

ХИМ АГРЕГАТЫ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ ПО ХИМОБОРУДОВАНИЮ

№2(22) июнь 2013



РОССИЙСКАЯ ХИМИЯ
в 2012 году.
Председатель РСХ В.П. Иванов
подвел итоги

Репортаж с очередного
обучающего семинара
Совета главных механиков

Совещание Технологической
платформы «Глубокая переработка
углеводородных ресурсов»

НЕФТЯНЫЕ КОНСОЛЬНЫЕ
НАСОСЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫЕ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

САМОДЕЙСТВУЮЩИЙ КЛАПАН
для повышения надежности
компрессора

Александр Растрьгин

ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТ ПО МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ
СНАБЖЕНИЮ И КАПИТАЛЬНОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ
ООО «УК «САНОРС»

Нефтяные консольные насосы нового поколения Сумского машиностроительного завода

А. И. Швиндин, зам. директора по научной работе, к.т.н.;
С. М. Шевченко, зам. главного конструктора;
В. А. Берестовский, ведущий инженер-конструктор,
(ООО «СМЗ», Украина)

Номенклатура насосного оборудования нефтеперерабатывающих производств стран СНГ состоит, в основном, из консольных насосов. Первое поколение этих насосов создавалось в 50-х годах XX века и

включало в себя «холодные» в чугунном материальном исполнении насосы типа НК (для нефтепродуктов с $t \leq 200^\circ \text{C}$) и «горячие» в стальном исполнении типа НГК (для нефтепродуктов с $t = 200-400^\circ \text{C}$). Конструкция некоторых представителей этой группы насосов приведена на рис. 1, 2. В качестве привода предусматривалось применение как взрывозащищенных электродвигателей, так и паровых турбин.

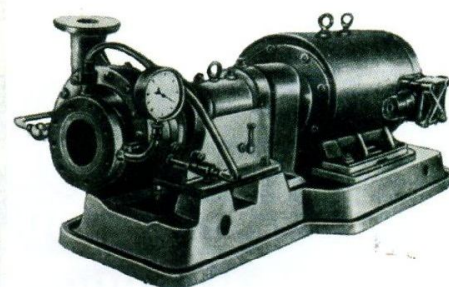
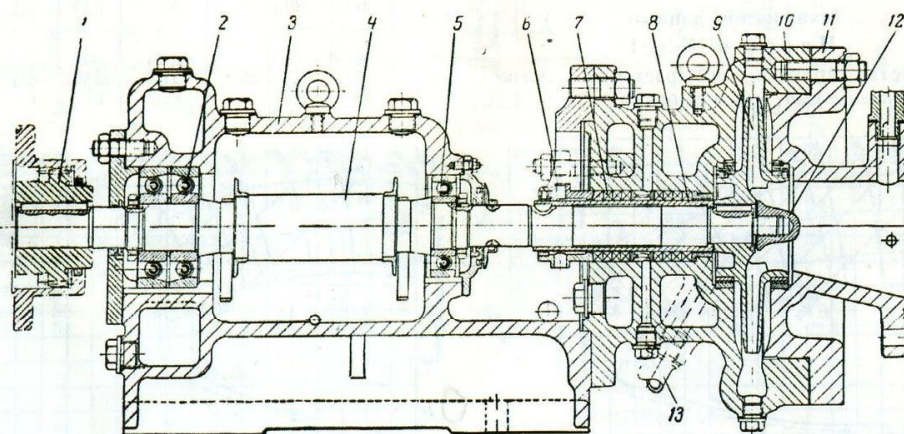


Рис. 1. Конструкция «холодного» унифицированного насоса 5НК-5x1 и его общий вид на плите с электродвигателем.

