



ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОСТОГО ТРУБОПРОВОДА



Омск 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная
академия (СибАДИ)»

Кафедра подъемно-транспортных, тяговых машин и гидропривода

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОСТОГО ТРУБОПРОВОДА

Методические указания
для курсового проектирования по дисциплине
«Основы гидромеханики»

Составители Н.С.Галдин, И.А.Семенова

Омск СибАДИ
2012

УДК 532.542: 626.226

ББК 39.71-022.82

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.А.Руппель

Работа одобрена научно-методическим советом специальности 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства» факультета НСТ в качестве методических указаний для выполнения курсовой работы по гидравлическому расчету трубопроводов для дисциплины «Основы гидромеханики».

Гидравлический расчет простого трубопровода: Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Основы гидромеханики» /Сост. Н.С.Галдин . И.А. Семенова – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2012. – 20 с.

Изложена методика статического расчета гидравлического трубопровода круглого сечения. Расчет включает определение скоростей движения потока, определение потерь по длине и в местных сопротивлениях, рекомендации по построению напорной и пьезометрической линий. Методические указания будут полезны студентам специальности 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства», бакалаврам и магистрам направления 190100 «Наземные транспортно-технологические комплексы» и др.

Табл.4. Библиогр.: 10 назв.

© Н.С.Галдин, И.А.Семенова 2012

© Издательство СиБАДИ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлика – механика жидкости (гидромеханика) – является общепрофессиональной дисциплиной, при изучении которой студенты знакомятся с физическими свойствами жидкости, основными законами кинематики, гидростатики и гидродинамики, теоретическими основами ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости и др.

Гидравлика содержит большое число опытных коэффициентов, эмпирических и полуэмпирических формул, методика применения которых, а также их физический смысл хорошо осваиваются в процессе решения различных задач. Поэтому каждый раздел пособия содержит краткое изложение теории вопроса и формулы с тем, чтобы разбор примеров расчётов производился студентом осознанно, с закреплением теоретических знаний.

Расчет гидравлического трубопровода по дисциплине «Основы гидромеханики» способствует обобщению и закреплению теоретических знаний студентов, имеет целью развитие навыков самостоятельной творческой работы студентов, пользования справочной литературой, выполнения расчетов. Объектами расчета являются гидравлические трубопроводы подъемно-транспортных, строительных, дорожных, коммунальных и других машин и оборудования [1, 3, 6].

Объем курсовой работы: один лист чертежа формата А3 (А4), пояснительная записка объемом 10 -15 с.

Варианты заданий на расчет гидравлического трубопровода выдаются преподавателем индивидуально.

Единицы измерения физических величин должны соответствовать международной системе (СИ).

Настоящие методические указания дополняют имеющуюся литературу по расчету простых гидравлических трубопроводов [1, 2, 4, 6 – 10].

1.ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

1.1. Требования к пояснительной записке

Общие требования к выполнению текстовых документов устанавливает ГОСТ 2.105-95. К текстовым конструкторским документам относятся пояснительные записки, технические условия, паспорта, расчеты, инструкции и т.п.

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов и подразделов. Их следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Текст документа должен быть кратким, четким и однозначным.

В текстовых документах следует применять термины и определения, наименования и обозначения физических величин и их единицы, установленные стандартами. Сокращение слов в тексте не допускается, за исключением общепринятых в русском языке.

Формулы нумеруются либо в пределах раздела, либо в пределах всего документа.

Пояснительную записку выполняют рукописным способом чернилами на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 (210х297мм) либо с применением компьютера. Высота букв и цифр должна быть не менее 2,5 мм.

Страницы должны иметь стандартную рамку, выполненную чернилами или тушью. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм.

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист (приложение А), являющийся первым листом записки;
- заглавный лист (приложение Б), являющийся вторым листом записки;
- введение;
- исходные данные для расчета гидравлического трубопровода (задание);
- расчет гидравлического трубопровода;
- заключение;
- список литературы.

Иллюстрации (гидравлический трубопровод, рисунки) выполняют карандашом с помощью чертежных инструментов, либо при помощи специальных компьютерных программ.

Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию (рисунок 1, рисунок 2 и т. д.).

Записка должна иметь обложку из плотной бумаги (она же может быть и титульным листом). Надпись на титульном листе выполняют чертежным шрифтом чернилами, тушью, карандашом или с применением компьютера.

