Филиппов В. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СЕТИ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/12/67.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по данному вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 12 (19). С. 209-213. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/12/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Учебные пособия [3, 4] в совокупности составляют коллекцию учебных электронных изданий дисциплины «Математический анализ» и предназначены для студентов технических специальностей вузов. Содержание коллекции таково, что из неё студент получает комплексную методическую помощь в самостоятельной работе над предметом. Отсюда возможно почерпнуть предусмотренные программой теоретические сведения, получить задание для самостоятельного решения и методические рекомендации по их выполнению.

Посредством системы автоматизированного тестового контроля студент может выполнить самопроверку уровня своих знаний по предмету, в которой к тому же предусмотрена обучающая функция в виде системы подсказок. При таком подходе тестирование не ограничивается только определением тех или иных показателей и характеристик качества усвоения знаний, оно непременно предусматривает корригирующую деятельность студента, направленную на преодоление выявленного отставания и искоренение обнаруженных пробелов в знаниях.

Учебное пособие в виде виртуального института студент, обучающийся по дистанционной или заочной форме, получает в качестве задания для контрольных работ. Формой отчётности является файл с копией диплома, выданного студентам после прохождения обучения в виртуальном институте. Условие зачёта контрольных работ устанавливается в виде получения оценки не ниже чем «хорошо». Такой метод использования пособия освобождает преподавателя от проверки и рецензирования работы, которая выполняется автоматически. При этом студент сразу узнаёт результат и имеет возможность получить методическую помощь при решении задачи. Аналогичное употребление в качестве домашних заданий возможно также и для студентов очной и очно-заочной форм обучения.

Другой метод состоит в его использовании на практических занятиях в компьютерных классах под руководством преподавателя. «Виртуальный институт» при таком употреблении даёт возможность индивидуальной работы с оценкой уровня знаний каждого студента. Не исключается и опрос у доски с разбором и объяснением решения. Подобное использование потребует создания сетевого варианта учебника. Возможен также вид работы с данным учебником в качестве учебного пособия для подготовки к коллоквиуму, зачёту или экзамену. Достоинство такого способа употребления пособия составляет присутствие в нём функции самодиагностики, которая, как это уже было сказано, является важным элементом, направляющим учебную деятельность студента, и составляет предмет воспитания.

В статье авторы стремились показать те возможности, которые предоставляют компьютерные технологии при обучении математическому анализу, и которые реализованы в рассмотренных формах учебных пособий. В условиях всё более массового характера высшего образования при имеющейся тенденции сокращения числа аудиторных занятий и увеличении доли самостоятельной работы использование компьютерных технологий становится особенно актуальным, а в перспективе – необходимым. Студентам данные пособия способны оказать действенную методическую помощь. Для преподавателя они полезны тем, что, переложив часть функций на компьютер, разгружают его от рутины «поточного производства» в образовании и дают возможность больше уделить внимания творческой, индивидуальной работе со студентами.

Список использованной литературы

1. **Федосеев В. М.** Использование виртуального учебного комплекса в преподавании математического анализа // Методики и технологии математического образования: Сборник трудов по материалам II Международной научной конференции «Математика. Образование. Культура». – Тольятти, 2005.- С. 235– 38.
2. **Федосеев В. М., Давыдова Н. В., Сластунова О. А.** Комплексное методическое обеспечение самостоятельной работы студентов при обучении математическим дисциплинам // Профессиональное образование: самостоятельная работа студентов технического вуза в условиях современной информационной среды: Сборник научно-методических материалов. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2006. – С. 169-173.
3. **Математический анализ 220100**: Электронное учебное пособие / Под ред. В. М. Федосеева. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2003.
4. **Институт:** Виртуальный учебный комплекс по дисциплине «Математический анализ». – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2005.
5. **Ягова Е. Ю.** Познавательные затруднения студентов в изучении математики и способы их преодоления // Межвузовский сборник научных трудов «Актуальные проблемы математики и методики преподавания математики». - Пенза: ПГТА, 2007. - С. 151-154.
6. **Ягова Е. Ю**. Самодиагностические умения студентов как средство повышения качества математических знаний // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки в России». – Кузнецк: КИИУТ, 2008. - С. 93-95.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СЕТИ

Филиппов В. В.