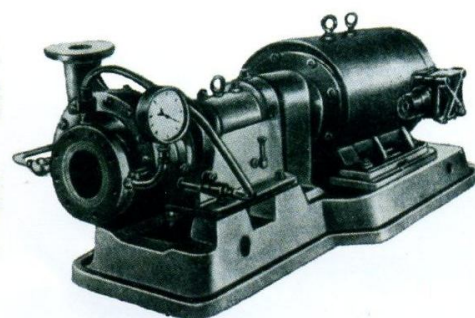
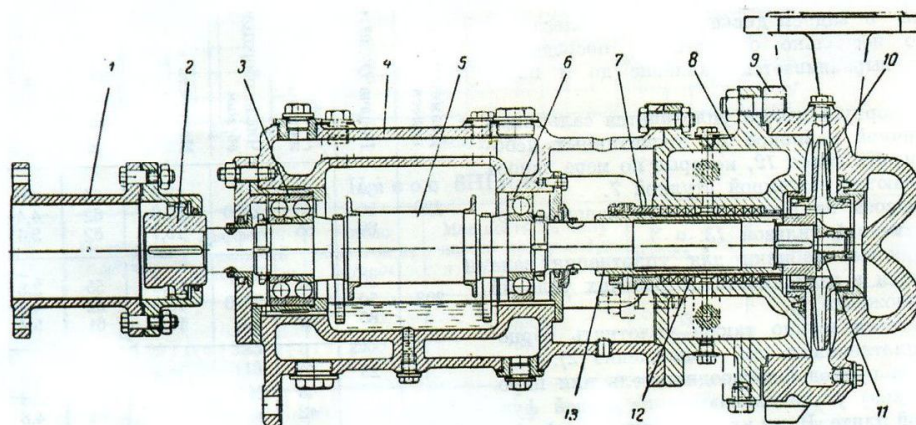


Рис. 2. Конструкция «горячего» унифицированного насоса 5НГК-5x1 и его общий вид на плите с электродвигателем.

Второе поколение консольных нефтяных насосов создавалось в 70–80-х годах XX века с более совершенными уплотнениями вала и уплотнительными комплексами и только в стальном исполнении для перекачивания нефтепродуктов, щелочей и кислот с диапазоном температур минус 80 – +400° С. Конструкция некоторых представителей этой группы насосов приведена на рис. 3, 4.

На начало XXI века консольных насосов со сроком службы более 30 лет на различных НПЗ и ГПЗ насчитывалось от 18 до 55 %. И если на заре отечественной нефтепереработки наработка на отказ, например, печных насосов требовалась 45 суток, после чего насос можно было остановить для обследования и возможного ремонта, то в современных условиях требуется 2-х — 3-х-летний их межремонтный пробег.

