

Р. А. Алиев

**Трубопроводный транспорт
нефти и газа**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62-63
ББК 30.6
Р11

Р. А. Алиев
Р11 Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р. А. Алиев – М.: Книга по Требованию, 2013. – 368 с.

ISBN 978-5-458-25835-7

Показана роль трубопроводного транспорта и народном хозяйстве. Приведены технологические расчеты магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводов. Рассмотрена перекачка нефтей в смеси с разбавителями, депресаторами, поверхностно-активными веществами, а также перекачка нестабильного конденсата и широкой фракции легких углеводородов. Во втором издании (1-е изд. 1978) особое внимание уделено использованию ЭВМ в учебном процессе при решении задач по автоматизации проектирования и системному анализу различных технологических ситуаций и трубопроводном транспорте нефти и газа. Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов, газохранилищ и нефтебаз».

ISBN 978-5-458-25835-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

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, клякс, 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 первоизданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Для уменьшения загрузки железных дорог Кавказа, а также для удешевления транспорта нефти к портам Черного моря уже к 1925 г. возникла необходимость в сооружении магистральных нефтепроводов. Были построены нефтепроводы Баку—Батуми длиной 834 км и Грозный—Туапсе длиной 649 км, диаметром 273 мм.

В годы первых пятилеток было сооружено несколько трубопроводов, в том числе первенец Второго Баку нефтепровод Ишимбай—Уфа длиной 169 км и диаметром 300 мм, а также нефтепродуктопроводы для последовательной перекачки нефтепродуктов.

К 1941 г. в промышленной эксплуатации находились магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы общей протяженностью около 4100 км. Максимальный диаметр составлял 300 мм. Насосные станции, как правило, оборудовались плунжерными насосами, строительство было слабо механизировано. Во время Великой Отечественной войны были построены нефтепроводы Оха—Софийское, затем продолженный до Комсомольска-на-Амуре и Астрахань—Саратов. В период обороны Ленинграда большую роль сыграл небольшой подводный бензопровод, уложенный через Ладожское озеро.

В послевоенные годы нефтепроводное строительство определялось бурным развитием нефтедобывающей промышленности в Волго-Уральском бассейне, а также строительством нефтеперерабатывающих заводов Урала и Поволжья. За последние десятилетия были построены магистральные трубопроводы больших диаметров (до 1200 мм) и значительной протяженности для подачи нефти месторождений Татарии, Тюменской области, Башкирии на нефтеперерабатывающие заводы Урала, Сибири, а также в центральные и западные районы нашей страны.

В одиннадцатой пятилетке построено около 12 тыс. км магистральных нефтепроводов. Введен нефтепровод Сургут—Полоцк. В результате западносибирская нефть получила выход в центральные районы страны, Белоруссию и Прибалтику. С вводом в действие нефтяных магистралей Грозный—Баку, Павлодар—Чимкент и второй нитки нефтепровода Красноярск—Иркутск прекращены железнодорожные перевозки на расстоянии 3,5 тыс. км. Самый дешевый трубопроводный транспорт получил дальнейшее развитие. Обеспечен выход западносибирской нефти на нефтеперерабатывающие заводы Северного Кавказа, Азербайджана, в республики Средней Азии, к объектам Восточной Сибири.

Газовая промышленность СССР — самая молодая отрасль топливной промышленности. В дореволюционной России природный газ не добывался. Попутный нефтяной газ как промышленное и бытовое топливо начали использовать в Баку в 1880—1890 гг. В Москве, Петербурге и других городах существовали газовые заводы для получения газа из угля для бытовых целей и освещения улиц. После Великой Октябрьской социалистической революции использование попутного нефтяного газа возросло. Если в Баку до революции в год потреблялось лишь 33 млн. м³ попутного газа, то в 1927—1928 гг. было добыто и использовано в Баку и Грозном 270 млн. м³ газа.

