

ЛОПАСТНЫЕ НАСОСЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. Зажицки¹, А. Корчак², Г. Пакула³

В статье проанализированы достижения в области насосостроения, полученные в результате сотрудничества Силезского технического университета с заводами «POWEN» и «ZKMPW». Отмечены основные направления совершенствования насосного оборудования, применяющегося в горнодобывающей промышленности.

ВВЕДЕНИЕ

В отделе гидравлических машин и оборудования «Института гидравлических машин и оборудования» Силезского технического университета выполняются работы, связанные с теорией, экспериментальными и прикладными исследованиями, проектированием, конструированием, а также с разработкой новых технологий и диагностики: перемещение жидкости (вихревые, центробежные и специальные насосы); гидравлические двигатели (турбины для гидроэнергетики); гидроприводы.

К тому же проведены работы по рекуперации гидравлической энергии в гидроустановках [1, 2, 3]. Реализуются также работы, касающиеся увеличения длительности работ гидравлических машин. Исследования проводятся в лабораториях университета и завода «POWEN», а также в шахтах.

В публикации представлены избранные работы по центробежным насосам, сконструированным и произведённым для горнодобывающей промышленности в сотрудничестве с «POWEN» (начиная с 1947 года), а также с конструкторскими отделами и отделами механизации предприятий угольной промышленности («ZKMPW», сейчас «CMG KOMAG») (с 1950 года).

НАСОСЫ ДЛЯ ОТВОДА ВОДЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК

Для главного и вспомогательного обезвоживания угольных шахт спроектировано и внедрено в производство много видов насосов [4, 5].

Для главного водоотвода сконструированы и производятся насосы типа OW (высоконапорный водоотвод): OW 200, OW 250, OW 300. Это многоступенчатые центробежные насосы горизонтального исполнения, имеющие ротор, лопастную систему, разгрузочные устройства. Насосы, для которых расход $Q = 300...720 \text{ м}^3/\text{час}$ и напор $H = 700 \text{ м}$, представлены на рисунке 1. В настоящее время произведены работы по модернизации этих машин [6].

Кроме того, для обезвоживания шахт с небольшими притоками воды спроектированы насосы OW 100 и OW 150 с расходом $Q = 110...160 \text{ м}^3/\text{час}$ и напором до 612 м. В прежние годы для главного водозабора производились центробежные насосы типов OWB и OWD, которые применялись в отечественных шахтах, а также экспортировались.

¹ Доктор техн. наук, профессор Силезского технического университета, г. Гливице, Польша.

² Доктор техн. наук, Силезский технический университет, г. Гливице, Польша.

³ Кандидат техн. наук, ОАО «POWEN», г. Забже, Польша.

