

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ» В ИНЖЕНЕРНЫХ ВУЗАХ

Негматов М. К.

доцент

Султанов С. С.

преподаватель

Толипов М. Б.

докторант

Наманганский инженерно-строительный институт

### Аннотация

Описан опыт работы по разработке методики интенсивного обучения на примере дисциплины “Системы водоснабжения и водоотведения” в Наманганском инженерно-строительном институте.

**Ключевые слова:** Гидравлический удар, формула проф.Н.Е.Жуковского, негативные последствия, методы предотвращения, напорные трубопроводы, методические материалы, лекционное занятие.

**Интерактивные стратегии:** Кластер, Синквейн, Тесты, Мозговой штурм, Системный анализ и др.

### Введение

Внедрение в учебный процесс инновационных форм и интерактивных методов является актуальной задачей в системе высшего образования. В связи с этим в Наманганском инженерно-строительном институте ведутся поиски новых эффективных методов обучения и методических приёмов, которые активизировали бы студентов, стимулировали их к самостоятельной работе над изучаемой темой [1,2]. Опыт показал, что активные формы проведения занятий необходимы, и наиболее эффективны они на III и IV курсах, когда студенты уже имеют достаточно высокий уровень подготовки и могут основательно воспринимать учебный материал и гибко оперировать ими.

Для студентов, обучающихся по направлению 5580400-“Строительство и монтаж инженерных коммуникаций”, проводились исследования по дисциплине “Системы водоснабжения и водоотведения”, замысел которых заключался в обобщении и систематизации знаний как по основным разделам, так и по отдельно взятой теме дисциплины, например “Гидравлический удар в напорных трубопроводах и средства

противоударной защиты”, в технологическом использовании результатов расчётов, обоснование оптимальных технологических схем и систем питьевого водоснабжения с учётом климатических условий Республики Узбекистан, выборе наиболее экономически выгодных вариантов технологических схем предотвращения гидравлического удара напорных трубопроводов систем водоснабжения [3].

Теоретические, расчетные и практические положения дисциплины изучаются в процессе работы над лекционным курсом, при выполнении практических работ, курсовом проектировании и самостоятельной работе с учебной и технической литературой.

Дисциплина “Системы водоснабжения и водоотведения” изучается студентами строительного факультета в 6 и 7 семестрах. В 6 семестре студенты изучают первую часть курса (Системы питьевого водоснабжения). На эту часть отводится 42 часов учебного времени. Вторая часть курса (Системы водоотведения) изучается в 7 семестре, и на неё отводится 28 часов.

Основная цель курса “Системы водоснабжения и водоотведения” заключается в том, чтобы подготовить студента к восприятию идей и методов анализа при изучении специальных курсов, дать возможность понять области и особенности применения основных средств механизации и автоматизации в системах коммунального водоснабжения и водоотведения. Для этого при изучении данной дисциплины студенты должны стремиться к усвоению профессиональной символики и терминологии, овладению инструментарием водоснабжения как науки (усвоить основные законы, содержание и способы записи уровней состояний, методы анализа устройств, технологические схемы, математических моделей и идеализаций, экспериментальные методы и средства решения инженерных задач и т.п.), познакомиться с содержанием и способами использования справочников, каталогов, инструкций, описаний.

По каждому из перечисленных разделов формулируются цели обучения в виде вопросов, положений и задач, которые должны помнить и уметь решать студенты после завершения изучения каждого раздела. Эти цели служат студентам основным средством самоконтроля при изучении курса.

На всех аудиторных занятиях студенты изучают сначала основы теории, а затем методы решения типовых задач, типовые алгоритмы, правила оформления решений, методы оценки достоверности получаемых решений, технологию использования ЭВМ для инженерных расчетов. Работа преподавателя по обеспечению и организации учебного процесса начинается с того, что по всей учебной дисциплине и отдельным её разделам составляются цели обучения-цели изучения, которые в самом общем виде представляются системой типовых задач деятельности, проблем, вопросов, решать которые должен научиться каждый студент по окончании процесса обучения [4,5]. Эта система задач, проблемы, вопросов обязательно доводится до каждого студента в самом начале процесса обучения и служит ориентиром в его деятельности.

Покажем для примера, как выглядит методика проведения лекционного занятия №5 (Табл.1,2).

