

другой шестернёй и передавать крутящий момент без проскальзывания. Шестерни обычно находятся в масляной ванне, что обеспечивает её смазку и охлаждение во время работы и увеличивает их долговечность. Синхронизатор изготавливается из высокопрочных материалов, таких как сталь, латунь, что даёт возможность выдерживать высокие нагрузки и снизить износ при работе в коробке передач. Изготовление и настройка скользящих шестерён требуют высокой точности и технических навыков для обеспечения правильного функционирования коробки передач и безопасности вождения.

Трёхступенчатая коробка передач со скользящими шестернями имеет свои преимущества и недостатки. С одной стороны, она может быть более простой в конструкции и дешевле в производстве по сравнению с более сложными коробками передач. Однако она имеет ограниченную динамичность из-за ограниченного количества передач, что может сказаться на ускорении автомобиля. Также она менее эффективна в потреблении топлива на высоких скоростях и создает больше шума и вибрации при работе.

Таким образом, трёхступенчатая коробка передач со скользящими шестернями является эффективной технологичной системой для своего времени и обладает определёнными преимуществами и недостатками.

Литература

1. Сергеенко, В.А. Кинематический и геометрический расчет трехвальных соосных коробок передач автомобилей: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение» / В.А. Сергеенко. – Минск: БНТУ, 2018. – 62 с.
2. Глаголева, Е.В. Луи Рено/Е.В. Глаголева. – М.: Молодая гвардия, 2016 – 224 с.

УДК 531

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ И ДАВЛЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ В СЕТЯХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Студенты гр. 11002122 К. С. Каравацкая, В. О. Марушевский
Научный руководитель – доцент Микулик Т. Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Введение

Вода в сетях водоснабжения подвержена воздействию различных факторов, включая гравитационные силы и давление. Гравитация – это взаимодействие между материальными телами, обладающими массой. Гравитационные силы зависят от массы этих объектов и расстояния между ними, они играют важную роль в перемещении воды по трубопроводам и определяют ее движение.

Давление – это физическая величина, численно равная силе, действующей на единицу площади, перпендикулярной этой поверхности. Оно оказывает воздействие на скорость потока воды и возможные потери на трение.

Чтобы обеспечить необходимый для комфортной эксплуатации напор в сети, нужно знать, какое давление должно быть в системе водоснабжения, а также принимать во внимание действие гравитационных сил. Поэтому в статье проанализировано влияние гравитационных сил и давления на работу систем водоснабжения и доказана важность этих параметров. Точный анализ влияния гравитации и давления позволит оптимизировать работу систем водоснабжения, а также повысить их эффективность и надежность.

Цель работы: провести точный анализ влияния гравитационных сил и давления на распределение воды в сетях водоснабжения.

Актуальность работы: оптимальное распределение воды является критически важным для обеспечения комфортных условий потребления воды не только для домашних нужд, но и промышленных и коммерческих предприятий. Другими словами, правильное распределение воды влияет на общие экономические и общественные аспекты.

Практическая значимость: улучшение эффективности, устойчивости и управляемости систем водоснабжения, что, в свою очередь, приводит к экономии ресурсов и повышению качества жизни людей.

Объект исследования: инфраструктура систем водоснабжения и данные, полученные из расчетов и моделирования.

Предмет исследования: процесс транспортировки и распределения воды в сетях водоснабжения с учетом влияния гравитационных сил и давления.

Задачи:

- Моделирование потока воды (разработка математической модели участка водопроводной системы).
- Оптимизация давления: оценка влияния изменения высоты и давления на эффективность и надежность системы водоснабжения, а также разработка рекомендаций по улучшения производительности системы.

- Устойчивость системы: исследование влияния гравитационных и гидравлических факторов на устойчивость системы водоснабжения и выявление потенциально уязвимых мест.

- Энергетическая эффективность: поиск способов снижения энергетических затрат при поддержании необходимого давления в сети.

Методы работы:

- Гидравлический анализ.
- Проведение расчетов.
- Изучение литературы по данной теме.
- Поиск задач в гидравлике описывающих влияние давление и гравитации.

Первая глава (теоретическая)

Вода – это ресурс, который формирует нашу планету. Поток воды представляет собой явление, на которое влияют различные факторы, при этом значимую роль играет гравитация.

Влияние гравитации на поток воды: гидрологическая связь

Чтобы иметь понятие о влиянии гравитации на потоки воды, необходимо изучить принципы, лежащие в основе гидрологической связи. *Гравитация* – это сила, которая притягивает объекты к центру Земли. Так как вода имеет массу, она подвержена действию сил гравитации, что приводит к возникновению гравитационной потенциальной энергии. Вода течет с высшей точки в низшую под действием сил тяжести, так как стремится к равновесию.

Гравитация существует как движущая сила воды и определяет направление и скорость потока: чем больше уклон, тем больше скорость течения воды – это основной закон движения воды, применимый к любым водным объектам.

