

В.Л. Березин

**Сооружение насосных и
компрессорных станций**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 528
ББК 38.2
В11

B11 **В.Л. Березин**
Сооружение насосных и компрессорных станций / В.Л. Березин – М.: Книга по Требованию, 2016. – 288 с.

ISBN 978-5-458-26886-8

Приведены блочно-комплектные и блочно-модульные насосные (НС) и компрессорные (КС) станции, основания и фундаменты к ним, даны основы расчета строительных конструкций зданий и сооружений НС и КС. Рассмотрена организация монтажных- и специальных строительных работ при сооружении насосных и компрессорных станций. Описан монтаж агрегатов НС и КС, их технологического оборудования, систем водоснабжения, канализации и т. д. Для студентов нефтяных вузов по специальности «Сооружение газонефтепроводов, газохранилищ и нефтебаз».

ISBN 978-5-458-26886-8

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2016

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2016

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Глава 1

Общие сведения о насосных и компрессорных станциях магистральных трубопроводов

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСНЫХ И КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Современные магистральные нефте- и газопроводы большого диаметра представляют собой транспортные инженерные сооружения большой мощности и пропускной способности. Так, пропускная способность магистрального газопровода диаметром 1420 мм составляет 80 млн. м³/сут природного газа, а магистрального нефтепровода диаметром 1220 мм — 0,3 млн. т/сут нефти на расстояния до 3500—4500 км. Для того чтобы обеспечить перемещение таких объемов газа на большие расстояния по внутритрубному пространству, в начале (голове) газопроводов большого диаметра создают давление в 7,5 МПа. В ближайшей перспективе на вновь строящихся газопроводах начальное давление будет увеличено до 10—12 МПа. Начальное давление в магистральных нефтепроводах уже достигает 6,4 МПа. Энергия, обеспечивающая перемещение газа, нефти или нефтепродуктов по магистральным трубопроводам, сообщается соответственно компрессорными и насосными станциями. Однако энергия, переданная потоку газа или нефти в начале магистрального трубопровода, быстро снижается по мере перемещения, что приводит к снижению скорости перемещения потока. Если движущийся поток газа, нефти или нефтепродукта не будет получать дополнительную энергию, то давление во внутритрубном пространстве может уменьшиться до нуля, а движение потока газа, нефти или нефтепродукта может прекратиться. В связи с этим для компенсации потерь энергии в среднем через каждые 100—150 км по длине магистральных трубопроводов устанавливают промежуточные насосные или компрессорные станции.

На современных магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводах сооружают различные по назначению, компоновке и конструктивным решениям компрессорные и насосные (нефтеперекачивающие) станции.

По назначению и расположению на магистральном трубопроводе компрессорные и насосные станции подразделяют на головные и промежуточные.

Головные компрессорные и насосные станции располагают в начале (голове) магистральных трубопроводов. На головные компрессорные станции (ГКС) природный газ поступает с газо-

добывающих предприятий (газовых промыслов), подготовленный на установках комплексной подготовки газа (УКПГ) к дальнему трубопроводному транспорту. При необходимости на головных сооружениях (ГС), расположенных на территории ГКС, газ дополнительно очищают от пыли (частиц механических примесей) и осушают. На головную компрессорную станцию газ поступает под давлением 2—4 МПа, а затем с помощью центробежных нагнетателей с приводом от газотурбинных установок или электродвигателей компримируется и подается в магистральный газопровод под рабочим давлением. На головные насосные станции (ГНС) поступают товарная нефть, добытая на нефтяных промыслах и подготовленная к дальнему трубопроводному транспорту на установках промысловой подготовки нефти, продукты переработки нефти (нефтепродукты — бензин, дизельное топливо и др.). Нефть и нефтепродукт, поступающие на ГНС, вначале закачиваются в резервуары, входящие в состав резервуарного парка станции, а затем с помощью подпорных насосов подают на прием основных насосных агрегатов, которые направляют нефть и нефтепродукт в магистральный трубопровод под давлением до 6,4 МПа.

Промежуточные компрессорные и насосные станции предназначены для поддержания необходимого режима транспорта газа, нефти или нефтепродукта по всей длине магистрального трубопровода. Размещают промежуточные компрессорные и насосные станции по трассе магистрального трубопровода в среднем через каждые 100—150 км. Подключение промежуточных станций к магистральному трубопроводу предусматривает возможность их отключения и пропуск газа, нефти или нефтепродукта по трубопроводу, минуя промежуточные станции. Необходимое число компрессорных и насосных станций определяют специальным расчетом.