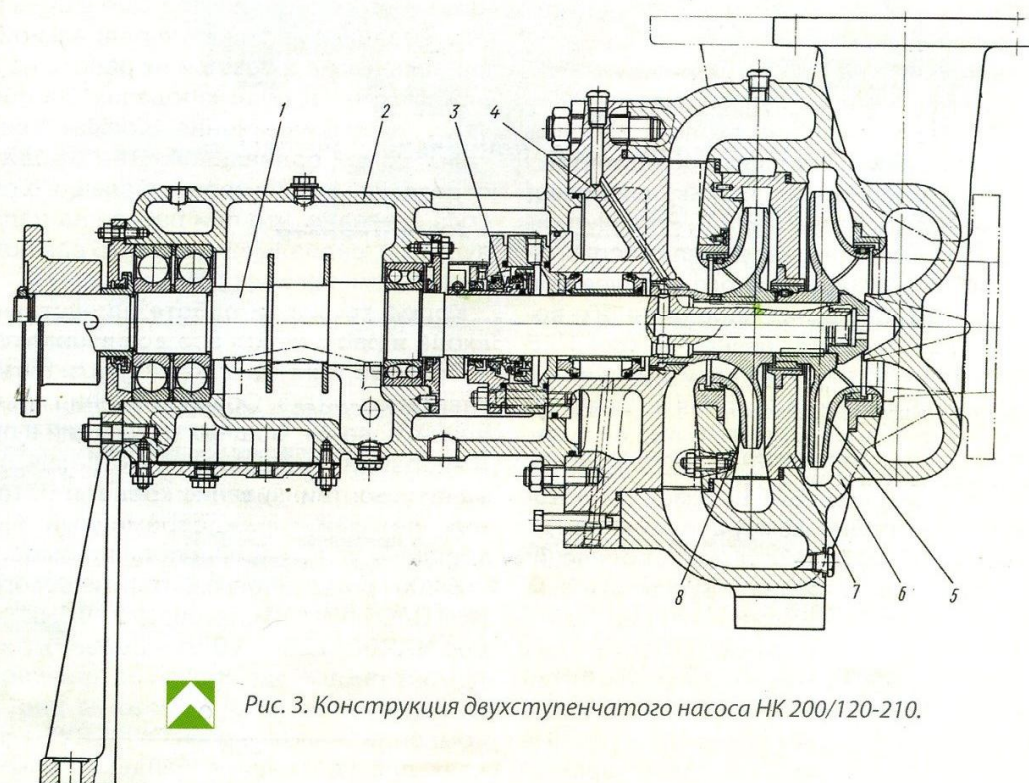
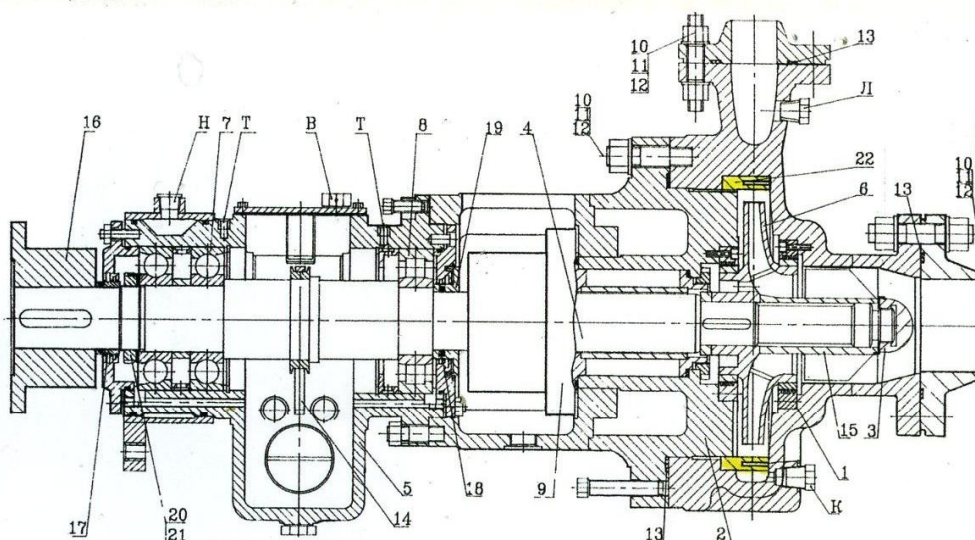


Рис. 3. Конструкция двухступенчатого насоса НК 200/120-210.



1-корпус насоса; 2-крышка насоса; 3-гайка; 4-вал; 5-корпус подшипников; 6-колесо рабочее; 7-подшипники шариковые радиально-упорные; 8-подшипники роликовые радиальные; 9-уплотнение вала; 10-шпилька; 11-гайка; 12-шайба; 13-прокладка спирально-навитая; 14-кольцо; 15-колесо винтовое; 16-полумуфта; 17-втулка; 18-уплотнительное кольцо; 19-кольцо отбойное; 20-гайка; 21-шайба; 22-аппарат направляющий

Рис. 4. Конструкция шнекоцентробежных насосов типа НКВ.

Существующий насосный парк не всегда обеспечивал такое требование. В 90-х годах начали проявляться проблемы с насосами, особенно крупными консольными. Такие насосы как **НК 560/300**, **НКВ 600/320** не всегда обеспечивали требуемую надежность и долговечность, а насос **НКВ 1000/320** из-за повышенной вибро-активности на паспортной частоте вращения (3000 об/мин) эксплуатировался только на половинной — 1500 об/мин с соответствующим изменением параметров. Причин много, прежде всего условия эксплуатации: это и качество нефти, и длительная работа на нерасчетных режимах, и значительное увеличение радиальной силы на ротор при работе на частичных подачах, и мощнейшие пульсации в проточной части от «обратных токов» на входе в рабочее колесо, и возможная кавитация шнека. Качество изготовления и конструктивные недостатки, например, невысокая долговечность отечественных подшипников качения, относительно большая длина консольного участка ротора; деформации литого корпуса при разогреве до 360–400° С. Расчет напряженного состояния корпуса проблемного «горячего» насоса **НКВ 360/320**, выполненного по современным методикам, показал, что приведенные напряжения в опасных сечениях в рабочих условиях в 20 – 30 раз больше, чем при его статических гидроиспытаниях. Кроме того, существующие в руководящих документах рекомендации по обточкам (подрезкам) рабочих колес до 20 % по наружному диаметру (что должно обеспечивать снижение напора до 36 – 40 %) на практике оказались неэффективными и неэкономичными. Многочисленные исследования на экспериментальных установках и натурных образцах показали, что такие рекомендации подтверждаются при обточках только до 10 % и только для оптимального режима — режима максимального к.п.д. Левая часть напорной характе-

ристики не прогнозируется, а определяется только экспериментальным путем.