## Раздел 1. Лекция №5

Гидравлический удар в напорных трубопроводах и средства противоударной защиты

1. Введение.
2. Причины возникновения гидравлического удара в напорных трубопроводах.
3. Расчет параметров гидравлического удара. Формула проф. Н.Е. Жуковского.
4. Негативные последствия для напорных трубопроводов систем водоснабжения и канализации в случае возникновения гидравлического удара и борьба с ним.
5. Полезное применение гидравлического удара. Водоподъёмник-гидравлический таран.

В результате изучения темы студенты должны:

**Помнить** определение гидравлического удара, причины возникновения и негативные последствия в условиях эксплуатации напорных водопроводных сетей и т.д.

**Объяснить** содержание теоретических предпосылок и сущность методики использования закона проф. Н.Е.Жуковского для описания гидравлического удара и т.д.

**Уметь** использовать основы теории гидравлического удара для определения расчетных параметров гидравлического удара.

Табл.1. Технология проведения лекционного занятия.

Количество часов	2 часа
Количество студентов	25
Форма занятия	Информационная лекция
План лекции	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение</li> <li>2. Причины возникновения гидравлического удара в напорных трубопроводах.</li> <li>3. Расчет параметров гидравлического удара. Формула проф. Н.Е. Жуковского.</li> <li>4. Негативные последствия для напорных трубопроводов систем водоснабжения и канализации в случае возникновения гидравлического удара и борьба с ним.</li> <li>5. Полезное применение гидравлического удара. Водоподъёмник-гидравлический таран.</li> </ol>
Цель занятия	Сформировать знания: о понятии, видах, формах и закономерностях возникновения гидравлического удара в напорных трубопроводах, о типах, выборе и расчете гасительных устройств.
Педагогические задачи	<p><i>Результаты учебной деятельности</i></p> <p>Студент должен:</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ознакомить с физикой явления гидравлического удара.</li> <li>2. Рассказать об исследованиях проф. Н.Е.Жуковского по определению расчетного давления с учетом инерционных сил массы жидкости, протекающей в водопроводной сети..</li> <li>3. Дать сведения о неблагоприятных случаях, авариях</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уметь сформулировать действительные причины аварий на водопроводных сетях, как следствие гидравлического удара в трубах.</li> <li>2. Уметь разъяснить формы и закономерности возникновения гидравлического удара и объяснить метод проф. Н.Е.Жуковского для определения скорости распространения ударной волны по эмпирическим формулам.</li> <li>3. Знать общие сведения о негативных случаях, авариях на водопроводных сетях, о типах и устройствах воздушных колпаков, амортизирующих клапанах для гашения гидроудара.</li> </ol>

на водопроводных сетях, о способах и устройствах для гашения гидроударов. 4. Объяснить возможности полезного использования явления гидравлического удара; о принципе действия компактного водоподъёмника-гидравлический таран.	4. Знать сведения о возможностях практического использования явления гидравлического удара; о принципе действия компактного водоподъёмника-гидравлический таран; о возможностях практического использования гидротаранных установок в горных и предгорных районах Республики Узбекистан.  -
<i>Технические средства обучения</i>	Компьютер, проектор, экран, пульт управления, доска.
<i>Методы обучения</i>	Объяснение, лекция, кластер, блиц – опрос, мозговой штурм.
<i>Форма обучения</i>	Обучение сообща
<i>Условия обучения</i>	Аудитория, оборудованная мультимедийными средствами обучения
<i>Мониторинг и оценивание</i>	Устные вопросы, тесты, кластер на знание типов гасительных устройств.

Табл.2. Технологическая карта учебного занятия по теме: “Гидравлический удар в напорных трубопроводах и средства противоударной защиты”

Этапы	Содержание деятельности преподавателя	Содержание деятельности студентов
1 этап. Введение в тему, 10 мин	1.1. Сообщает тему, раскладку часов, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения. 1.2 Активизирует понятия по теме лекции методом «кластер», диаграмма Венна, мозговой Штурм. (Приложение 2,3) 1.3 .Проводит блиц - опрос с целью выяснения степени усвоения (Приложение 4).	Слушают, записывают, называют ключевые понятия, отвечают на вопросы
2 этап. Основная часть, 60 мин	2.1 .Чтение лекции (приложение 1) 2.2. Задаются вопросы для упрочнения темы лекции (приложение 4)	Слушают, записывают, отвечают на вопросы
3 этап. Заключительная часть. 10 мин	3.1 Подводит итоги, обобщает достигнутые результаты 3.2 Представляет список рекомендуемой литературы по теме (Приложение 7)	Отвечают на вопросы. Слушают, записывают. Записывают



Рис.1. Методы предотвращения гидроудара

Гидравлический удар представляет собой явление повышения давления жидкости в системе, вызванное крайне быстрым изменением скорости потока этой жидкости за очень малый промежуток времени. Чаще всего причинами возникновения гидравлического удара являются быстрое закрытие или открытие трубопроводной арматуры, а также остановка, пуск или изменение режима работы насоса. Есть и другие причины, но они не столь часты.

