та зміни геометрії вихідної частини його лопатей.

**Результати.** Визначені оптимальні діапазони використання електронасосних агрегатів, розроблені варіанти технічних рішень їх модернізації. Показано взаємний вплив складових елементів електронасосного агрегату на результуючу ефективність споживання електричної енергії привідними електродвигунами. Проведене зонування поля робочих характеристик електронасосного агрегату з урахуванням коефіцієнту завантаження привідних електродвигунів, коефіцієнту корисної дії агрегату. Визначений критерій оцінки діапазону використання електронасосного агрегату, виходячи з завантаженості привідного електродвигуна.

**Наукова новизна.** Розроблений новий підхід до оцінки ефективності використання енергії електронасосним агрегатом у межах поля його робочих харак-

теристик, з урахуванням впливу робочого процесу привідного електродвигуна та насоса на результуючі показники роботи агрегату.

**Практична значимість.** Запропоноване зонування поля робочих характеристик електронасосного агрегату дозволяє визначити діапазон енергоефективного використання в його базовій комплектації, межі та необхідність проведення модернізації шляхом заміни привідного електродвигуна або робочого колеса насоса в залежності від енергетичних параметрів агрегату.

**Ключові слова:** електродвигун, енергоефективність, ККД, насос, витрата, напір, завантаження

**Purpose.** To identify and justify the ranges of energy-efficient use of electric pump units and to assess the possibility and necessity of their modernization, considering the electric pump units as a single electromechanical complex.

**Methodology.** The energy parameters of electric pump (capacity, head, zones of equal values of efficiency of pump and electric pump unit provided stabilization of impeller rotational speed and changing geometry of output part of blades) have been determined by means of mathematical simulation of workflow of the electric drive motor and the centrifugal pump.

**Findings.** We have determined the ranges of optimal use of the electric pump units, and substantiated the technical solutions of their modernization. The influence of the constituent elements of electric pump on the efficiency of electricity consumption by drive motors has been shown. Zoning of the area of pump performance, taking into account the load factor of drive motor and the unit efficiency, has been done. The criterion for estimation of range of the electric pump use, based on the workload of the drive motor has been found.

**Originality.** We have found a new approach to evaluation of the energy efficiency of electric pump within the area of its performance characteristics, taking into account the mutual influence of the workflow of the drive motor and the pump on the resulting performance of the unit.

**Practical value.** The proposed zoning of the field performance of the electric pump allows determining the range of its energy efficient use, when it has a base configuration and the need for modernization by replacing drive motor or impeller of the pump, depending on its energy characteristics.

**Keywords:** electric motor, energy efficiency, pump efficiency, pump, capacity, head, load of drive motor

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук М.М. Юрченком. Дата надходження рукопису 10.04.13.