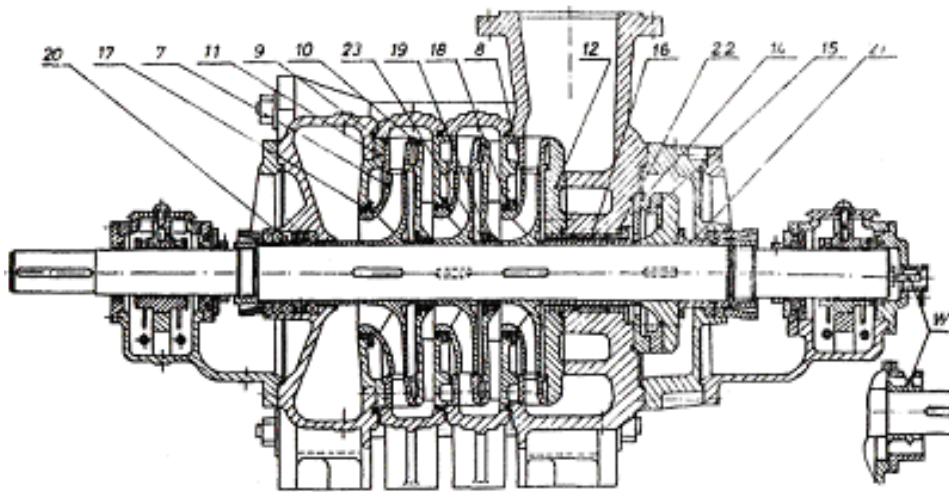


Рисунок 1 – Конструкция насосов типа OW

Для выкачивания воды из глубоко залегающих пластов сконструированы особые насосы OWH 200 и OWH 250 с расходом $Q = 316\text{м}^3/\text{час}$ и $500\text{м}^3/\text{час}$ соответственно, а также напором до $H = 1000\text{м}$ (рисунок 2). Эти насосы работают совместно с насосом типа OW с целью достижения напора $H = 1600\text{м}$. Насосы типа OWH конструируются подобно насосам типа OW, отличаясь конструкцией разгрузочного устройства. Также из-за высокого давления корпус стягивается шпильками, имеющими соответствующую прочность. Применяется двухступенчатое сальниковое уплотнение, что позволяет уплотнять давление до 600 м [7].

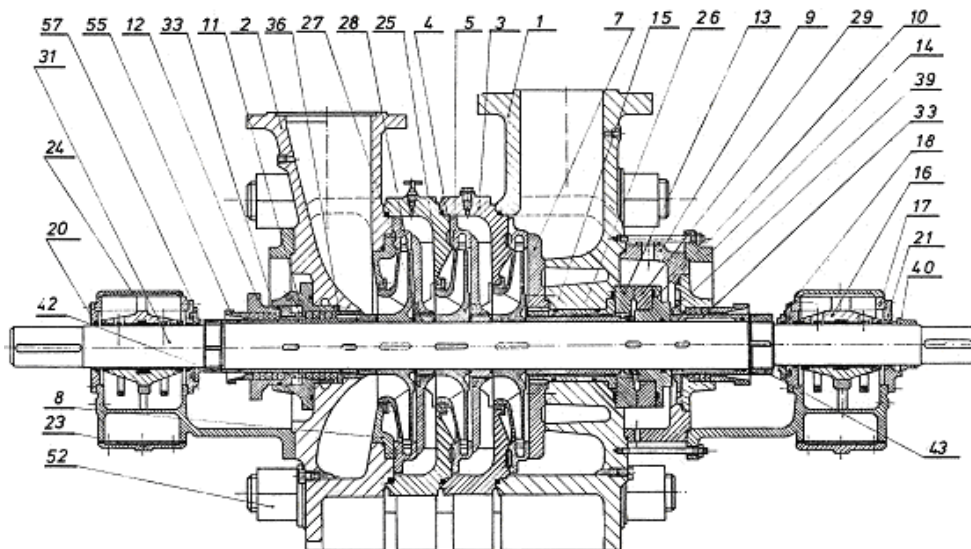


Рисунок 2 – Конструкция насоса OWH-250

Конструкция насоса OWH-250 была предметом всестороннего анализа и исследований, выполненных в Слезском техническом университете и на базе предприятия «POWEN». Для проверки характеристик ступени этого

насоса построена модель, на которой были исследованы различные варианты рабочих колёс [8]. Узел разгрузочного устройства был подвергнут конструкционному исследованию, что позволило получить его статические характеристики [9].

Конструкторами завода «POWEN» также был разработан насос OWH-250S с упрощённой конструкцией сальников и применением на первой ступени насоса рабочего колеса с улучшенными кавитационными свойствами. Этот насос является главным оснащением систем главного отвода воды в самых глубоких шахтах.

Пробные внедрения были проведены в центробежном многоступенчатом насосе типа OW-250 [6, 19, 20].

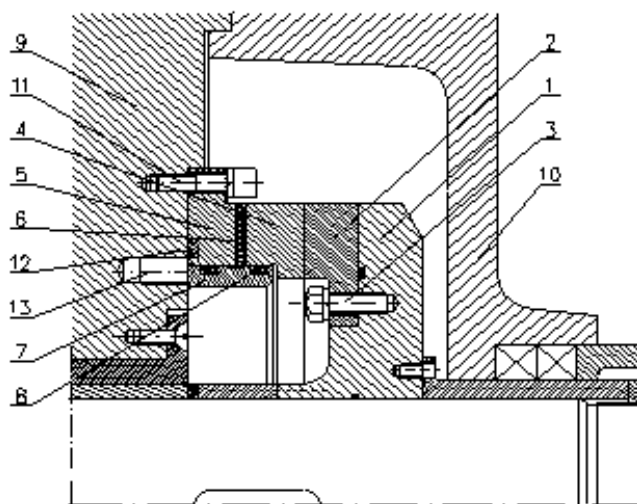


Рисунок 3 – Разгрузочное устройство с податливым опорным кольцом в насосе OW-250 [6, 20]