При быстром закрытии кранов в водопроводе, а также при остановке или пуске насосов, подающих воду в водопроводную сеть, остановившаяся масса воды деформируется под действием сил инерции всей движущейся массы. Это явление названо проф. Н.Е.Жуковским гидравлическим ударом. На основании исследований он установил действительные причины аварийных ситуаций в напорных трубопроводах, а также частого выхода из строя системы водоснабжения и впервые предложил теоретическое решение для определения разрывающих усилий, возникающих в трубопроводах. Гидравлический удар является исключительным случаем в гидравлических расчетах систем подачи и распределения воды, когда приходится учитывать сжимаемость жидкости, так как под влиянием больших инерционных сил она несколько сжимается, а стенки трубопроводов растягиваются.

Для предотвращения гидравлического удара применяют ряд методов, приведенных на рис.1. Указанные методы активно используются производителями оборудования для систем гашения гидроударов.

В некоторых лекциях, где это необходимо по плану обучения, формулируются не только основные вопросы, проблемы, понятия, которые должны усвоить студенты, но и конкретные типовые задачи, решая которых студенты смогут закрепить овладение знаниями и умениями. Например, в заключении лекции №5 формулируется следующая задача.

Задача 5.1. Исходные данные: Вода движется со скоростью 2,0 м/с

По стальному трубопроводу с условным диаметром  $D=500$  мм с толщиной стенки  $\delta = 12$  мм и длиной  $l = 3500$  мм.

Для вычисления повышения давления при гидроударе используется формула Н.Е. Жуковского

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot \Delta v \quad (1)$$

В формуле  $\rho = 998$  кг/м<sup>3</sup> - плотность жидкости;  $c$  - скорость фронта ударной волны, м/с;  $\Delta v$  - изменение скорости жидкости при гидравлическом ударе, м/с. Скорость фронта ударной волны

$$c = \sqrt{\frac{\frac{E_c}{\rho}}{1 + \frac{E_c \cdot DN}{E_T \cdot \tau}}} = \sqrt{\frac{\frac{2 \cdot 10^9}{998}}{1 + \frac{2 \cdot 10^9 \cdot 0,5}{200 \cdot 10^9 \cdot 0,012}}} = 1189,37 \quad (2)$$

где,  $E_c$  - модуль упругости жидкости, кгс/см<sup>2</sup>;  $E_T$  - модуль упругости трубопровода, кгс/см<sup>2</sup>;  $\delta$  - толщина стенок трубопровода, м;  $D$  - условный диаметр трубопровода, м. Увеличение давления при гидроударе согласно формуле (1)

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot \Delta v = 998 \cdot 1189,37 \cdot 2 = 2373982,52 = 2,37 \quad (3)$$

Тогда, максимально допустимое время реакции клапана

$$\tau_{max} = \frac{L}{c \cdot 1,5} = \frac{3500m}{1189,37 \frac{m}{s} \cdot 1,5} = 1,96 \quad (4)$$

Таким образом, из расчетов можно сделать вывод, что из-за резкого закрытия задвижки возникает гидроудар, в результате которого развивается ударная волна движущаяся со скоростью почти 1200 м/с, давление в трубопроводе возрастает на 23,7 бар-и всё это происходит почти за 2 сек.

В учебно-методическом комплексе [5] представлены темы, цели и рабочие задания по каждой работе, а также указания по изучению необходимой учебной литературы. Каждый раздел дисциплины заканчивается изложением примерных вариантов контрольных задач, включаемых в состав рубежного контроля по этому разделу 3-4 комплексные задачи, решение которых должно показать как студенту, так и преподавателю степень овладения каждым студентом изложенным выше материалом. Для углубленного самостоятельного изучения учебного материала, а также самоконтроля при подготовке к зачетным и контрольным занятиям студентам рекомендуется основная (например, [6,7,8,9,10]) и дополнительная (например, [11,12,13]) литература, список которой приводится в конце каждого раздела.