Реки – это динамические системы, подверженные влиянию сил тяжести. Поток воды направляется силой гравитации, которая определяет форму русла, а также эрозионную силу воды.

Ключевые факторы влияния гравитации на речной сток:

- формирование русла реки: по мере того, как вода движется вниз по течению, русло размывается, т. е. оно со временем расширяется и углубляется. Сила гравитации определяет путь реки.

- скорость и расход: чем больше уклон, тем быстрее будет течь вода, что приводит к высоким скоростям и большому ее расходу. Это имеет последствия в виде наводнений и разрушений плотин.

- перенос наносов: гравитация переводит наносы по рекам. Когда вода движется вниз по течению, она под действием силы тяжести

переносит частицы осадка, например песок и ил. Этот перенос наносов нужен для речных экосистем и отложения плодородной почвы в поймах рек.

Влияние давления в сетях водоснабжения

Сети водоснабжения – это линии транспортировки воды к потребителям. При централизованном водоснабжении, обеспечивающем доступ к водным ресурсам бытовых, промышленных и производственных объектов источниками в основном являются поверхностные водоемы.

Неотъемлемую роль в сетях водоснабжения играет давление. Для того чтобы водные ресурсы могли беспрепятственно и быстро передвигаться с точки А в точку Б, необходимо высокое давление.

Повышение давления в системе водоснабжения приводит к увеличению скорости потока воды и улучшению ее распределения по всей системе. Однако при этом возникает риск утечек, разрыва труб или других деформаций сети в процессе движения жидкости. Пониженное давление, напротив, может вызвать нехватку водных ресурсов в некоторых участках сети водоснабжения. Поэтому, чтобы обеспечить равномерное и безопасное распределение воды по всей системе, очень важно и необходимо поддерживать оптимальное давление в системе водоснабжения.

Для этого можно использовать как специальные насосы, так и регулирующие устройства и системы контроля.

Методы и устройства контроля давления и влияния гравитационных сил на сети водоснабжения

Для автоматизации процесса забора воды в автономные водопроводы устанавливаются датчики давления (рисунки 1 – 3).



Рисунок 1. – Датчик давления в автономном водопроводе



Рисунок 2. – Механический контроллер давления



Рисунок 3. – Электронный контроллер давления

Самый простой и популярный датчик давления – механический датчик РДМ-5 (рисунок 5). Он состоит из таких элементов:

- металлическая платформа;
- мембрана;
- поршень;
- пружины;
- регулировочные болты с гайками;
- пластиковый корпус;
- электрические контакты.



Рисунок 4. – Устройство типового датчика

Вторая глава (практическая)

Определить силу давления воды на плоский наклонный затвор, перекрывающий вход в трубу квадратного сечения. Найти координату точки приложения силы избыточного давления воды на левую часть затвора. Глубина потока слева и справа затвора, а также размеры поперечного сечения трубы известны: $H_1 = 5$ м; $H_2 = 0,5$ м; $a = 1$ м. Затвор наклонен к горизонту под углом $\alpha = 60^\circ$.

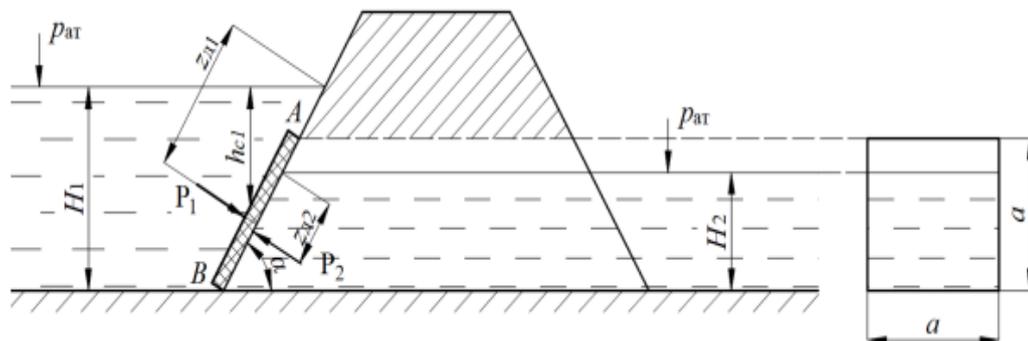


Рисунок 5. – Задача, показывающая влияние давления и гравитации.

Поверхность воды справа и слева затвора находится под атмосферным давлением, которое передается через воду на все точки затвора с обеих сторон и взаимно уничтожается. Следовательно, нужно определить только силы избыточного давления воды на обе стороны затвора как на плоские поверхности, по формуле

$$P = \rho g h_c \omega,$$

где $\rho g h_c \omega$ – избыточное давление в центре тяжести смоченной поверхности;

h_c – глубина погружения центра тяжести площади ω до свободной поверхности жидкости.

ω – смоченная площадь стенки.