По конструкции и объемно-планировочным решениям компрессорные и насосные станции подразделяют на:

компрессорные и насосные станции в традиционном исполнении;

блочно-комплектные компрессорные и насосные станции с размещением основных перекачивающих агрегатов в общих или индивидуальных зданиях;

полностью блочно-комплектные компрессорные и насосные станции с размещением всех перекачивающих агрегатов и оборудования в блок-боксах или блок-контейнерах, включая блочно-модульные станции.

На компрессорных и насосных станциях в традиционном исполнении основные перекачивающие агрегаты и часть вспомогательного оборудования размещали в тяжелых капитальных зданиях, главным образом с железобетонным несущим каркасом. При этом большое число единиц основного и вспомогательного оборудования поступало с заводов-изготовителей не укрупненными блоками, а в виде отдельных частей и деталей с последую-

щей их монтажной сборкой на строительной площадке. Компрессорные и насосные станции такого типа отличались большой трудоемкостью строительства и монтажа и длительными сроками их сооружения. В настоящее время подобные компрессорные и насосные станции уже не сооружают. Но значительное их число, построенное в 50—60-е годы и в начале 70-х годов, находится в эксплуатации. На всех строящихся магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводах сооружают только блочно-комплектные и блочно-модульные компрессорные и насосные станции. При этом степень блочности станций, т. е. степень насыщения их блочно-комплектными и блочно-модульными устройствами различная.

По типу привода перекачивающих агрегатов компрессорные и насосные станции подразделяют на:

компрессорные станции, оснащенные перекачивающими агрегатами с приводом от газовых турбин. В качестве топлива для турбин используют природный газ, забираемый из магистрального газопровода. Для привода центробежных нагнетателей при транспортировке газа используют следующие виды газовых турбин: стационарные, мощностью 6, 10, 16, 25 тыс. кВт, авиационные и судовые мощностью 6, 10, 16 тыс. кВт;

компрессорные станции, оснащенные перекачивающими агрегатами с приводом от электродвигателей;

насосные станции, оснащенные перекачивающими агрегатами с приводом от электродвигателей.

Из данных табл. 1 видно дальнейшее сохранение и даже некоторое увеличение применения газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. Причем этот прирост осуществляется за счет более широкого применения в качестве привода центробежных нагнетателей авиационных и судовых газовых турбин, а также мощных стационарных газовых турбин ГТН-16 и ГТН-25. Все строящиеся насосные станции магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов имеют привод от электродвигателей. Следует отметить, что вид привода перекачивающих аг-

Таблица 1. Распределение газоперекачивающих агрегатов с приводами различных типов (в % установленной мощности) по годам [12, 32]

Газоперекачивающий агрегат	1980 г.	Ввод в действие за 1981—1985 гг.	1985 г.
С газотурбинным приводом	78,3	79	82,7
В том числе:			
от стационарных газовых турбин	47,2	44,6	41,5
от авиационных газовых турбин	19,3	24,4	25
от судовых газовых турбин	11,8	10	16,2
С электроприводом	18,5	21	14
Газомотокомпрессор	3,2	—	3,3

Таблица 2. Характеристика зданий компрессорных и насосных станций

Станция	Характеристика перекачивающего агрегата	Вид применяемого здания
Компрессорная	Привод от стационарных газовых турбин ГТК-10, ГТ-7-750 и ГТ-750-6	Общее здание
Компрессорная	Привод от стационарных газовых турбин ГТН-25, ГТН-16 и ГТН-6	Индивидуальные здания для каждого агрегата
Компрессорная	Привод от судовых газовых турбин ГПУ-10	То же
Компрессорная	Привод от авиационных газовых турбин ГПА-Ц-6,3 и ГПА-Ц-16	Транспортабельные боксы
Компрессорная	С электроприводом СТД-4000 и СТД-125000	Общее здание
Насосная	С электроприводом	То же

регатов является определяющим в выборе типа здания компрессорного или насосного цеха (табл. 2).