В расчетной части пояснительной записки при использовании формул, коэффициентов обязательны ссылки на литературу. Ссылки достаточно делать с указанием порядкового номера источника в приводимом в конце пояснительной записки списке использованной литературы. При этом номер литературного источника должен быть помещен в соответствующем месте строки основного текста и заключен в квадратные скобки. При использовании стандартов ссылки делают непосредственно на номер ГОСТа.

В заключении рекомендуется сформулировать основные результаты и выводы по выполненной работе, сделать критические замечания о расчете гидравлических трубопроводов, указать возможность использования других решений.

В список использованной литературы заносят полные наименования только тех книг, которые были использованы при выполнении работы и на которые в тексте записки имеются ссылки.

1.2. Требования к построению гидродинамической и пьезометрической линий напора и построению графиков

Все графики и зависимости курсовой работы должны быть оформлены в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД). Их выполняют либо карандашом на листах чертежной бумаги формата А4 либо при помощи компьютера.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

Варианты заданий на проектирование гидравлического трубопровода выдаются преподавателем индивидуально.

Заданные параметры	Обозначение	Единицы измерения
Расход жидкости через трубопровод:	Q	л /мин ($\text{см}^3 / \text{с}$)
Высота уровня жидкости в пьезометре сечении I:	$p_1/\rho g$	см
Геометрическая высота в i-м сечении:	$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$	см
Длина гидролиний:	$L_{1-2}, L_{2-3}, L_{3-4}, L_{4-5}, L_{5-6},$	м
Диаметры гидролиний:	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$	мм
Местные сопротивления:		
Вид местного сопротивления/ номер сечения трубопровода		
присоединительные штуцера		
плавные колена 90° ;		
угольники сверленные;		
разъемные муфты		
всасывающий клапан		
фильтр		
дроссель		
золотниковый распределитель.		
Материал трубопровода		
Рабочая жидкость.		

3. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

При расчетах напорных трубопроводов основной задачей является либо определение пропускной способности (расхода), либо потери напора на том или ином

участке, равно как и на всей длине, либо диаметра трубопровода на заданных расходе и потерях напора.

Учитывая гидравлическую схему работы длинных трубопроводов, их можно разделить также на *простые* и *сложные*. Простыми называются последовательно соединенные трубопроводы одного или различных сечений, не имеющих никаких ответвлений. К сложным трубопроводам относятся системы труб с одним или несколькими ответвлениями, параллельными ветвями и т.д.

Жидкость по трубопроводу движется благодаря тому, что ее полная энергия (полная удельная энергия) в начале трубопровода больше, чем в конце. Это может создаваться несколькими способами: работой насоса, разностью уровней жидкости, давлением газа.

Для расчета трубопровода, определения потерь напора по длине трубопровода, в местных сопротивлениях и построения гидродинамической (напорной) и пьезометрической линий необходимы следующие основные исходные данные:

- расход жидкости через трубопровод;
- геометрическое положение центров тяжести поперечных сечений трубопровода;
- конструктивные параметры трубопровода: диаметры и длина трубопровода;
- физические свойства рабочей жидкости.

При расчете трубопровода принимается ряд допущений, основными из которых являются следующие: рабочая жидкость считается несжимаемой; температура жидкости, основные физические свойства жидкости (плотность, вязкость, модуль объемной упругости и др.) принимаются постоянными; рассматривается установившееся движение жидкости; коэффициенты гидравлических сопротивлений постоянны; разрыва потока жидкости не происходит [1, 2, 6].

3.1. Определение средней скорости жидкости в трубопроводе

Известный объемный расход потока Q – это объем жидкости V , протекающий за единицу времени t через живое сечение S . Живое сечение трубопровода круглого сечения – круг. Средняя скорость потока v – скорость движения жидкости, которая определяется отношением расхода жидкости Q к площади живого сечения S .