Находим площади смоченных поверхностей сторон затвора слева ω_1 , справа ω_2 и соответствующие глубины погружения их центров тяжести h_{c1} и h_{c2} :

$$\omega_1 = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \alpha = \frac{1}{\sin 60^\circ} \cdot 1 = 1,15 \text{ м}^2;$$

$$h_1 = H_1 - \frac{\alpha}{2} = 5 - \frac{1}{2} = 4,5 \text{ м};$$

$$\omega_2 = \frac{H_2}{\sin \alpha} \alpha = \frac{0,5}{\sin 60^\circ} \cdot 1 = 0,577 \text{ м}^2;$$

$$h_{c2} = \frac{H_2}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ м}.$$

Используя полученные выражения, определяем силу избыточного давления воды P_1 на левую и P_2 – силу давления на правую стороны затвора:

$$P_1 = \rho g h_{c1} \omega_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,5 \cdot 1,15 = 50767 \text{ Н};$$

$$P_2 = \rho g h_{c2} \omega_2 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,25 \cdot 0,577 = 1415 \text{ Н}.$$

Равнодействующая сила давления воды P равна разности сил P_1 и P_2 :

$$P = P_1 - P_2 = 50767 - 1415 = 49352 \text{ Н}.$$

Координату точки приложения силы избыточного давления воды на левую часть затвора можно определить по формуле

$$z_{\partial 1} = z_{c1} + e_1,$$

где z_{c1} – координата центра тяжести:

$$z_{c1} = \frac{h_{c1}}{\sin \alpha} = \frac{4}{\sin 60^\circ} = 5,2 \text{ м};$$

e_1 – эксцентриситет:

$$e_1 = \frac{I_{01}}{\omega_1 z_{c1}};$$

I_{01} – центральный момент инерции прямоугольника относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести:

$$I_{01} = \frac{\alpha \left(\frac{\alpha}{\sin \alpha} \right)^3}{12} = \frac{1 \cdot \left(\frac{1}{\sin 60^\circ} \right)^3}{12} = 0,128 \text{ м}^4;$$

ω_1 – смоченная площадь затвора слева

$$\omega_1 = 1,15 \text{ м}^2.$$

Полученные значения подставляем и рассчитываем эксцентриситет:

$$e_1 = \frac{I_{01}}{\omega_1 z_{c1}} = \frac{0,128}{1,15 \cdot 5,2} = 0,0214 \text{ м.}$$

Координата точки приложения силы избыточного давления воды на левую часть затвора

$$z_{o_1} = 5,2 + 0,0214 = 5,22 \text{ м.}$$

Выводы

Исходя из вышесказанного, узнав, что такое давление и как оно действует на сеть водоснабжения, а также гравитационная сила и как она связана с давлением и сетью водоснабжения, можно проанализировать, каковы их взаимосвязи и для чего они используются.

Из приведенного анализа следует, что любой объект, в том числе и любая жидкость на Земле, обладают гравитационной силой, что в дальнейшем не позволяет жидкости свободно течь снизу вверх. Значит, чтобы жидкость могла течь снизу вверх, передвигаясь с высокой скоростью и на большие расстояния, преодолевая препятствия и неровности, необходимо определенное давление, при этом оно должно быть под постоянным контролем и быть достаточным для всей сети.

Для того, чтобы регулировать давление, специальное оборудование подключается к насосу, который качает воду для транспортировки в жилые дома, комплексы, многоэтажные здания. Это устройство предназначено для постоянного контроля за давлением, что в дальнейшем предотвратит утечки, разрывы и любые другие деформации сети водоснабжения, могущие вызвать большие проблемы и нанести ущерб другим зданиям и сооружениям.

Литература

1. <https://akvahit.ru/articles/kakoe-davlenie-dolzno-byt-v-sisteme-vodosnabzheniya-chastnogo-doma/>
2. https://www.caleffi.com/sites/default/files/media/external-file/Idraulica_1_RU_Регулировка%20давления%20в%20водопроводных%20сетях.pdf
3. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/05/e3sconf_arfee2018_01015.pdf
4. <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/8/1600>
5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022025452>
6. <https://www.avkrussia.com/ru-ru/познавая-новое/технологии-применяемые-в-водоснабжении/преимущества-управления-давлением>
7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-023-01888-4>
8. <https://sovet-ingenera.com/vodosnab/nasosy/datchik-davleniya-vody-v-sisteme-vodosnabzheniya.html>
9. Методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине «Механика жидкости и газа».

УДК 531.2

ЗАДАЧА НА РАВНОВЕСИЕ СИСТЕМЫ ТЕЛ

Студент гр. 10705123 П. И. Ермолина

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Студент гр. 9 ДЭиВИ Т. С. Мышковец

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель – ст. преподаватель Мышковец М. В.

Цепь, состоящая из n одинаковых стержней (рисунок 1), подвешена в вертикальной плоскости. P – вес одного стержня; Q – заданная горизонтальная сила; O, A_1, A_2, \dots, A_n – шарниры. Найти углы φ_k ($k = 1, 2, \dots, n$) стержней с вертикалью в положении равновесия.