В настоящее время основным средством транспорта газа от месторождений до потребителей в нашей стране (как и во всем мире) являются трубопроводы. В развитии отечественного трубопроводного транспорта газа можно выделить три этапа:

I этап (1917—1940 гг.) — транспортировка в основном попутного газа по газопроводам небольшого диаметра (до 300 мм) лишь на короткие расстояния, отсутствие разведочных работ на газ; незначительная доля газа в топливном балансе страны;

II этап (1941—1955 гг.) — развитие дальнего транспорта газа (до 1400 км) по газопроводам большого диаметра (до 700 мм); рост объема разведочных работ на газ; медленное повышение доли газа в топливном балансе страны;

III этап (с 1956 г.) — создание отдельных систем магистральных газопроводов; формирование Единой системы газоснабжения страны.

II этап можно считать периодом становления отечественного трубопроводного транспорта газа. В 1944—1946 гг. строится первый крупный в нашей стране магистральный газопровод Саратов—Москва протяженностью 840 км из труб диаметром 300 мм. При прокладке этого газопровода формировались организационные формы и технологии отечественного строительства трубопроводов. В 1952 г. введен в эксплуатацию второй крупный магистральный газопровод Дашава—Киев—Брянск—Москва общей протяженностью 1300 км из труб диаметром 500 мм. На этом газопроводе проверяются новые технические решения нашей промышленности, накапливается опыт прокладки магистральных газопроводов. Если на газопроводе Саратов—Москва были установлены импортные газомотокомпрессоры, то на газопроводе Дашава—Киев—Брянск—Москва — отечественные газомотокомпрессоры 10ГК завода «Двигатель Революции» единичной мощностью 736 кВт.

Для III этапа развития магистрального трубопроводного транспорта газа в нашей стране, как уже было сказано, характерно формирование Единой системы газоснабжения.

До начала 60-х годов строились отдельные газопроводы, соединяющие газовые месторождения с промышленными центрами. К середине 60-х годов создаются системы магистральных газопроводов — Центральная, Восточно-Украинская, Западная, Поволжская, Среднеазиатская и Уральская, объединившие крупнейшие газоносные районы.

В конце 60-х годов создаются еще две системы магистральных газопроводов: Средняя Азия — Центр и Северная, на которых впервые применены трубы диаметром 1220 мм. Рост газопотребления, удаленность основных потребителей от источников газа и естественная сезонная неравномерность потребности в топливе вызвали необходимость создания хранилищ газа. Создана Единая система газоснабжения путем кольцевания региональных систем газоснабжения. Их взаимодействие, взаиморезервирование создают гибкость в маневрировании потоками газа, повышают надежность газоснабжения промышленных центров страны и населения газовым топливом из различных газодобывающих районов, способствуют максимальному использова-

нию производственных мощностей газовых промыслов и магистральных газопроводов страны.

Отличительной особенностью современного этапа развития газотранспортной системы является концентрация транспортных мощностей за счет внедрения труб большого диаметра (1220, 1420 мм) и газонефтеперекачивающих агрегатов больших единичных мощностей. В 1982 г. впервые в мировой практике был введен в эксплуатацию газопровод диаметром 1420 мм на участке Медвежье—Надым. Энергетический потенциал потока газа, транспортируемого по трубопроводу диаметром 1420 мм при давлении 7,5 МПа, эквивалентен мощности электростанции, равной 15 тыс. МВт. Составляя 11 % от общей протяженности газопроводной системы СССР, магистрали нового класса обеспечивают транспортировку 40 % добываемого газа.

Новый этап в развитии трубопроводного транспорта связан со строительством этано-, этилено-, аммиакопроводов и других топливных магистралей. Транспортировка по подземным трассам химических продуктов в 2—3 раза ускоряет его доставку, позволяет улучшить технологическую схему производства и распределения. Широко будет развиваться новое направление — гидротранспорт угля и рудных концентратов.

Рост сети магистральных трубопроводов — материальная основа интенсификации транспорта больших количеств углеродородного сырья и топлива, мощный импульс к дальнейшему развитию производительных сил страны, обеспечению снижения транспортных потерь, исключение потерь продукта, повышению надежности, маневренности снабжения, практически полному исключению негативного воздействия транспортного процесса на окружающую среду. Беспрерывная подача трубопроводным транспортом топлива и сырья непосредственно на технологические установки способствует повышению технической культуры и качества работы на предприятиях — потребителях нефти и газа.