В существенно новой конструкции гидropяты 1 (рисунок 3) применяется жёстко закреплённое кольцо 2. Пята 1 имеет внутренний диаметр d_3 , меньший, чем в типичных случаях. Податливое опорное кольцо 4 соединено с неподвижным кольцом 5 посредством вулканизированного эластомера 6. Слой эластомера гарантирует податливость опорного кольца. Неподвижное кольцо 5 прижимается к корпусу насоса 9 болтами 10. Со стороны камеры перед пятой установлено внутреннее кольцо 7 с набивкой 8, которая препятствует проникновению жидкости с давлением p_2 к эластомеру.

Работа над этой конструкцией расширила направление научных исследований в области динамики роторных машин и является основанием для сотрудничества с кафедрой «Общей механики и динамики машин» Сумского государственного университета в Украине.

Для отвода воды также разрабатываются и производятся центробежные многоступенчатые насосы типа OS (рисунок 4). Насосы этого типа выпускаются в четырёх типоразмерах: OS 80, OS 100, OS 150 и OS 200 при расходе $Q = 36...258 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напоре до $H = 240 \text{ м}$.

Для вспомогательного отвода воды спроектирован центробежный одноступенчатый насос ON горизонтального исполнения с замкнутыми лопаточными однопоточными рабочими колёсами и спиральными направляющими аппаратами (рисунок 4). Производятся следующие типоразмеры насосов ON: ON 80, ON 100, ON 125, ON 150, ON 200 и ON 250 при расходах $Q = 25...500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напоре до $H = 60 \text{ м}$.

Для водоотвода забоев в шахтах сконструированы центробежные

насосы EW и PW. Эти машины представляют сложный комплекс, состоящий из двигателя и центробежного насоса вертикального исполнения. В качестве привода этих насосов применены электро- и пневмодвигатели. К тому же для водоотвода изготавливаются центробежные насосы типа WW, приводящиеся в движение пневматическим двигателем [16].