Из закона сохранения вещества вытекает постоянства расхода или *уравнение неразрывности* потока. Расход жидкости через трубопровод в любом его сечении постоянен, т.е. определяется выражением:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_i \text{ const,} \quad (1)$$

или

$$Q = S_1 v_1 = S_2 v_2 = S_i v_i ,$$

где Q – объемный расход; S_1, S_2, S_i – площади живых сечений трубопроводов в 1-ом, 2-ом и i -ом сечениях соответственно, здесь

$$S_i = \pi \frac{d_i^2}{4}$$

Отсюда производят определение средней скоростей движения жидкости в трубопроводе переменного сечения:

$$\vartheta_i = \frac{4 \cdot Q}{\pi d_i^2} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где ϑ_i – средняя скорость движения жидкости в i -ом сечении, м/с; d_i – внутренний диаметр трубопровода в i -ом сечении, м; Q – объемный расход жидкости, $\text{дм}^3/\text{с}$. Средняя скорость определяется на всех шести участках трубопровода.

Скоростной напор для построения напорной линии определяется для всех шести сечений по формуле:

$$\frac{\vartheta_1^2}{2g}, \frac{\vartheta_2^2}{2g}, \dots, \frac{\vartheta_i^2}{2g}, \quad (3)$$

где $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_i$ – средние скорости жидкости; g – ускорение свободного падения [1].

3.2. Определение потерь напора в трубопроводе

Для построения напорной линии для потока жидкости необходимо знать значение полного напора (полной удельной энергии) в выбранных сечениях, который является суммой геометрического напора z ,

пьезометрического напора $\frac{p}{\rho g}$ скоростного напора $\frac{\alpha \vartheta^2}{2g}$:

$$H_i = z_i + \frac{p_i}{\rho g} + \frac{\alpha_i \vartheta_i^2}{2g}, \quad (4)$$

где H_i – полный напор в i -ом сечении; z_i – геометрический напор в i -ом сечении; $\frac{p_i}{\rho g}$ – пьезометрический напор в i -ом сечении; $\frac{\alpha_i \vartheta_i^2}{2g}$ – скоростной напор в i -ом сечении.

Для построения пьезометрической линии необходимо знать значение геометрического напора z и пьезометрического напора $\frac{p}{\rho g}$ в выбранном сечении.

Уравнение Бернулли является фундаментальным уравнением гидродинамики. Оно устанавливает зависимость между давлением, средней скоростью и геометрической высотой в различных сечениях потока и выражает закон сохранения энергии движущейся жидкости. С помощью этого уравнения решается большой круг задач.

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости (при установившемся движении) для двух сечений трубопровода, находящихся на расстоянии L_{1-2} друг от друга, имеет вид:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{\text{пот}1-2}, \quad (5)$$

где z_1, z_2 – геометрические высоты сечений 1-1 и 2-2 соответственно; $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ – показания пьезометров в сечениях 1-1 и 2-2, здесь γ – удельный вес жидкости, $\gamma = \rho g$, ρ – плотность жидкости; α_1, α_2 – коэффициент кинетической энергии (Кориолиса) соответственно в сечениях 1–1 и 2–2, принимаем $\alpha_1 = \alpha_2 = 1,0$; v_1, v_2 – средние скорости жидкости в сечениях 1-1 и 2-2; $h_{\text{пот}1-2}$ – потери напора (удельной энергии) при движении жидкости на участке между сечениями 1–1 и 2–2.

При движении реальной вязкой жидкости возникают гидравлические сопротивления (вызванные силами трения между слоями жидкости при ее движении и местными сопротивлениями), на преодоление которых затрачивается энергия. В результате полная удельная энергия жидкости в сечении 1-1 будет больше полной удельной энергии в сечении 2-2 на величину потерянной энергии при движении жидкости от сечения 1-1 до сечения 2-2.

В уравнении Бернулли (5) появились два коэффициента α_1 и α_2 , которые называются коэффициентами Кориолиса (кинетической энергии) и зависят от режима течения жидкости ($\alpha = 2$ для ламинарного режима, $\alpha = 1$ для турбулентного режима).

Потери напора $h_{\text{пот}_{1-2}}$ (удельной энергии) при движении жидкости на участке между сечениями 1–1 и 2–2, как видно из уравнения Бернулли (5), определяются разностью полных напоров для сечений 1–1 и 2–2.

В свою очередь, потери напора $h_{\text{пот}_{1-2}}$ являются суммой потерь напора по длине трубопровода L_{1-2} и потерь напора в местных сопротивлениях, находящихся между сечениями 1–1 и 2–2.