Следует отметить, что многие зарубежные компании, например, «SULZER» для насосов с подачей более 360 м³/ч рекомендуют применять двухпорные насосы, а не консольные. Такие же рекомендации введены в международном стандарте Американского нефтяного института **ISO 13709/API 610** (9-е издание) в разделе 4.2 «Классификация типов насосов».

Многочисленные исследования зарубежных и отечественных специалистов еще в 60-х годах показали существенное увеличение радиальной силы на ротор спиральных насосов при их работе на недогрузочных режимах — частичных подачах. На рис. 5 приведена зависимость изменения коэффициента радиальной силы, самой радиальной силы от режима работы по подаче, где на примере небольшого спирального насоса показано, что при работе на подачах, близких к нулевым, радиальная сила в 15 раз больше, чем в оптимальном режиме.

Кроме того, при работе на частичных подачах на входе в рабочее колесо возникают локализованные «обратные токи», а в шнекоцентробежных насосах — кавитация шнека. Оба эти явления являлись причиной возникновения мощных пульсаций в проточной части и вибрации опор, которая в отдельных случаях вызывала самоотвинчивание крепежа роторных и статорных деталей, преждевременный выход из строя торцовых уплотнений и подшипников.

В 2001 г. в установке каталитического крекинга цеха № 2 ОАО «ЛИНОС» (ныне ЧАО «ЛИНИК») серийный насос **НК200/120–120** ($n = 3000$ об/мин) выводился в ремонт каждые две недели по причине износа рабочего колеса, представленного на рис. 6. Зарубежные компании, например «FLOWERVE», в подобных случаях для упрочнения изнашиваемых поверхностей

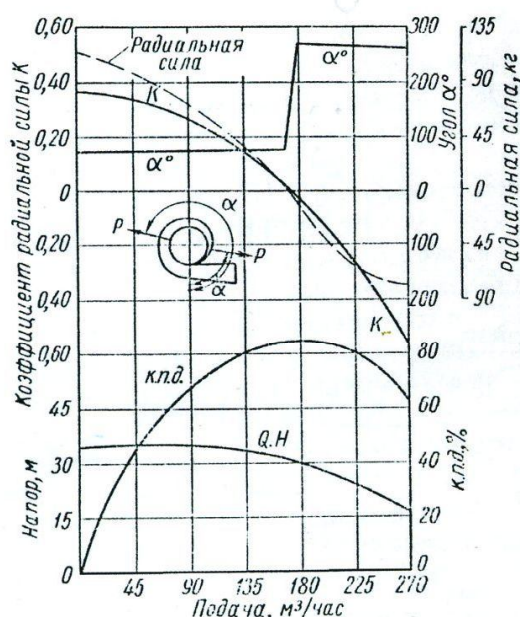


Рисунок 5. Зависимость величины радиальной силы от режима работы по подаче



Рисунок 6. Рабочее колесо насоса НК 200/120–120 через 14 суток работы.