Итоги развития систем трубопроводного транспорта показывают, что проверенная практикой тесная связь науки с производством, всемерное ускорение внедрения научных разработок при сооружении и эксплуатации трубопроводов являются основой технического прогресса в отрасли. Впервые в мире многониточная система трансконтинентальных трубопроводных магистралей сооружена в едином коридоре, причем каждый трубопровод выводится на проектную мощность в год пуска. Для сооружения использована качественно новая организация и технология строительства. Начат серийный выпуск стационарных газоперекачивающих агрегатов на 25 МВт с полнонапорными нагнетателями.

Создание высокоэффективного отечественного оборудования для трубопроводов, его производство, своевременное и качественное строительство трубопроводных магистралей — важнейшая национальная государственная программа, которая успешно выполняется. Разработанные мероприятия по техническому прогрессу в отрасли охватывают широкий круг инженерно-технических проблем. Прокладка мощных трубопроводов в единых коридорах, создание газопроводов

нового класса, строительство трубопроводов в вечномерзлых грунтах и заболоченных местностях, применение новых конструктивных материалов и труб, транспорт высоковязких нефтей, охлажденного газа, защита магистралей от коррозии, охраны окружающей среды при сооружении и эксплуатации трубопроводов требуют решения сложных научно-технических вопросов, привлечения достижений современной науки.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Нефтепроводом принято называть трубопровод, предназначенный для перескачки нефти и нефтепродуктов. Когда хотят подчеркнуть, что перекачиваются именно нефтепродукты, то употребляют термин нефтепродуктопровод. В зависимости от вида перекачиваемого нефтепродукта трубопровод называют также бензинопроводом, керосинопроводом, мазутопроводом и т. д.

По своему назначению нефтепроводы и нефтепродуктопроводы делятся на следующие группы:

внутренние — соединяют различные объекты и установки на промыслах, нефтеперерабатывающих заводах и нефтебазах;

местные — по сравнению с внутренними имеют большую протяженность (до нескольких десятков километров) и соединяют нефтепромыслы или нефтеперерабатывающие заводы с головной станцией магистрального нефтепровода или с пунктами налива на железной дороге или в наливные суда;

магистральные — характеризуются большой протяженностью (сотни и тысячи километров), поэтому перекачка ведется не одной, а несколькими станциями, расположенными по трассе. Режим работы трубопроводов — непрерывный (кратковременные остановки носят случайный характер или связаны с ремонтом).

Согласно СНиП 2.05.06—85 магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы подразделяются на четыре класса в зависимости от условного диаметра труб (в мм): I — 1000—1200; II — 500—1000; III — 300—500; IV — менее 300.

Магистральным газопроводом называется трубопровод, предназначенный для транспортировки газа из района добычи или производства в район его потребления, или трубопровод, соединяющий отдельные газовые месторождения. Ответвлением от магистрального газопровода называется трубопровод, присоединенный непосредственно к магистральному газопроводу и предназначенный для отвода части транспортируемого газа к отдельным населенным пунктам и промышленным предприятиям.

Магистральные газопроводы в соответствии со СНиП 2.05.06—85, в зависимости от рабочего давления в трубопроводе, подразделяются на два класса: I — 2,5—10 МПа; II — 1,2—2,5 МПа.

Пропускная способность действующих одноконтурных магистральных газопроводов зависит от диаметра трубопровода и составляет 10—50 млрд. м³ газа в год.

Прокладку трубопроводов можно осуществлять одиночно и параллельно действующим или проектируемым магистральным трубопроводам — в техническом коридоре. Под техническим коридором магистральных трубопроводов согласно СНиП 2.05.06 –85 понимают систему параллельно приложенных трубопроводов по одной трассе, предназначенных для транспортировки нефти (нефтепродукта, в том числе сжиженных углеводородных газов) или газа (газового конденсата). В отдельных случаях допускается совместная прокладка в одном техническом коридоре нефтепроводов (нефтепродуктопроводов) и газопроводов.

СОСТАВ СООРУЖЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В состав магистральных трубопроводов (рис. В.1, В.2) входят: линейные сооружения, представляющие собой собственно трубопровод, систему противокоррозионной защиты, линии связи и т. п.; перекачивающие и тепловые станции; конечные пункты нефтепроводов и нефтепродуктопроводов и газораспределительные станции (ГРС), на которых принимают поступающий по трубопроводу продукт и распределяют его между потребителями, подают на завод для переработки или отправляют далее другими видами транспорта.