Для определения потерь напора по длине трубопровода необходимо знать режим движения жидкости в трубопроводе.

3.2.1. Режим движения жидкости в трубопроводе зависит от числа Рейнольдса, которое определяется по формуле

$$Re = \frac{\vartheta d}{\nu}, \quad (6)$$

где ϑ – действительная средняя скорость движения жидкости в трубопроводе (гидролинии), м/с; d – внутренний диаметр гидролинии, м; ν – кинематический коэффициент вязкости рабочей жидкости, м²/с [1].

3.2.2. Потери напора по длине трубопровода h_L (путевые потери) представляют собой потери энергии на преодоление сил трения при движении жидкости. Их ещё называют линейными потерями напора и определяют как при турбулентном, так и при ламинарном режиме движения для круглых труб по известной формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_L = \lambda \frac{L}{d} \frac{\vartheta^2}{2g} \quad (7)$$

где h_L – потери напора по длине трубопровода, м; λ – коэффициент путевых потерь (коэффициент Дарси, коэффициент гидравлического сопротивления), величина безразмерная; L – длина трубопровода, м; d – диаметр трубопровода, м; ϑ – действительная средняя скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с; g – ускорение свободного падения.

3.2.3. Коэффициент путевых потерь λ зависит от режима движения жидкости, его определяют по формулам, приведенным в табл. 1 и рекомендуемым в гидравлике [1, 4, 7, 8 – 10]:

Таблица 1

Формулы для определения коэффициента путевых потерь λ

Характер движения	Расчётная формула,	Область применения
-------------------	--------------------	--------------------

жидкости	(её автор)	формул
Ламинарный режим движения жидкости	$\lambda = 75/Re$ (Ж. Пуазейль)	$Re < 2320$
Турбулентный режим движения жидкости		
	$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25}$ (Г.Блазиус)	$2320 < Re < 10^5$
Гидравлически гладкие трубопроводы	$\lambda = \frac{1}{(1,81 \cdot \lg Re - 1,5)^2}$ (П.К.Конаков)	$10^5 < Re < 3 \cdot 10^6$
Гидравлически гладкие и шероховатые трубопроводы	$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$ (А.Д.Альтшуль) $\lambda = 0,11(d / \Delta)^{0,25}$ (Б.Л.Шифринсон)	$Re > 4000$
Гидравлически шероховатые трубопроводы	$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \lg \frac{d}{2\Delta} \right)^2}$ (И.Никурадзе)	$Re > 500 d / \Delta$
	$\lambda = 124,6 n^2 / \sqrt[3]{d}$ (Маннинг)	$Re > 500 d / \Delta$

где Δ - эквивалентная абсолютная шероховатость.

Значения абсолютной шероховатости Δ (в мм) для трубопроводов из различных материалов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения абсолютной шероховатости Δ , мм	
Стекло	0
Трубы, тянутые из латуни, свинца, меди	0...0,002
Высококачественные бесшовные стальные трубы	0,06...0,2
Стальные трубы	0,1...0,5
Чугунные асфальтированные трубы	0,1...0,2
Чугунные трубы	0,2...1,0

3.2.4. Потери напора в местном сопротивлении.

Местные сопротивления – это участки локальных изменений геометрии потока. Таким образом, местные потери обусловлены изменением формы потока (вход в трубу), изменением диаметра трубы (внезапное расширение трубопровода, внезапное сужение трубопровода, постепенное расширение трубопровода, краны, фильтры, распределители, угольники, клапана и т.д.).

Потери напора в местных сопротивлениях h_m определяются по формуле Вейсбаха:

$$h_m = \zeta \frac{v^2}{2g}, \quad (8)$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления (величина безразмерная); v – максимальное значение средней скорости потока.

Величина коэффициента местного сопротивления ζ зависит не только от типа местного сопротивления (внезапное расширение, внезапное сужение, поворот трубы, вход в трубу, задвижка и т.д.), но и от режима движения жидкости и её вязкости

Приведённые во многих справочных пособиях значения коэффициентов местных сопротивлений имеют экспериментальную основу и определены для квадратичной зоны сопротивления.