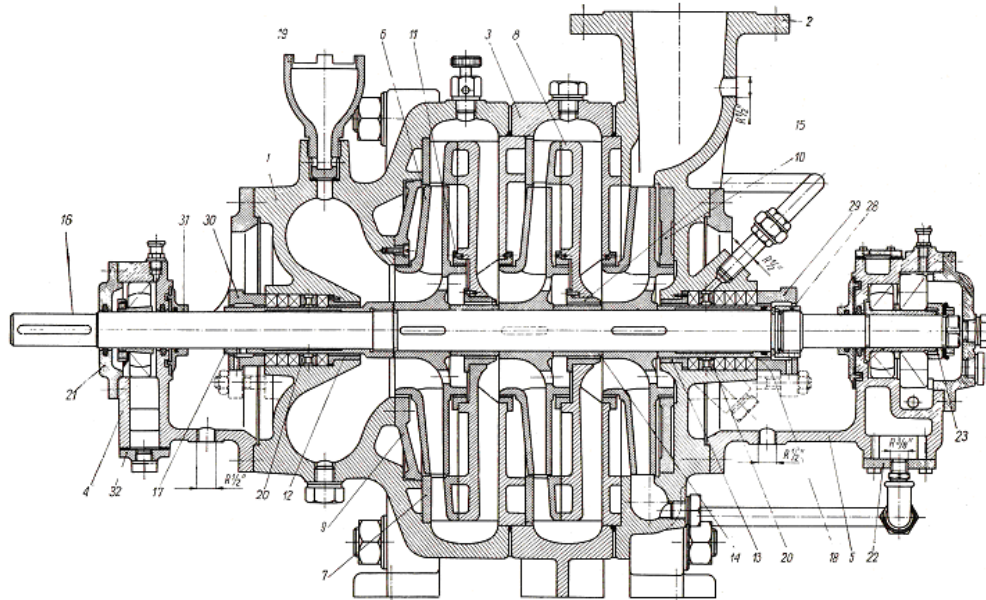


Рисунок 4 – Конструкция насоса OS

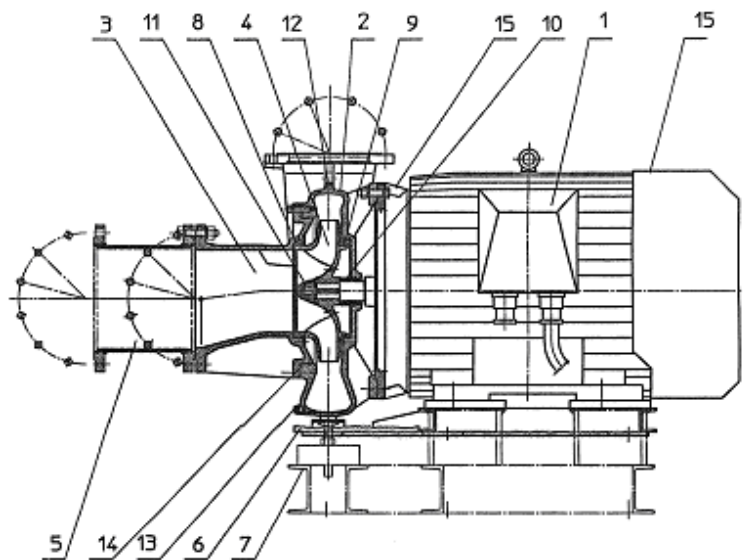


Рисунок 5 – Конструкция насоса ON

В настоящее время производятся погружные центробежные насосы типа P с производительностью $Q = 60...250 \text{ м}^3/\text{ч}$, напором $H = 15...37 \text{ м}$,

частотой вращения ротора $n = 2900$ об/мин (рисунки 6, 7), а также насосы ОЗ с производительностью $Q = 500 \dots 1200$ м³/ч, напором $H = 40 \dots 105$ м, частотой вращения $n = 1480$ об/мин (рисунок 8).

Проведены работы с насосами со свободным потоком. Пример конструкции таких насосов вертикального погружения представлен на рисунке 7 [10].

В прежние годы для отвода воды из шахт конструировались и изготовлялись погружные насосы OSS, OSN и OSW. Но в настоящее время изготовлены многоступенчатые центробежные насосы вертикального исполнения ОЗВ (рисунок 9) с производительностью $Q = 300 \dots 660$ м³/ч и напором $H = 80 \dots 300$ [12].