В некоторых случаях в состав магистрального трубопровода входят и подводные трубопроводы, по которым нефть или газ от промыслов подается к головным сооружениям трубопровода.

Основные элементы магистрального трубопровода — сваренные в непрерывную нитку трубы, представляющие собой собственно трубопровод. Как правило, магистральные трубопроводы заглубляют в грунт обычно на глубину 0,8 м до верхней образующей трубы, если большая или меньшая глубина заложения не диктуются особыми геологическими условиями или необходимостью поддержания температуры перекачиваемого продукта на определенном уровне. Для магистральных трубопроводов применяют цельнотянутые или сварные трубы диаметром 300—1420 мм. Толщина стенок труб определяется проектным давлением в трубопроводе, которое достигает 10 МПа. Трубопровод, прокладываемый по районам с вечномерзлыми грунтами или через болота, можно укладывать на опоры или в искусственные насыпи.

На пересечениях крупных рек газопроводы (а в некоторых случаях и нефтепроводы) утяжеляют закрепленными на трубах грузами или сплошными бетонными покрытиями и заглубляют ниже дна реки. Кроме основной укладывают резервную нитку перехода того же диаметра. На пересечениях железных и крупных шоссеиных дорог трубопровод проходит в патроне из труб, диаметр которых на 100—200 мм больше диаметра трубопровода. Для удовлетворения потребности в нефтепродуктах и газе населенных пунктов, находящихся вблизи трасс нефтепродуктопроводов и газопроводов, от них прокладывают отводы или ответвления из труб сравнительно малого диаметра, по которым часть нефтепродуктов (периодически) и газа (непрерывно)

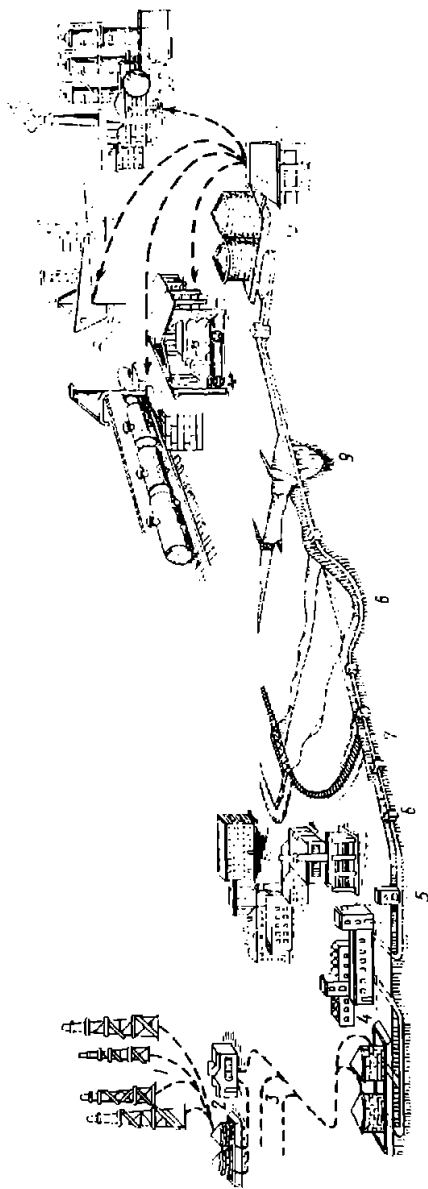


Рис. В. 1. Схема сооружений магистрального нефтепровода.

1 — промысел; 2 — нефтепроводный пункт; 3 — подводящие трубопроводы; 4 — головные сооружения (дизельная, насосная, электростанция и др.); 5 — узел пуска и сброса; 6 — линейный пост; 7 — деривационный пост; 8 — подводящая железная дорога; 9 — подводящий переход через реку; 9' — насосный переход через овраг (ручей); 9'' — конечный распределительный пункт.