Для некоторых типов местных сопротивлений рекомендуются следующие формулы:

при внезапном расширении трубопровода ($S_2 > S_1$)

$$\zeta = (S_2 / S_1 - 1)^2; \quad (9)$$

при внезапном сужении трубопровода ($S_2 < S_1$)

$$\zeta = 0,5 (1 - S_2 / S_1), \quad (10)$$

где S_1 и S_2 – площади живых сечений соответственно перед и за местным сопротивлением.

В табл. 3 приведены числовые значения коэффициентов ζ наиболее часто встречающихся местных сопротивлений, рекомендуемые при ориентировочных расчётах.

Таблица 3

Значения коэффициентов часто встречающихся местных

сопротивлений

Тип местного сопротивления	ζ
Вход в трубу при острых кромках	0,5
Вход в трубу со скруглёнными кромками	0,2
Резкий поворот трубы на 90° (колесо)	1,1
Плавный поворот трубы на 90° (колесо)	0,15
Задвижка при полном открытии	0,15
Дроссель при полном открытии	4,0
Всасывающий клапан с сеткой при насосах	2,5÷12,0
Различные краны при полном открытии	5,0
Фильтр	2...3
Золотниковый распределитель	2...4

Распределение заданных видов местных сопротивлений (угольники, плавные колена и т.д.) по трубопроводу производится студентом самостоятельно.

3.2.5. В практических расчётах общие потери напора $h_{\text{пот}}$ представляют в виде суммы потерь напора по длине на различных участках и потерь напора на всех местных сопротивлениях в трубопроводе [2, 5]:

$$h_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^n h_{Li} + \sum_{j=1}^m h_{mj} \quad . \quad (11)$$

Построить зависимости потерь напора по длине и в местных сопротивлениях в зависимости от скорости движения жидкости на участках.

3.3. Определение гидравлического и пьезометрического уклонов

3.3.1. Определяется пьезометрический напор в сечениях трубопровода используя уравнение Бернулли для всех шести сечений:

$$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma} \text{ и т.д.}$$

где p_1, p_2 – давление жидкости; γ – удельный вес жидкости, $\gamma = \rho \cdot g$, здесь ρ – плотность жидкости.

3.3.2. Определяется гидростатический напор (потенциальный, статический) H_p это сумма пьезометрического и геометрического напоров для шести сечений:

$$H_p = \frac{p}{\rho g} + z \quad (12)$$

3.3.3. Определяется полный напор

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}. \quad (13)$$

3.3.4. Гидравлический уклон i – уклон напорной линии – может быть определён как отношение потери напора (потери энергии) $h_{\text{пот}}$ к длине:

$$i = h_{\text{пот}} / L, \quad (14)$$

где L – расстояние между сечениями потока движущейся жидкости.

Гидравлический уклон – величина положительная ($i > 0$). Для идеальной жидкости гидравлический уклон $i = 0$.

3.3.5. Пьезометрический уклон I_p – уклон пьезометрической линии – может быть определён как отношение разности пьезометрических напоров H_{p1} и H_{p2} в сечениях к длине L :

$$I_p = \frac{H_{p1} - H_{p2}}{L}. \quad (15)$$

По величине пьезометрический уклон принимает различные значения: отрицательные ($I_p < 0$), например, для потока реальной жидкости в расширяющейся трубе, и положительные ($I_p > 0$), например, для потока реальной жидкости в сужающейся трубе. Пьезометрический уклон равен нулю ($I_p = 0$), например, для потока идеальной жидкости в горизонтальной трубе постоянного диаметра [1, 9].

3.4. Построение напорной (гидродинамической) и пьезометрической линий

Правила применения уравнения Бернулли:

1. Уравнение Бернулли справедливо для установившегося плавноизменяющегося движения.

2. Уравнение Бернулли составляется с учётом получения одного неизвестного; если это невозможно, то в качестве второго используют уравнение неразрывности потока.

3. Сечения выбираются перпендикулярно направлению движения жидкости.

4. Сечения нумеруются по ходу движения жидкости.

5. Плоскость сравнения желательно проводить через центр тяжести нижнего сечения. В этом случае расстояние от плоскости сравнения до центра тяжести нижнего сечения $z_{\text{нс}} = 0$, а остальные z – положительные.

Напорная линия – это линия, соединяющая полные напоры (полную удельную энергию) в каждом сечении при графическом построении.

Пьезометрическая линия – это линия, соединяющая пьезометрические напоры в каждом сечении при графическом построении.