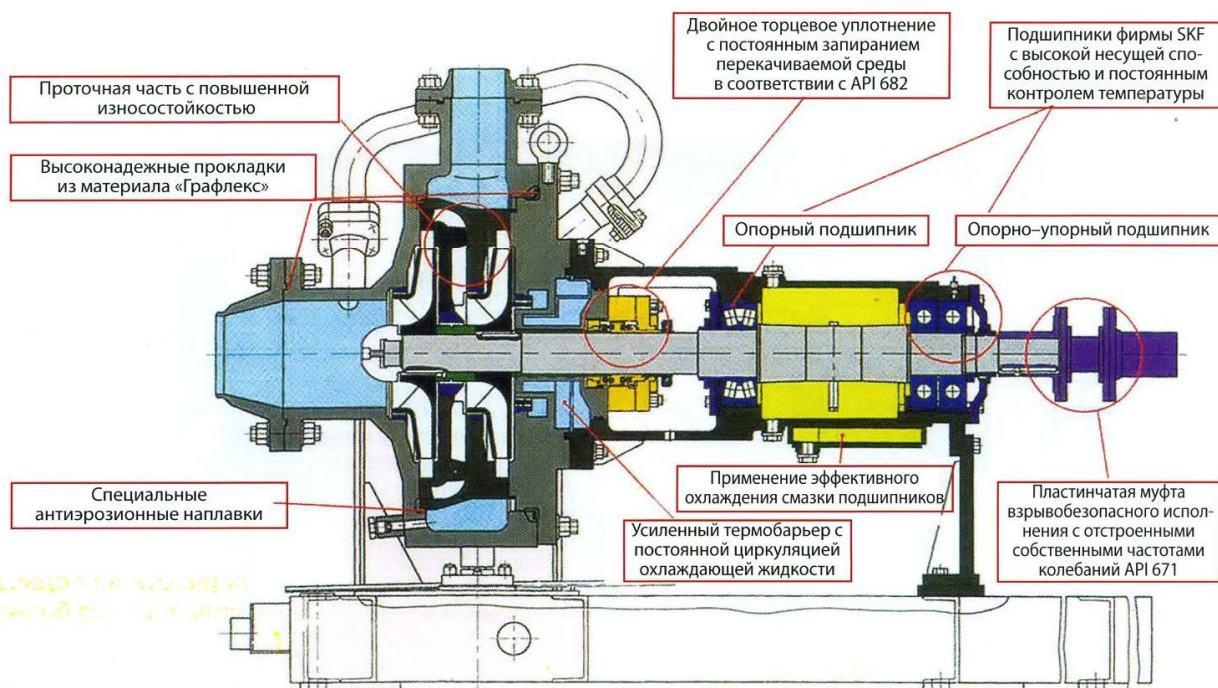
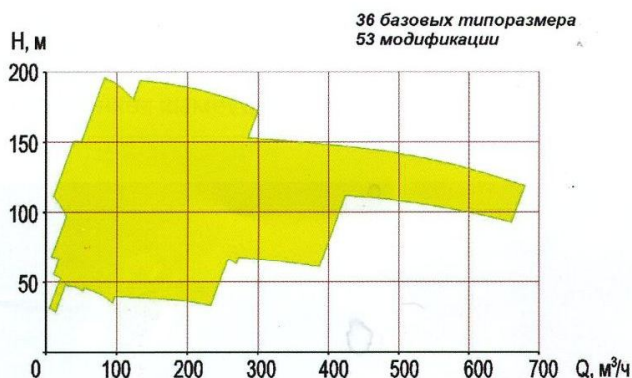


Рис. 7. Конструкция насоса НК 100–100.

Рис. 8. Поле параметров насосов типа НК, НКВ ООО «СМЗ».



применяют специальные технологии плазменного напыления стеллитом или карбидом бора, а также технологии диффузионного легирования. В отечественном серийном насосостроении такие технологии не освоены. Но известны зависимости влияния скорости потока на интенсивность гидроабразивного износа омываемых поверхностей, согласно которым уменьшение скорости потока в два раза снижает указанную интенсивность более чем в 8 раз. С учетом этих рекомендаций в ОАО «ВНИИАЭН» (г. Сумы) были созданы два «тихоходных» двухступенчатых насосных агрегата **АНК 100–100** с частотой вращения $n = 1500$ об/мин, которые в тех же условиях нарабатывали до отказа по 11000 часов и которые эксплуатируются с 2003 г. по настоящее время. Конструкция насоса приведена на рис. 7.

В дальнейшем два подобных насосных агрегата **АНК 80–125** были введены в промышленную эксплуатацию в аналогичных условиях в ООО «Завод бензинов» Нижнекамского НПЗ нефтяной компании «ТАНЕКО».

В период 2005 – 2006 гг по предложению Ассоциации нефтепереработчиков (г. Москва) в ООО «Сум-

ский машиностроительный завод» (ООО «СМЗ») была разработана номенклатура нефтяных насосов нового поколения. Она включала более 200 типоразмеров двухопорных насосов с выносными опорами и усовершенствованных консольных. Новая номенклатура разрабатывалась с учетом рекомендаций международных стандартов API 610, API 682 а также действующих нормативных документов РФ.