Объемно-планировочные и конструктивные решения, габариты зданий компрессорных и насосных цехов непосредственно зависят от конструкции и габаритов перекачивающих агрегатов.

В зависимости от вместимости резервуарных парков насосные станции магистральных нефте- и нефтепродуктов принято разделять на три категории: I — более 50 тыс. м³; II — от 10 до 50 тыс. м³; III — менее 10 тыс. м³ и при отсутствии резервуарного парка.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАСОСНЫХ И КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Как и любой промышленный или гражданский объект, насосные и компрессорные станции магистральных трубопроводов сооружают только в соответствии с проектами, разработанными государственными проектными организациями. Проекты магистральных трубопроводов для транспортировки нефти, нефтепродуктов и газа, в состав которых в качестве наземных объектов входят насосные и компрессорные станции, разрабатывают проектные институты Миннефтепрома (Гипротрубопровод, Южгипронефтепрвод и др.), Госкомнефтепродукта РСФСР (Гипронефтетранс), Мингазпрома (Гипроспецгаз, Южногипрогаз, ВНИПИ-Трансгаз, Союзгазпроект и др.).

При проектировании магистральных трубопроводов и входящих в их состав насосных и компрессорных станций проектные организации руководствуются:

законами СССР, указами Президиума Верховного Совета СССР, решениями правительства СССР;

документами по основным техническим направлениям в проектировании предприятий нефтяной и газовой промышленности;

нормами технологического проектирования, строительными нормами и правилами (СНиП), инструкциями по проектированию и строительству, техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов и др.

утвержденными каталогами индустриальных строительных изделий, перечнями (каталогами) типов проектов для применения в строительстве;

стандартами на строительные материалы, детали, конструкции, санитарно-техническое оборудование и строительный инструмент;

сметными нормативами для определения сметной стоимости строительства;

информацией о новом технологическом и вспомогательном оборудовании, новых строительных материалах и изделиях.

При проектировании насосных и компрессорных станций магистральных трубопроводов руководствуются следующими строительными нормами и правилами и инструкциями: СНиП II-45—75 «Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования», СНиП II-89—80 «Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования», СНиП II-90—81 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования зданий и сооружений», СНиП II-106—79 «Склады нефти и нефтепродуктов. Нормы проектирования», СН 433—79 «Инструкция по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтяной и газовой промышленности».

Проект магистрального трубопровода с насосными или компрессорными станциями состоит из проекта со сводным сметным расчетом стоимости и рабочей документации. Причем, если проектирование ведут в две стадии, то на первой стадии выполняют собственно проект со сводным сметным расчетом стоимости. После экспертизы и утверждения собственно проекта на второй стадии разрабатывают рабочую документацию. При проектировании в одну стадию сразу разрабатывают рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости. Стадийность разработки проектно-сметной документации устанавливает заказчик в задании на проектирование.

Проект на строительство магистрального трубопровода с насосными или компрессорными станциями состоит из следующих разделов¹:

общая пояснительная записка, включающая ряд документов, в том числе план и продольный профиль трассы для линейной

¹ СН 202—81 «Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

части, схему генерального плана и ситуационный план размещения насосной или компрессорной станции;

- технологические решения;
- строительные решения;
- организация строительства;
- сметная документация;
- паспорт проекта.

В состав рабочей документации для сооружения насосных или компрессорных станций входят следующие документы:

- рабочие чертежи, разрабатываемые в соответствии с требованиями государственных стандартов СПДС;

- сметы;

- ведомости объемов строительных и монтажных работ, составленные по установленной форме;

- ведомости и сводные ведомости потребности в материалах;

- расчеты показателей изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, затрат труда и расхода основных строительных материалов;

- спецификации на оборудование, опросные листы и габаритные чертежи;

- паспорта строительных рабочих чертежей зданий и сооружений.

Рабочий проект состоит из следующих документов:

- общая пояснительная записка, основные чертежи, в том числе ситуационный и генеральный планы;

- организация строительства;

- сметная документация;

- паспорт рабочего проекта.

Параллельно с составлением указанной документации осуществляют разработку рабочей документации.

Рассмотрим несколько подробнее наиболее важные части проекта (рабочего проекта).