Самарский государственный технический университет

Общеизвестно, что в последние годы повысился интерес к проектированию и строительству трубопроводов как магистрального, так и технологического назначения. Трубопроводы связывают между собой отдельные аппараты, образуя технологические агрегаты и установки. С помощью трубопроводов установки объединяются в цеха. И трубопроводы объединяют отдельные цеха в предприятие. Но на этом их функция не

заканчивается. По трубопроводам на предприятие подаётся сырьё и отводится готовая продукция. Кроме того, по трубам транспортируются водяной пар, горячая вода, полупродукты и многое-многое другое.

Стоимость трубопроводов составляет 25-30% от стоимости всего установленного на заводе оборудования. При монтаже установок на долю трубопроводных сетей приходится около 30% всех трудозатрат, а по времени – 50% от продолжительности строительства всего завода. От качества проектирования и сооружения трубопроводных сетей зависят экономичность, надёжность и безопасная эксплуатация технологических установок.

Из курса технической гидродинамики известно, что при движении потока по трубопроводу происходит потеря его энергии. С точки зрения физики и, в частности всеобщего закона сохранения энергии, термин «потеря энергии» не совсем корректен. Но с инженерной точки зрения мы можем говорить именно о потери (для нас) энергии потока, которая перешла в тепловую и как бы рассеялась. Происходит явление, которое называется диссипацией энергии.

Эти потери складывается из двух величин:

1. потери энергии по всей длине трубопровода;
2. потери энергии в так называемых местных сопротивлениях.

Первое слагаемое потерь энергии вызвано наличием сил вязкости (внутреннего трения) перекачиваемой жидкости. На преодоление этих сил необходимо затрачивать энергию.

Второе слагаемое обусловлено тем, что жидкости в гидравлической сети приходится менять как направление своего движения, так и скорость этого движения. Такие элементы сети называются местными сопротивлениями.

К местным сопротивлениям относятся повороты потока, внезапное расширение или внезапное сужение (вход потока из трубы в аппарат или выход из аппарата в трубу), все виды арматуры, установленной на трубопроводе, и т.д.

Численно потерю энергии движущейся жидкости можно выражать как в виде потери напора $h_{пот}$ (метры столба перекачиваемой жидкости), так и в виде потери давления $\Delta P_{пот}$ (Па). Напомним, что между давлением жидкости P и высотой её столба h существует известная из школьного курса физики связь

$$P = \rho g h \tag{1}$$

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м^3, g – ускорение свободного падения, $g = 9.8\, м/с^2$.

Перемещение жидкости по трубопроводу обеспечивает насос, который является гидравлической машиной для преобразования механической энергии двигателя в энергию перекачиваемой жидкости путём повышения её давления.

Получается такая цепочка передачи энергии: электродвигатель получил энергию от электросети, преобразовал её в механическую энергию, передал эту механическую энергию насосу, насос передал энергию жидкости, повысив её давление Жидкость, получив энергию, побежала по сети и начала эту энергию расходовать. Энергия сто́ит денег. Поэтому возникает очень важная задача: сколько нужно дать жидкости энергии, чтобы, с одной стороны, этой энергии хватило для достижения конечной цели (последнего аппарата гидравлической сети), а, с другой стороны, чтобы вся полученная энергия была израсходована, так как в конце пути она жидкости уже не нужна. Инженер-проектировщик должен для заданного объёмного расхода жидкости рассчитать потерю энергии как на линейном участке трубопровода, так и в местных сопротивлениях. Величина этих потерь будет определяться в первую очередь скоростью жидкости, которая зависит от диаметра трубопровода. Поэтому главной является задача выбора *оптимального* диаметра трубы.

Под оптимальным значением понимается такая величина, которая обеспечивает минимальное сочетание *капитальных* и *эксплуатационных* затрат.

Капитальные затраты – это затраты на приобретение трубопровода и насоса, на прокладку трассы. Эксплуатационные затраты – это оплата электроэнергии, которую будет потреблять электродвигатель насоса, передавая её часть перекачиваемой жидкости.

Для вычисления потерь давления пользуются эмпирическими формулами, полученными обобщением большого числа опытных данных

$$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \rho}{2}, \tag{2}$$

$$\Delta P_{м.с.} = \xi \frac{w^2 \rho}{2}, \tag{3}$$

где $\Delta P_{тр}$ – потеря давления на трение, Па; λ -коэффициент трения; l – длина трубопровода, м; d – внутренний диаметр трубопровода, м; w – средняя скорость движения потока, м/с; $\Delta P_{м.с.}$ -– потеря давления в данном местном сопротивлении, Па; ρ - плотность жидкости, кг/м^3; ζ – коэффициент данного местного сопротивления.

Соотношение (2) часто называют формулой Дарси–Вейсбаха.