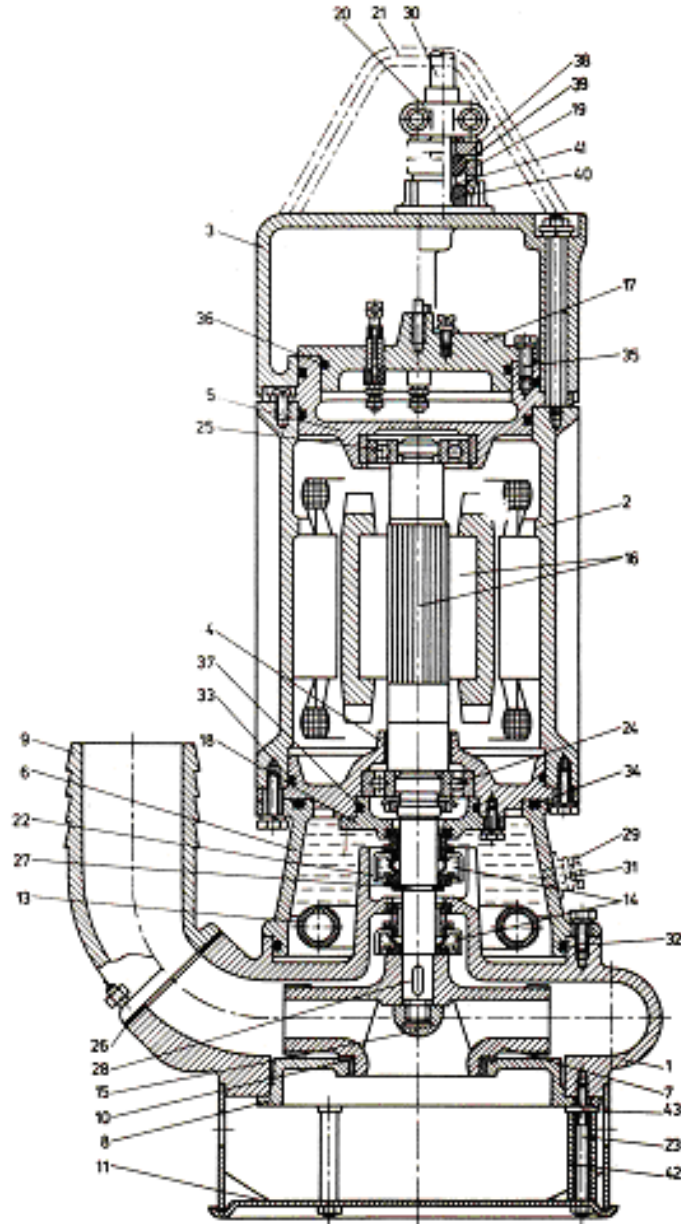


Рисунок 6 – Погружной центробежный насос типа Р

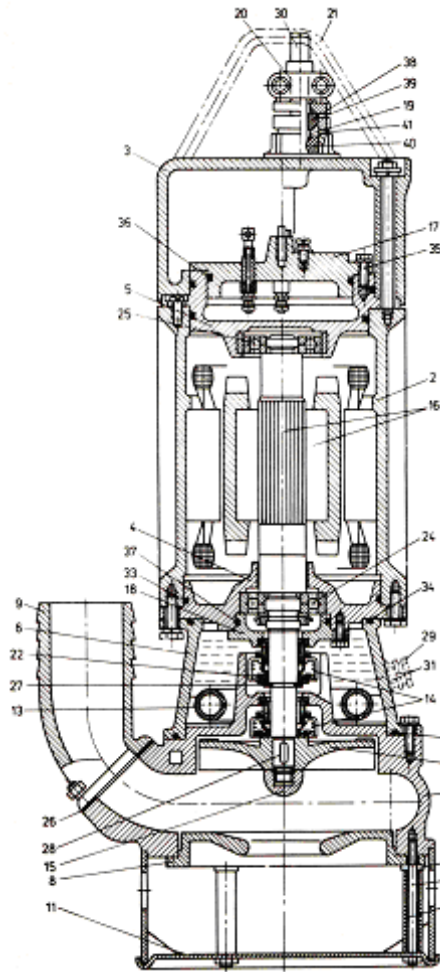


Рисунок 7 – Насос со свободным потоком

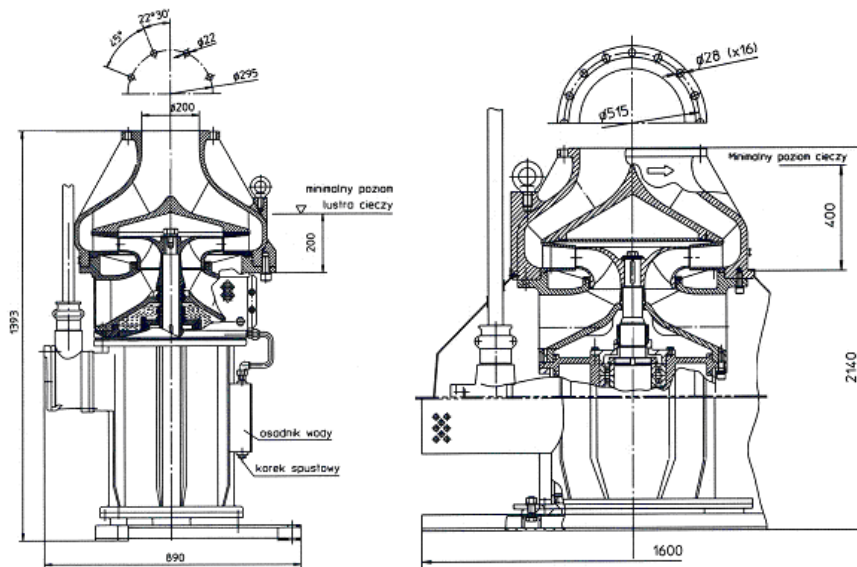


Рисунок 8 – Конструкция насоса OZ

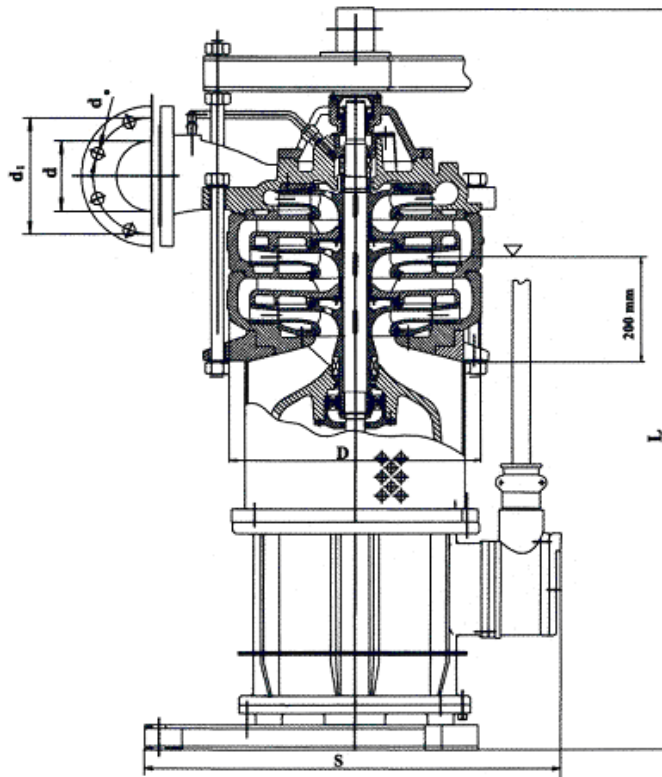


Рисунок 9 – Вихревой насос типа OZW

НАСОСЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ВЫКАЧИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ, СИЛЬНО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПРИМЕСЯМИ

В шестидесятых годах прошлого века были проведены исследования по внедрению гидротранспортировки каменного угля для его добычи в шахтах [15]. Но установки, которые работали в эксплуатационных условиях по вертикальному транспортированию угля, не получили распространения. Однако полученный опыт и знания были использованы в конструкциях насосов, нашедших другое применение в горнодобывающей промышленности и энергетике. В результате для транспортировки механически загрязнённых жидкостей разработаны и внедрены в производство много типов насосов [14].

В угледобывающей промышленности в основном применяются насосы для механически загрязнённых и эрозионных сред: циркуляция воды углемоек; «тяжёлые» жидкости в системах обогащения; гидротранспорт отходов: камней, песка, гравия; гидротранспорт угля и горной породы.

За прошедшие годы внедрены в производство одноступенчатые центробежные шахтные насосы горизонтального исполнения: КА, РЛР, РЛК, ВА, РВ, РС, ОЛ, РЛС и РЛ [14, 21].

С 1971 по 1980 год с целью уменьшения количества типов насосов в результате собранных экспериментальных данных производятся центробежные одноступенчатые горизонтальные насосы, особенно устойчивые к эрозии. Такими являются насосы РН 65, РН 80, РН 100, РН 150, РН 200, РН 250 и РН 300 (рисунок 9) с производительностью $Q = 50...1600 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором $H = 25...63 \text{ м}$. Кроме того, производятся насосы РГ с рабочими колёсами, покрытыми резиной, и с футеровкой корпуса.