Общая пояснительная записка содержит исходные данные для проектирования, краткую характеристику объекта, оценку оптимальности выбранного варианта размещения объекта, данные о проектной мощности объекта, сведения о потребности в топливе, воде, тепловой и электрической энергии, трудовых ресурсах, изложение и оценку прогрессивности и экономичности основных проектных решений; состав предприятия (насосной или компрессорной станции); сведения по объемам основных работ; сведения о проведенных согласованиях проектных решений и соблюдении требований норм, правил, инструкций и государственных стандартов, в том числе норм по взрыво- и пожаробезопасности; краткую характеристику района и площадки строительства; мероприятия по восстановлению (рекультивации) земельного участка.

В состав общей пояснительной записки входят также решения и показатели по генеральному плану, внутриплощадочному и внешнему транспорту. Основные чертежи в составе общей по-

яснительной записки: ситуационный план или план и продольный профиль трассы (для линейной части магистральных трубопроводов); схема генерального плана.

Ситуационный план — план, показывающий размещение объекта строительства в увязке с производственной базой строительно-монтажной организации, ближайшими населенными пунктами, источниками и внешними сетями энерго-, тепло- и водоснабжения, сооружениями и сетями канализации, транспорта и связи, карьерами и отвалами, а также основные особенности природных условий территории в районе строительства.

Генеральный план (генплан) — часть проекта, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства объекта строительства, размещения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций и инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания. В графической части (схеме) генплана показывают горизонтальную планировку, т. е. размещение в плане существующих и проектируемых зданий и сооружений, очередность строительства объектов и пусковых комплексов, благоустройство территории, картограмму земляных масс, план инженерных коммуникаций и сетей. Графическую часть (схему) генплана выполняют в масштабах 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000.

Раздел «Технологические решения» содержит производственную расчетную программу; краткую характеристику и обоснование решений по технологии производства, механизации и автоматизации технологических процессов; предложения по организации контроля за качеством продукции; состав и оценку прогрессивности выбранного оборудования, показатели его загрузки. В разделе приведены решения по принятой технологии транспортировки нефти, нефтепродуктов и газа, выбранным перекачивающим агрегатам, вспомогательному оборудованию и трубопроводной обвязке перекачивающих агрегатов, обеспечению насосной или компрессорной станции электроэнергией, газом и теплом. Указываются мероприятия по охране окружающей среды. Графическая часть содержит принципиальные схемы технологических процессов и механизации производства, технологические компоновки по цехам, схемы автоматизации технологических процессов и другой графический материал.

В разделе «Строительные решения» дается краткое описание архитектурно-строительных решений по зданиям и сооружениям насосных и компрессорных станций и проектных решений, обеспечивающих заданную освещенность, благоприятные условия воздушной среды производственных и вспомогательных помещений, снижение производственных шумов и вибраций, электро-, взрыво- и пожаробезопасность и защиту строительных конструкций от коррозии. Приводится также краткое описание проектных решений по бытовому и санитарному обслуживанию работающих на насосной или компрессорной станции. Графическая часть содержит планы, разрезы и фасады зданий и сооружений, строя-

щихся по индивидуальным проектам, со схематическим изображением основных несущих и ограждающих конструкций. По объектам, сооружаемым по типовым проектам, приводятся каталогные листы типовых проектов, а по повторно применяемым проектам — основные чертежи. Приводятся также эскизные решения по антакоррозионной защите строительных конструкций, схемы трасс внешних инженерных и транспортных коммуникаций, планы и профили внутриплощадочных сетей и сооружений на них.

Раздел «Организация строительства» содержит проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР). Графическая часть состоит из ситуационного плана строительства и строительного генерального плана (стройгендеплана).

Проект организации строительства — составная часть проекта (рабочего проекта), определяющая общую продолжительность и промежуточные сроки строительства, распределение капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ, материально-технические и трудовые ресурсы и источники их покрытия, основные методы выполнения строительно-монтажных работ и структуру управления строительством объекта. Проект организации строительства — основной документ, в соответствии с которым планируют капитальные вложения, кадры, материально-технические ресурсы, мероприятия по организации индустриальной базы строительства. Проект организации строительства разрабатывает генеральная проектная организация, которая для разработки специальных вопросов привлекает специализированные проектные организации.