Гидравлическое сопротивление всей сети вычисляют по формуле (3а), которая получается при суммировании уравнений (2) и (3)

$$\Delta P_{пот} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta_{м.с.} \right) \frac{w^2 \rho}{2} \qquad (3а)$$

Из формул (2), (3) и (3а) следует, что потеря энергии на трение и на местные сопротивления пропорциональна скоростному давлению $\frac{w^2\rho}{2}$, которое является мерой кинетической энергии потока, отнесённой к единице объёма жидкости.

Величина коэффициента трения λ зависит от двух параметров:

1. от режима движения жидкости в трубе, т.е. от численного значения критерия Рейнольдса *Re*;
2. от состояния стенки трубы, т.е. от её шероховатости.

Величина критерия Рейнольдса находится по уравнению

$$\mathrm{Re} \equiv \frac{\mathrm{w d}\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} \qquad (4)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости перекачиваемой жидкости, Па×с, ν – кинематический коэффициент вязкости, м^2/с.

Состояние стенки трубы можно охарактеризовать средней величиной выступов и неровностей e. Но эта величина не даёт ответа на вопрос о том, гладкая труба или нет. Например, выступы высотой e=0.2 мм для трубы диаметром 16 мм – это много, а для трубы диаметром 1200 мм – это мало. Поэтому для характеристики состояния поверхности трубы вводится относительная шероховатость ε

$$\varepsilon \equiv \frac{e}{d} \qquad (5)$$

Трубы, для которых значением шероховатости можно пренебречь, называются гидравлически гладкими. В нашей работе сеть смонтирована из металлопластиковых труб, которые практически лишены шероховатости.

Если режим движения жидкости в трубе ламинарный, то коэффициент трения рассчитывается по формуле Стокса

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} \qquad (6)$$

Для турбулентного режима движения, когда значение критерия Рейнольдса лежит в диапазоне 100000>*Re*>4000, коэффициент трения находится по формуле Блазиуса

$$\lambda = \frac{0.316}{\mathrm{Re}^{0.25}} \qquad (7)$$

Формула (7) справедлива для гладких труб. Для шероховатых труб коэффициент трения проще всего найти по графику, приведённому в литературе. Там же приведены и значения коэффициентов местных сопротивлений ξ.

Кафедра «Химическая технология и промышленная экология» Самарского государственного технического университета ведёт курс «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов специальностей:

- 130603 «Оборудование нефтегазопереработки»;
- 240401 «Химическая технология органических веществ»;
- 240403 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»;
- 240502 «Технология переработки пластических масс и эластомеров»;
- 240701 «Химическая технология органических соединений азота»;
- 240702 «Химическая технология полимерных композиций, порохов и ТРТ»;
- 240703 «Технология энергонасыщенных материалов и изделий».

Кроме того, для студентов специальности 280201 «Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов» читается курс технической гидравлики.

Программой курса «Процессы и аппараты химической технологии» предусмотрен лабораторный практикум. Для повышения роли названного курса в фундаментальной подготовке инженеров-технологов нами проведена реконструкция как существующих лабораторных работ, так и создание новых. Учитывая роль трубопроводов и насосов в структуре современного производства, в первую очередь была модернизирована лабораторная установка «Изучение сопротивления гидравлической сети». Классическим способом управления расходом является установка задвижки на линии нагнетания насоса. Однако такой способ приводит к неоправданным потерям энергии потока. Общеизвестны законы пропорциональности центробежных насосов. Но до недавнего времени изменять число оборотов рабочего колеса центробежного насоса не представлялось возможным, так как число оборотов ротора асинхронного насоса зависит только от частоты электрического тока в сети. В последние годы появились частотные преобразователи, которые позволяют регулиро-

вать частоту электрического тока. Именно такой принцип положен в основу лабораторной установки. Нами было приобретено следующее оборудование:

- частотный преобразователь фирмы Mitsubishi;
- датчики дифференциального давления, манометр и мановакуумметр (зонды гидростатического давления) фирмы Sensors (Чехия);
- многофункциональные цифровые устройства для монтажа на датчики давления фирмы Sensors (Чехия);
- двухступенчатый центробежный насос фирмы EBARH (Италия) типа 2CDX/A70/20;
- вихревой электромагнитный преобразователь счётчика жидкости ВЭПС фирмы «ПромСервис»;

Схема установки показана на Рисунке.