Замечания к построению напорной и пьезометрической линий:

1. Напорная линия для движения идеальной жидкости всегда горизонтальна. Её нужно провести прежде, чем приступить к построению напорной линии для движения реальной жидкости.

2. Анализируя изменение скорости по длине потока, откладываем вниз от напорной линии величину скоростного напора $\alpha v^2 / 2g$ и получаем пьезометрическую линию.

3. При истечении в атмосферу пьезометрическая линия всегда приходит в центр тяжести выходного сечения, так как избыточное давление на выходе в этом случае равно нулю ($p = 0$) [9].

Библиографический список

- 1 Галдин Н.С. Основы гидравлики и гидропривода: учебное пособие /Н.С.Галдин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2010. – 145 с.
- 2 Галдин Н.С. Расчет объемного гидропривода мобильных машин при курсовом и дипломном проектировании: Методические указания / Н.С.Галдин. – Омск: СибАДИ, 2008 – 28 с.
- 3 Галдин Н.С., Семенова И.А. Гидравлические схемы мобильных машин: учеб. пособие / Н.С. Галдин, И.А.Семенова. – Омск : СибАДИ, 2010. – 203 с.
- 4 Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов /А.Д.Гиргидов; СПб. – СПбГПУ, 2002.- 545с.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям /И.Е.Идельчик. – М.: Машиностроение, 1975. – 560 с.
6. Каверзин С.В. Курсовое и дипломное проектирование по гидроприводу самоходных машин: Учеб. пособие / С.В.Каверзин. – Красноярск: ПИК «Офсет», 1997. – 384 с.
7. Лепешкин А.В. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник /А.В.Лепешкин, А.А.Михайлин, А.А.Шейнак. – М.: МГИУ, 2003 . – 352 с.
8. Чугаев Р.Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): учебник /Р.Р.Чугаев. – М.: Бастет, 2008. - 672 с.
9. Троян Т.П. Гидравлика. Задачи и примеры расчётов по гидростатике и гидродинамике: Учебное пособие. / Т.П.Троян. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 92 с.
10. Угинчус А.А. Гидравлика и гидравлические машины: учебник /А.А.Угинчус. - М.: Аз-book, 2009. - 395 с.

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДА
Пояснительная записка

НСТ.01А.00.000 ПЗ

2012

Заглавный лист пояснительной записки

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДА.....	
2. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА.....	
2.1. Определение скоростей на участках трубопровода.....	
2.2. Определение потерь напора в трубопроводе.....	
2.3. Построение напорной и пьезометрической линий.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	

					<i>НСТ-01А.00.000 ПЗ</i>				
<i>Изм</i>	<i>Лит</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Гидравлический расчет трубопровода</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб.</i>		<i>Фамилия</i>							
<i>Провер.</i>		<i>Фамилия</i>					2		
<i>Т.контр.</i>		<i>ФИО</i>				<i>Гр.</i>			
<i>Н. контр.</i>		<i>ФИО</i>							
<i>Утверд</i>		<i>ФИО</i>							

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
1.ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ	4
1.1. Требования к пояснительной записке	4
1.2. Требования к построению гидродинамической и пьезометрической линий напора и построению графиков	5
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА	6
3. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА	7
3.1. Определение средней скорости жидкости в трубопроводе	7
3.2. Определение потерь напора в трубопроводе	8
3.3. Определение гидравлического и пьезометрического уклонов	14
3.4. Построение напорной (гидродинамической) и пьезометрической линий	15
Библиографический список	16
Приложение А. Титульный лист пояснительной записки	17
Приложение Б. Заглавный лист пояснительной записки	18

Учебное издание

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОСТОГО ТРУБОПРОВОДА

Методические указания для курсового проектирования
по дисциплине «Основы гидромеханики»

Составители:

Галдин Николай Семенович
Семенова Ирина Анатольевна

* * *

Печатается в авторской редакции

* * *

Подписано к печати 04.2012
Формат 60х90 1/16. Бумага писчая
Отпечатано на дупликаторе
Гарнитура Times New Roman
Усл. п.л. 1,2; уч.-изд. л. 1,2
Тираж 75 экз. Заказ
Цена договорная

Отпечатано в подразделении оперативной полиграфии УМУ «СибАДИ»
644080, г. Омск, пр. Мира, 5