В состав проекта организации строительства входят следующие материалы:

сводный календарный план или сетевой график строительства (для насосных и компрессорных станций — сетевой график);

календарный план работ, выполняемых в подготовительный период;

объемы строительно-монтажных и специальных строительных работ;

строительный генеральный план насосной или компрессорной станции;

технологические карты на сложные работы, выполняемые впервые; на остальные строительно-монтажные и специальные строительные работы составляют схемы организации работ;

чертежи временных зданий и сооружений, а также различных монтажных приспособлений;

решения по охране труда, требующие проектной разработки; пояснительная записка.

Строительный генеральный план (стройгендеплан) — часть проекта организации строительства, регламентирующая организацию строительной площадки. Страйгендеплан составляют на ос-

новании генплана. В отличие от генплана на стройгенплане кроме возводимых постоянных зданий и сооружений показывают также все временные сооружения, необходимые для осуществления процесса строительства, в нашем случае — насосной или компрессорной станции. К таким временным сооружениям относят дороги и пути транспорта для строительства; подсобные предприятия и механизированные установки, размещаемые на строительной площадке; основные монтажные машины и механизмы; склады материалов и строительных конструкций; временные водопроводные и канализационные сети; временные сети электроснабжения; временные коммуникации пара, сжатого воздуха и т. д.

В разделе «Сметная документация» определяется сметная стоимость проектируемой насосной или компрессорной станции. Для определения сметной стоимости составляют следующие документы:

в составе проекта — сводный сметный расчет, сводку затрат; объектные и локальные сметные расчеты; сметы на проектные и изыскательские работы;

в составе рабочей документации — объективные и локальные расчеты.

В разделе «Паспорт проекта», который входит во все проекты, кроме объектов жилищно-гражданского строительства указываются основные данные спроектированного объекта. Паспорт проекта составляют по установленной форме.

При проектировании в одну стадию в состав рабочего проекта входят: сводный сметный расчет, сводка затрат, объектные и локальные сметы, сметы на проектные и изыскательские работы.

Площадки для сооружения насосных и компрессорных станций магистральных трубопроводов выбирают исходя из следующих требований:

размеры площадки должны обеспечивать размещение всех объектов и инженерных сооружений насосной или компрессорной станции. При этом следует (при соблюдении нормативных расстояний между объектами и сооружениями) обеспечить необходимую плотность застройки площадки

$$K_{пл} = (F_{пл}/F) 100 \%,$$

где $F_{пл}$ — полезная площадь, занимаемая объектами на строительной площадке; F — общая площадь строительной площадки.

Нормативными документами¹ установлены минимальные плотности застройки для различных отраслей промышленности. Для компрессорных станций магистральных газопроводов минимальная плотность застройки составляет 40 %;

¹ СНиП II-89—80 «Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования».

желательно, чтобы рельеф площадки был спокойным, без больших неровностей;

несущая способность грунтов в пределах строительной площадки должна обеспечивать возведение основных объектов насосных и компрессорных станций;

уровень грунтовых вод на строительной площадке должен быть низким;

площадки насосных и компрессорных станций, как правило, должны располагаться по одну сторону магистрального трубопровода.

Выполнять все вышеуказанные требования к строительным площадкам в условиях их строгой привязки к местности чрезвычайно трудно, особенно в условиях северных районов Западной Сибири и Крайнего Севера.

При проектировании насосных и компрессорных станций необходимо осуществлять горизонтальную и вертикальную планировки строительной площадки.

Горизонтальная планировка — рациональное размещение в плане всех объектов и инженерных сооружений насосных и компрессорных станций. При размещении объектов и сооружений насосных и компрессорных станций необходимо учитывать

Таблица 3. Категории производств промышленных предприятий по СНиП II-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования»

Характеристика производств	Категория производств	Характеристика обращающихся в производстве веществ
Взрывопожаро-опасные	A	Горючие газы с нижним пределом взрывоопасности 10 % и менее по отношению к объему воздуха и жидкости с температурой вспышки паров до 28 °C включительно при условии, что указанные газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения
	Б	Горючие газы с нижним пределом взрывоопасности более 10 % по отношению к объему воздуха и жидкости с температурой вспышки паров с 28 до 61 °C включительно
	В	Жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °C
	Г	Несгораемые вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени
	Д	Несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии
	Е	Горючие газы без жидкой фазы и взрывоопасной пыли в таком количестве, что они могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения, и в которых по условиям технологического процесса возможен только взрыв (без последующего горения)