Перекачиваемая насосом жидкость (вода) залита в напорный бак 1. На всасывающей линии установлен шаровой кран 3, отсекающий подачу воды в центробежный насос 4. На нагнетательной линии установлен регулировочный вентиль 5, с помощью которого можно управлять расходом воды. Давление воды на входе в насос, т.е. на всасывающей линии, измеряется датчиками давления (мановакуумметр) 2.

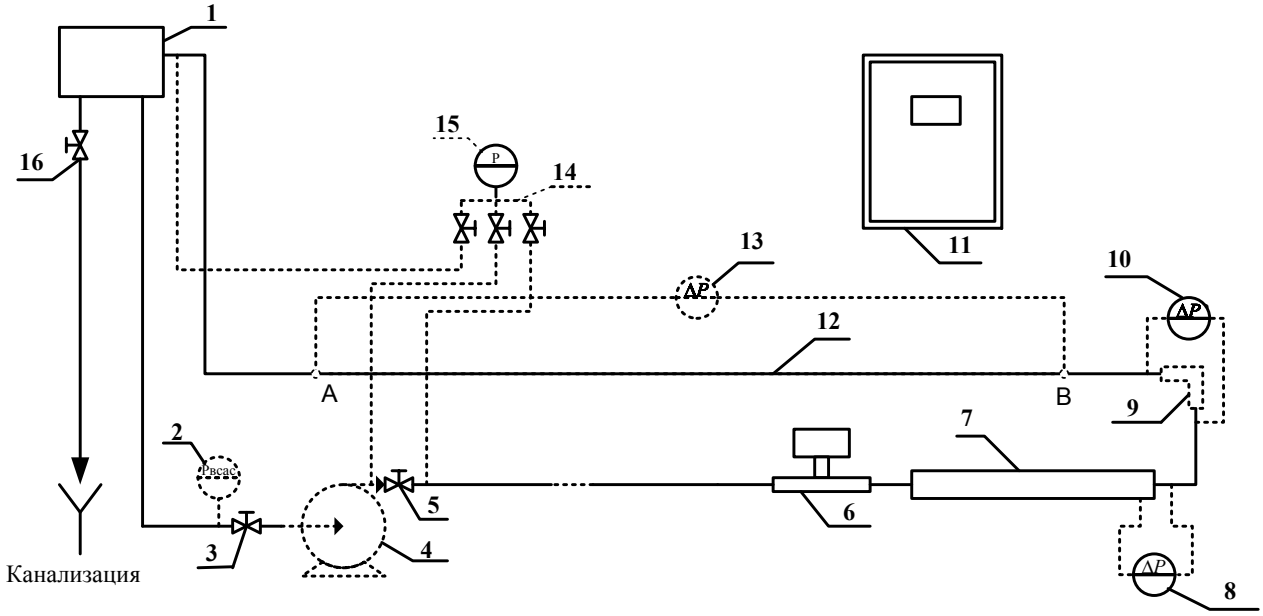

Рисунок. *Принципиальная схема лабораторной установки: 1 – напорный бак, 2 – датчик давления на приёме насоса; 3 – шаровой кран на приёме насоса; 4 – центробежный насос; 5 – регулировочный вентиль на линии нагнетания; 6 – измеритель расхода воды; 7 - элемент сети, имитирующий вход в аппарат и выход из него; 8 – датчик потери давления на выходе из аппарата; 9 – колено (угольник) 90^0; 10 – датчик потери давления на колене (угольнике); 11 – шкаф управления насосом; 12 – прямолинейный участок АВ трубопровода длиной 5 м; 13 – датчик потери давления на прямолинейном участке АВ; 14 – коллектор; 15 – датчик давления; 16 – шаровой кран слива воды в канализацию*

Для измерения давления на выходе из насоса используется гидростатический зонд (манометр) 15. Этот прибор подключён к трёхходовому коллектору 14 таким образом, что, кроме давления на выходе из насоса, он может показывать давление после регулировочного вентиля 5 и на выходе воды из сети (в точке возврата воды в напорный бак 1).

Далее на линии установлен нормальный полностью открытый вентиль 6. При прохождении через него потока происходит потеря давления, величину которой измеряет датчик дифференциального давления 7.

Для измерения расхода воды установлен вихревой электромагнитный преобразователь счётчика жидкости 6, сигнал от которого подаётся на контроллер, установленный в шкафу управления насосом 11.

Для имитации потерь давления на входе в аппарат и выходе из него в трубу из аппарата на линии вставлен элемент 7. Величину потери давления на выходе из аппарата изменяет датчик дифференциального давления 8.