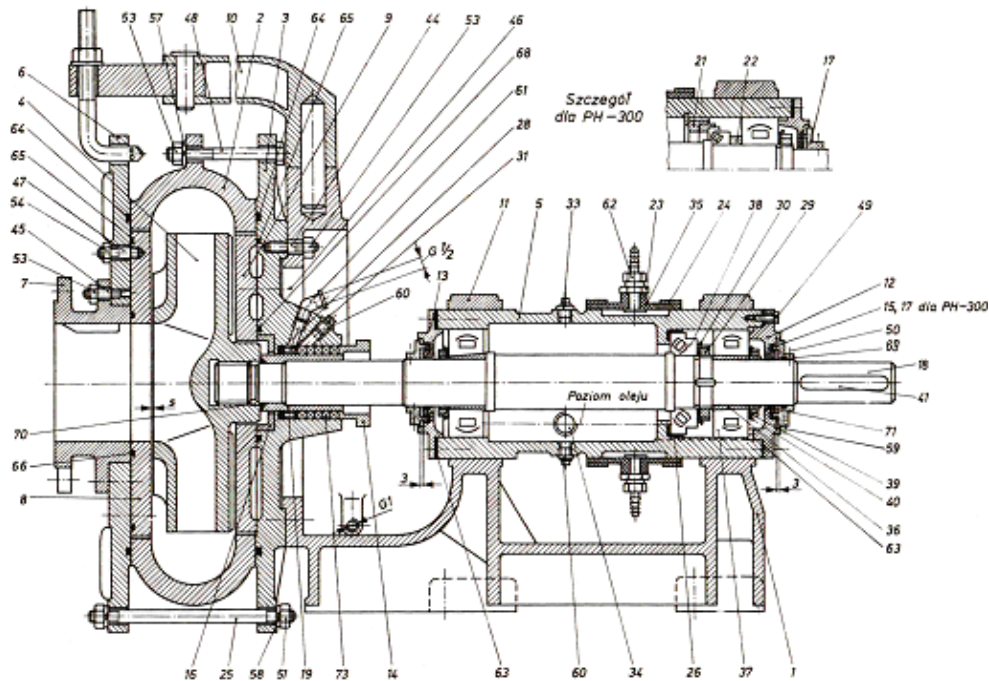


Рисунок 10 – Центробежный насос типа PH

Для гидротранспорта частиц на большое расстояние сконструированы центробежные многоступенчатые горизонтальные насосы типа WWB – прототип насоса TM125 ($Q = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 250 \text{ м}$) (рисунок 10) [13], [14], [15]. Эти насосы получили широкое распространение на ТЭС для транспорта пепла и золы.

С целью увеличения долговечности насосов для горнодобывающей промышленности проводятся экспериментальные исследования конструкционных материалов, устойчивых к эрозионному воздействию [16,18].

ДРУГИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСОВ ДЛЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кроме вышеприведенных конструкций насосов, работающих в горной отрасли, также было сконструировано много других насосов. Непосредственно после Второй мировой войны шахты были энергетически независимыми и имели малые электростанции.

В связи с этим была необходимость в насосах для тепловой энергетики. Для удовлетворения этой необходимости для питания паровых котлов были спроектированы насосы типа ZK (ZK 80, ZK 125, ZK 150) с производительностью $Q = 54...180 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором $H = 530 \text{ м}$. Кроме того, спроектированы насосы для подачи охлажденной воды: SN 800 ($Q = 6000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H = 16 \text{ м}$), а также насосы для циркуляции воды SM 700 ($Q = 3250 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H = 4 \text{ м}$).

Также были сконструированы двухступенчатые циркуляционные самовсасывающие насосы типа S12, предназначенные для орошения узлов добывающих комбайнов. Позже эти насосы были вытеснены центробежными многоступенчатыми насосами, имеющими значительно больший к.п.д.

ВЫВОДЫ

Анализируя нынешние достижения в области насосостроения в горнодобывающей промышленности как результат сотрудничества Силезской политеchnики, «POWEN» и «ZKMPW» (теперь GMG KOMAG), следует отметить:

- в настоящее время производятся насосы, обеспечивающие нужды отечественных шахт и экспорта, а также отличающиеся хорошими технико-экономическими показателями, отменными эксплуатационными свойствами;
- несмотря на достижение высокого уровня в области насосостроения, необходимо отметить о дальнейшей реализации теоретических и экспериментальных исследований с целью дальнейшего совершенствования проточных частей;
- необходимо также провести исследования, касающиеся конструкционных материалов, противостоящих эрозии, с целью увеличения долговечности насосов;
- необходимо проводить работы над конструкциями новых поколений насосов для горнодобывающей промышленности.