Поле параметров $Q - H$ усовершенствованных консольных насосов типа **НК** и **НКВ** по **ТУ У29.1–31652112–012:2007** и **ТУ У29.1–31652112–017:2008** приведено на рис. 8, а на рис. 9 приведены их конструктивные схемы.

Насосы — горизонтальные центробежные, консольные, однопоточные, одно- или двухступенчатые с предвключенным колесом (НКВ) или без него (НК). Разгрузка осевой силы гидравлическая. Концевые уплотнения ротора — механические торцевые односторонние, или двойные или двойные типа «Тандем» с соответствующими системами обеспечения их работы по Плану 52 или Плану 53 API 682. Предусмотрено применение торцевых уплотнений разных поставщиков: ЗАО «ТРЭМ-инжиниринг», НПК «ГЕРМЕТИКА» (г. Москва); НПЦ «АНОД» (г. Нижний Новгород), ООО «КБ «Укрспецмаш» (г. Сумы), «EgleBurgman Germany GmbH & Co.» (Германия). На период пусконаладочных работ предусмотрено применение взаимозаменяемых механических сальниковых уплотнений с набивкой типа «Графлекс». Соединительная муфта — упругая типа МУП или МК производства ООО «Насостехкомплект» (г. Сумы). Опорный кронштейн унифицированный. Опорами ротора служат подшипники качения SKF с картерной смазкой и жидкостным охлаждением. Для условий ЗАО «РНПК» («ТНК-ВР») были разработаны и поставлены в промышленную эксплуатацию насосные агрегаты **АНКВ 30–120 У2** специального исполнения с воздушным охлаждением без подвода ОЖ к кронштейну и к системе торцевых уплотнений.

Конструктивные схемы модернизированных консольных насосов типа НКВ

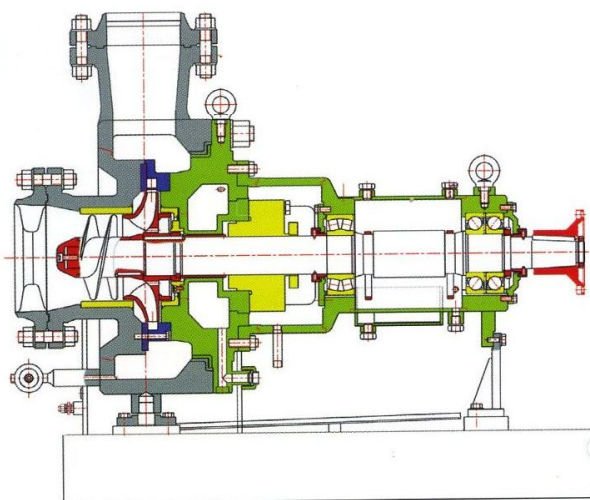
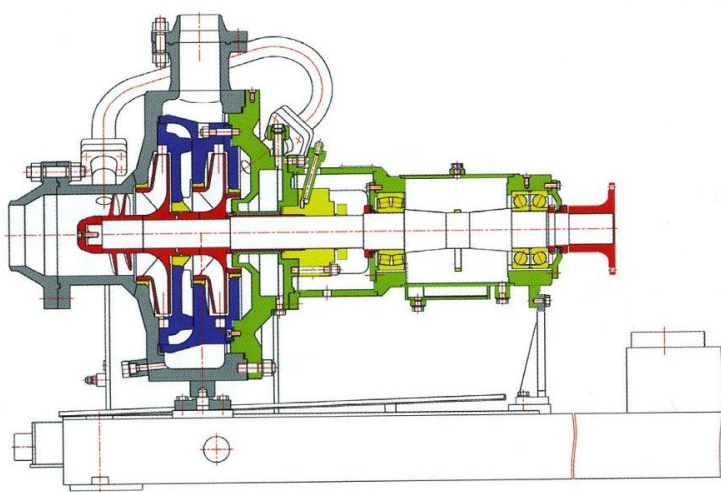


Рис. 9. Типовые конструктивные схемы насосов типа НК и НКВ ООО «СМЗ».