Изменение направления потока осуществляется с помощью колен (угольников), которых всего в сети установлено 5 штук. К одному из них (№9 на схеме) подключён датчик дифференциального давления 10.

Датчик дифференциального давления 13 измеряет потерю давления на прямолинейном участке 14 (участок АВ длиной 5 м).

Информация от всех измерительных приборов (датчиков давления 2 и 15, датчиков дифференциального давления 8, 10 и 13, измерителя расхода 6) поступает на контроллер, установленный в шкафу управления насосом 11. С целью упрощения рисунка электрические и коммуникационные линии на нём не показаны.

Пройдя по сети, вода возвращается в напорный бак 1. Наша гидравлическая сеть получается замкнутой.

Для обслуживания установки и проведения ремонтных работ предусмотрен слив (дренаж) воды из ёмкости 1 в канализацию. Для этого на дренажной линии установлен кран 16, который в рабочем состоянии всегда закрыт.

Параметры лабораторной установки:

- диаметр металлопластовых труб 20×2 мм;
- общая длина трубопровода 15.3 м;
- число колен (поворотов на 90^0) 5 шт.;
- число оборотов электродвигателя при частоте тока 50 Гц 2280 об/мин.;
- производительность насоса (максимальная) 5 $м^3$/час;
- напор насоса (максимальный) 64 м.

Цели лабораторной работы

1. Опытное определение зависимости сопротивления сети от объёмного расхода потока $H_c = f(\mathrm{V})$.
2. Экспериментальное определение коэффициента трения λ и коэффициентов местных сопротивлений ζ_i для нормального вентиля, входа в трубу и поворота на 90^0.
3. Сравнение опытные значения коэффициентов местного сопротивления ζ_i и трения λ с табличными и расчётными значениями.

Описание работы шкафа управления насосной станции

Основными элементами шкафа управления насосной станцией являются частотный преобразователь фирмы Mitsubishi и контроллер. Назначение частотного преобразователя – уменьшать частоту переменного тока, подаваемого на электродвигатель центробежного насоса. Стандартная частота в электросети 50 Гц. Этой частоте соответствует число оборотов электродвигателя, которое указывается на его корпусе. Наш электродвигатель работает с числом оборотов 2880 об/мин. При уменьшении частоты переменного тока соответственно уменьшается число оборотов двигателя и, как следствие, число оборотов рабочего колеса центробежного насоса. А при изменении числа оборотов рабочего колеса изменяются производительность насоса *Q*, создаваемый им напор *H* и потребляемая мощность *N*. Эти зависимости описываются законами пропорциональности.

На лицевой панели шкафа 11 находится панель управления и наблюдения за состоянием установки, которая представляет собой двухстрочный жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и клавиатуру. С помощью клавиатуры можно вызывать различные информационные окна. Каждое окно имеет индивидуальный номер.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Финаева Н. В., Филиппов В. В.
Самарский государственный технический университет

При рассмотрении экологических проблем химической и нефтехимической промышленности в первую очередь обсуждается её воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу, т.е. рассматриваются газообразные выбросы, сточные воды и твёрдые отходы. На сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что воздействие на все три сферы окружающей среды достаточно хорошо изучено и известны пути уменьшения этого воздействия.

Между тем, химическая и нефтехимическая промышленность является одной из самых энергоёмких, занимая второе место после металлургии. Созданные в советские времена технологии не отличались энергосбережением, что было понятно в условиях изобилия энергетических ресурсов. Так, в России до сих пор эксплуатируется производство двухстадийного дегидрирования изо-пентана в изопрен, хотя данная технология требует 500-кратного разбавления реакционной массы астехиометрическим разбавителем-теплоносителем, в качестве которого применяется водяной пар высоких энергетических параметров.

В технологической структуре вторичных энергетических потоков различают высокопотенциальные (высокотемпературные) источники теплоты и низкопотенциальные (низкотемпературные) источники с температурой до 150^0С. Эффективное использование высокопотенциальных потоков решается, как правило, на стадии проектирования производства путём глубокой рекуперации теплоты. Примером могут служить современные установки атмосферно-вакуумной трубчатки (АВТ) на нефтеперерабатывающих заводах.

Сложнее ситуация с потоками низкопотенциальной теплоты. Установлено, что именно эти потоки вносят наибольший вклад в тепловое загрязнение окружающей среды. Однако их рекуперация требует значительных капитальных затрат и её реализация неизбежно вызовет увеличение себестоимости выпускаемой на предприятии продукции.