SUMMARY

In this article the achievements in the field of pump-building was analyzed. Useful cooperation of Silesian Technical University and Pumps Factories "POWEN" and "ZKMPW" is noted. The basic directions of improvement of the pump equipment of the mining industry are considered.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zarzycki M. Problem pomp przemysłowych w Roku Nauki Polskiej // Z.N.En. Pol. Śl. - Gliwice, 1974. – Nr. 52.
2. Zarzycki M. Problem pomp stosowanych w górnictwie węglowym // Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa. - Gliwice, 1993- 7/93..
3. Zarzycki M., Korczak A., Rokita J., Rduch J., Wilk A. Badania podstawowe, prace studialne, konstrukcyjne i materiałowe maszyn hydraulicznych, XII Seminarium Energetyczne Z.11.Politechnika Śląska.- Gliwice 2003.
4. Zarzycki M. Osiągnięcia krajowe w konstrukcji i budowie pomp odwadniających kopalnie węgla, Z.N. En. Pol. Śl. – Gliwice, 1967. – Nr. 27.
5. Kańtoch W. Stan aktualny i perspektywy rozwoju pomp w ZFMG POWEN // Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa. – Gliwice, 1986. – Nr. 11.
6. Korczak A., Zarzycki M., Perchał S., Peczkis G. Pompa odśrodkowa wielostopniowa. Zgłoszenie patentowe nr P-354697 z 24.06.02.
7. Zarzycki M. Wyniki prac naukowo badawczych i konstrukcyjnych nad pompami do odwadniania pokładów głęboko zalegających, Z.N. Górnictwo. Pol. Śl. Nr 129. – Gliwice, 1984. – Nr.18.
8. Korczak A., Lamboj J. Projektowanie, badania modelowe i wdrożeniowe pompy typu OWH-250 // ZN Pol Śl. Energetyka. – Gliwice, 91. - Nr.112.
9. Korczak A., Lamboj J. Obliczenia hydrauliczne tarczy odciążającej napór osiowy w pompie odśrodkowej wielostopniowej // VII Konf. Mech. Płynów. – Białystok - 88.
10. Rokita J., Paszek G., Stoch T. Parametry pracy pomp o swobodnym przepływie // Pompy Pompownie. - Wrocław, 2005. – Nr. 4.
11. Zarzycki M., Grychowski J. Nowe konstrukcje pomp wirowych dla cieczy mechanicznie zanieczyszczonych // Z.N.Pol. Śl. Górnictwo. – Gliwice, 1977. – Nr. 78.
12. Pakuła G. Tywoniak W. Pompy zatapialne dużych mocy // Pompy Pompownie. – Wrocław, 2006. - nr3.
13. Zarzycki M. Neue Konstruktion im Pumpenbau für den hydraulischen Kolentransport // II Konferenz für Strömungsmaschinen. – Budapest, 1966.
14. Zarzycki M. Wyniki badania pomp stosowanych w układach przeróbki węgla // Z.N. Górnictwo Pol. Śl. 142. - Gliwice, 1989.
15. Zarzycki M. Przepływ mieszaniny wody i węgla w poziomych przewodach rurowych // Zagadnienia Maszyn Przepływowych IMP PAN. – Gdańsk, 1968.
16. Zarzycki M., Kania E. Kierunki rozwoju automatyzacji górniczych pomp odwadniania przodkowego // Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa. – Katowice, 1984. – Nr. 3/84.

17. Zarzycki M., Wilk A. Badania możliwości zastosowania materiałów poliuretanowych na elementy konstrukcyjne pomp pracujących w warunkach niszczenia erozyjnego // X Konferencja Naukowa Problemy Maszyn Górniczych . - Zakopane ,1997.
18. Zarzycki M., Wilk A. Badania doświadczalne dotyczące trwałości pomp do cieczy mechanicznie zanieczyszczonych //Zagadnienia Maszyn Przepływowych IMP PAN. - Gdańsk, 1993.
19. Korczak A., Peczkis G., Pajęczkowski: Badania eksploatacyjne pomp wielostopniowych z podatnym pierścieniem oporowym tarczy odciążającej //Kwartalnik Pompy-Pompownie. – Wrocław, 2004. - Nr 3/04.
20. Korczak A. „Badania układów równoważących napór osiowy w wielostopniowych pompach odśrodkowych”. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Zeszyt Naukowy nr 1679, seria Energetyka. – Gliwice, 2005. – Nr. 141. - S.161.
21. Rozwój produkcji pomp, sit i wentylatorów W ZFMG POWEN i spółkach z grupy POWE S.A.. Wydanie jubileuszowe z okazji 150 letniej działalności w murach POWEN S.A. (1855 – 2005) ; Zabrze, 2005. - S. 170.

Поступила в редакцию 26 декабря 2006 г.