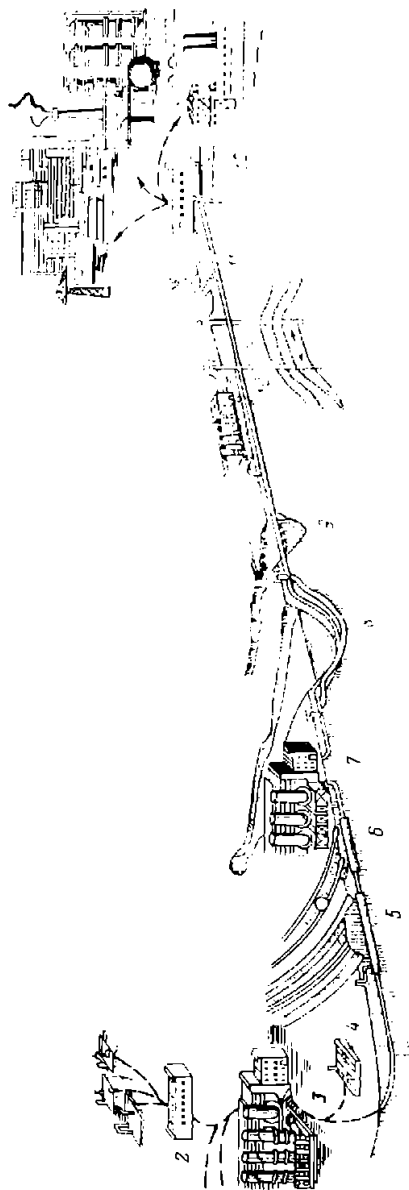


Рис. В.2. Схема сооруженный магистрального газопровода:

1 — промысел; 2 — газосборный пункт; 3 — головная КС с очисными устройствами; 4 — отвод к ГРС; 5 и 6 — переходы через железную и шоссейную дороги; 7 — промежуточная КС; 8 и 9 — переходы через реку и овраги; 10 — подземное газохранилище; II — станция катодной защиты; 12 — конечная ГРС.

отводится в эти населенные пункты. С интервалом 10—30 км в зависимости от рельефа трассы на трубопроводе устанавливают линейные краны или задвижки для перекрытия участков в случае аварии или ремонта. С обеих сторон линейного крана на газопроводе имеются свечи для выпуска газа в атмосферу при авариях.

Вдоль трассы проходит линия связи (телефонная, радиорелейная), которая в основном имеет диспетчерское назначение. Ее можно использовать для передачи сигналов телеизмерения и телеуправления. Располагаемые вдоль трассы станции катодной и дренажной защиты, а также протекторы защищают трубопровод от наружной коррозии, являясь дополнением к противокоррозионному изоляционному покрытию трубопровода. На расстоянии 10—20 км друг от друга вдоль трассы размещены усадьбы линейных обходчиков, в обязанность которых входит наблюдение за исправностью своего участка трубопровода и устройствами электрической защиты трубопровода от коррозии.

Перекачивающие станции располагаются на нефтепроводах с интервалом 50—150 км и на газопроводах с интервалом 100—200 км. Перекачивающие (насосные) станции нефтепроводов и нефтепродуктопроводов оборудованы центробежными насосами с электроприводом. Подача применяемых в настоящее время магистральных насосов достигает 12 500 м³/ч. В начале нефтепровода находится головная насосная станция (НС), которая располагается вблизи нефтяного промысла или в конце подводящих трубопроводов, если магистральный нефтепровод обслуживают несколько промыслов или один промысел, разбросанный на большой территории. Головная насосная станция отличается от промежуточных наличием резервуарного парка объемом, равным двух-, трехсуточной пропускной способности нефтепровода. Кроме основных объектов, на каждой насосной станции имеется комплекс вспомогательных сооружений: трансформаторная подстанция, снижающая напряжение подаваемого на линию электропередач (ЛЭП) тока с 110 или 35 до 6 кВ, котельная, а также системы водоснабжения, канализации, охлаждения и т. п. Если длина нефтепровода превышает 800 км, его разбивают на эксплуатационные участки длиной 400—800 км, в пределах которых возможна независимая работа насосного оборудования. Промежуточные насосные станции на границах участков должны располагать резервуарным парком объемом, равным 0,3—1,5 суточной пропускной способности трубопровода. Как головная, так и промежуточные насосные станции с резервуарными парками оборудуются подпорными насосами. Аналогично устройство насосных станций магистральных нефтепродуктопроводов.