Конструктивной особенностью вновь созданных консольных насосов является наличие за рабочими колесами специально спрофилированных лопаточных отводов, исключающих действие радиальной силы на ротор насоса на любых режимах работы по подаче.

При создании новой номенклатуры консольных насосов внедрялись следующие технические решения:

- рабочие органы проточной части подбирались под конкретные параметры, оговоренные в Опросном листе;
- на выходе из рабочих колес предусматривалось применение специально спрофилированных лопаточных отводов;
- уменьшение относительной длины консольного участка ротора насоса;
- по отработанным рекомендациям подбиралось оптимальное соотношение числа лопаток в лопаточном отводе и числа лопастей в рабочем колесе, обеспечивающее снижение интенсивности вибрации на лопаточной частоте;
- по опыту создания насосов для атомной энергетики применялся сварно-кованный, а не браконесущий литой корпус, что обеспечивало необходимую прочность и жесткость всей конструкции в целом и приемлемые вибродинамические характеристики насосного агрегата;
- применение качественных подшипников качения крупнейших компаний, например, SKF, FAG, INA и обеспечение качественной их смазки и охлаждения;
- применение виброгасящих упругих соединительных муфт типа МУП или МК.

Ниже приведена таблица вновь созданных типоразмеров консольных насосных агрегатов, введенных в промышленную эксплуатацию на шести нефтеперерабатывающих производствах России и Украины. На рис. 10–14 приведены некоторые из них в процессе производства, испытаний и на рабочих площадках.

По отзывам эксплуатационного персонала созданные консольные насосные агрегаты нового поколения обеспечивают двух– трехлетний межремонтный про-

бег с лучшими показателями по энергопотреблению, вибрации и ремонтпригодности по сравнению с серийно выпускаемой продукцией. Положительный опыт их промышленной эксплуатации позволяет уверенно рекомендовать новую номенклатуру как для замены морально устаревшего и физически изношенного насосного оборудования, так и для оснащения вновь строящихся и модернизируемых технологических установок НПЗ и ГПЗ.



10



11

Таблица поставок насосных агрегатов типа АНК и АНКВ производства ООО «СМЗ»

№ п/п	Типоразмер	Кол., шт.	кВт	п, об/мин	Заказчик
1	АНК 15-35 У2	1	7,5	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
2	АНКВ 30-60-Г У2	1	15	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
3	АНКВ 30-120-Г У2	2	30	3000	ЗАО «РНПК» (ТНК-ВР)
4	АНКВ 50-55 У2	1	22	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
5	АНКВ 50-100-Г У2	2	22	3000	ЗАО «РНПК» (ТНК-ВР)
6	АНК 80-125-Г У2	3	75	1500	АК «ТАНЕКО»
7	АНК 100-100 У2	2	75	1500	ЧАО «ЛИНИК» (ТНК-ВР)
8	АНКВ 125-90-Г У2	12	45, 55, 75	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
9	АНКВ 180-70 У2	2	75	3000	ЗАО «РНПК» (ТНК-ВР)
10	АНКВ 200-45-Г У2	2	37	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
11	АНКВ 225-120 У2	10	110, 132	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП», АК «ТАНЕКО»
12	АНК 340-80-Г У2	2	90	1500	ЧАО «ЛИНИК» (ТНК-ВР), ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
13	АНКВ 340-105-Г У2	1	90	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-Коробковский ГПЗ»
14	АНКВ 340-210-Г У2	2	315	3000	ООО «Саратовский НПЗ» (ТНК-ВР)
15	АНКВ 350-50-Г У2	2	75	3000	ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП»
Итого		47			6 заводов Украины и России



12

Рис. 10. Приемочные испытания насосного агрегата АНКВ 225-120 для НК «ТАНЕКО».

Рис. 11. Насосные агрегаты АНКВ 225-120 на сборочном участке перед отгрузкой.

Рис. 12. Насосные агрегаты АНКВ 340-210 на сборочном участке перед отгрузкой.

Рис. 13. Насосный агрегат АНКВ 340-210 на уст. Висбрекинга ОАО «Саратовский НПЗ».

Рис. 14. Насосные агрегаты АНКВ 225-120 на установке изомеризации ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка».



13



14