Компрессорные станции (КС) газопроводов оборудуют поршневыми или центробежными компрессорами с приводом от поршневых двигателей внутреннего сгорания, газовых турбин и электродвигателей. Мощность одного агрегата в настоящее время достигает 25 МВт. Обычно центробежные компрессоры работают группами по два или три последовательно, и несколько групп могут быть включены на параллельную работу. Подача одного агрегата может достигать 50 млн. м³/сут, а давление на выходе станции — 10 МПа. При высоком пластовом давлении газа в первый период эксплуатации месторождения

газопровод может работать без головной компрессорной станции. На всех компрессорных станциях газ очищается в пылеуловителях от механических примесей. Кроме того, на головной станции возможны осушка газа, очистка от сероводорода и углекислого газа и одоризация природного газа. Компрессорные станции, так же как и насосные, имеют вспомогательные сооружения: котельные, системы охлаждения, электроснабжения, канализации и др.

Тепловые станции устанавливают на трубопроводах, транспортирующих высокозастывающие и высоковязкие нефти и нефтепродукты, иногда их совмещают с насосными станциями. Для подогрева перекачиваемого продукта применяют подогреватели паровые или огневые (печи). Для снижения тепловых потерь такие трубопроводы могут быть снабжены теплоизоляционным покрытием.

Конечный пункт нефтепровода -- либо сырьевой парк нефтеперерабатывающего завода, либо перевалочная нефтебаза, обычно морская, откуда нефть танкерами перевозится к нефтеперерабатывающим заводам или экспортируется за границу. Конечный пункт нефтепродуктопровода -- резервуарный парк перевалочной или крупной распределительной нефтебазы.

Магистральный газопровод подает газ к газораспределительным станциям и контрольно-распределительным пунктам, где его очищают от механических примесей, конденсата и влаги, замеряют проходящий объем, снижают давление и одорируют (если это не было выполнено на головных сооружениях газопровода) перед подачей к потребителю.

Глава 1

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ИЗЫСКАНИЯ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

1.1. ВЫБОР НАИВЫГОДНЕЙШЕГО СПОСОБА ТРАНСПОРТА НЕФТЯНЫХ ГРУЗОВ

Существуют три основных вида транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: водный, железнодорожный, трубопроводный. Природный газ, находящийся в газообразном состоянии, транспортируется только по трубопроводам. Для перевозки природного газа между континентами, разделенными морями, применяется транспорт сжиженного (с температурой около -160°C) природного газа в специальных танкерах-метановозах.

Каждый вид транспорта имеет особенности.

Водный транспорт позволяет в наливных баржах и танкерах, а также в мелкой таре перевозить нефть, нефтепродукты и сжиженные природные и нефтяные газы в любых количествах. Если речь идет о речном транспорте, то водный путь, как правило, длиннее трассы трубопровода или железнодорожного пути. В некоторых случаях это существенно удорожает транспорт. Речной транспорт носит сезонный характер. Поэтому в пунктах палуба и разгрузки судов надо строить дополнительные емкости для накопления нефтяных грузов на межсезонный период или заменять водный транспорт железнодорожными перевозками.

Железнодорожным транспортом можно перевозить нефтяные грузы всех видов, в том числе и сжиженные нефтяные газы, в цистернах, бункерах или легкой таре. Использование железнодорожного транспорта при больших установившихся нефтяных грузооборотах нецелесообразно из экономических соображений. Для перевозки мелких партий нефтепродуктов (в первую очередь масел, битума и других) железная дорога является предпочтительным видом транспорта. Железнодорожный транспорт хотя и не является непрерывным, но обладает меньшей степенью неравномерности работы по сравнению с водным транспортом (перевозки производятся круглый год).

Трубопроводы служат для транспортировки больших количеств нефти, нефтепродуктов и сжиженных нефтяных газов в одном направлении. Трубопроводный транспорт обладает следующими преимуществами по сравнению с другими видами транспорта:

трасса трубопровода короче трасс других видов транспорта, причем трубопровод может быть проложен между двумя любыми пунктами на суше, находящимися на любом расстоянии друг от друга;

трубопроводный транспорт отличается от других видов транспорта — непрерывный, что обеспечивает ритмичную работу поставщиков и бесперебойное снабжение потребителей, благодаря чему отпадает не-