Таким образом, студенты имеют полную информацию о том, что они должны усвоить и какие выполнить задания в рамках каждого раздела, применение интерактивных форм обучения при преподавании специальных дисциплин повышает качество подготовки студентов по этому предмету, к активизации методической работы, к совершенствованию организации учебного процесса и может быть рекомендовано для внедрения в практику преподавания дисциплины “Системы водоснабжения и водоотведения” в инженерных вузах.

### Литература

1. Негматов М. К., Атамов А. А., Буриев Э. С. Автоматика систем водоснабжения и контрольно измерительные приборы //Учебное пособие/-Ташкент: изд.“Тафаккур Бустони”, 2017.-368 с.(на узбекском языке). – 2017.
2. Негматов М.К. Некоторые рекомендации по изучению раздела технологии водоподготовки “Фильтрация природных вод” на основе систематизированной диаграммы Венна // Непрерывное образование. Ташкент. 2021, Спец. Выпуск. С. 62-66. (на узбекском языке).
3. Негматов М.К., Салиева Г.Т. Интерактивные формы обучения применительно к специальным дисциплинам/Республика илмий-амалий конференция материаллари тупламада. 2-кисм. 44-46 бетлар. Наманган. 2013.
4. Долженко О.В., Шатуновский В.Л. Современные методы и технология обучения в техническом вузе. М.:»Высшая школа», 1990.189 С.

5. Негматов М.К., Ахунув Д.Б. Системы водоснабжения и водоотведения. Учебно-методический комплекс. Наманган. НамИСИ. 2022. 200 С.
6. Павлинова И.И., Баженов В.И., Губий И.Г. Водоснабжение и водоотведение. Учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2019.
7. Гидравлика, водоснабжение и канализация. Под ред. В.И. Калицуна, В.С. Кедрова, Ю.М. Ласкова. Учебное пособие.- М.: Стройиздат, 2003-396с.
8. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М., Гостехиздат. 1899.
9. Арифжанов А.М., Жонкобиллов У.У. Гидравлический удар в однородных и газожидкостных напорных трубопроводах. Ташкент, «Фан ва технологиялар», 2018.-135 с. (на узбекском языке).
10. Овсепян М.М. Гидравлический таран и таранные установки. Машиностроение. М.: 1978.124 с.
11. СНиП (КМК) 2.04.03-97. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Ташкент. 1997. 124 с.
12. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в государственном реестре Республики Узбекистан. № DGU 07154. Моделирование гидравлического удара в прямой длинной трубе. Мадалиев Э.У., Негматов М.К., Мадалиев М.Э., Иброхимов А.Р. 04.09.2019. Ташкент, 2019.
13. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в государственном реестре Республики Узбекистан № DGU 12513. Моделирование гидравлического удара в напорном трубопроводе с учетом состава сточных вод. Негматов М.К., Бобоева Г.С., Нишанов Ф.Х. 31.08.2021. Ташкент, 2021.
14. Negmatov M. K., Zhuraev K. A., Yuldashev M. A. Treatment of Sewage Water of Electrical Production on Recycled Filters //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Т. 6. – №. 10. – С. 11132-11135.
15. Negmatov M. K., Kurbanova O. B., Tukhtabaev A. A. Water purification of artificial swimming pools //Novateur Publication India's International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology [IJERT] ISSN: 2394-3696, Website: [www.ijert.org](http://www.ijert.org), 15th June, 2020]. Pp 98. – Т. 103.
16. Negmatov M. K. et al. WATER EXCHANGE MODE IN SWIMMING POOLS WITH RETURN WATER SUPPLY SYSTEM //EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR). – 2021. – Т. 7. – №. 4. – С. 1-1.
17. M. Negmatov, A. Atamov, T. Kasimov. Water Purification on Pressure Filters / LAP LAMBERT Academic Publishing. 2021. Pp. 135.
18. Негматов М.К., Бобоева Г.С., Бекмирзаев Г.Х. Некоторые соображения по очистке природных вод на усовершенствованных фильтрах // В материалах международной научно-практической конференции «Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций» Самарканд. 2022.- С. 129-135.
19. Negmatov M. et al. Induction of cytoplasmic male sterility in cotton by the method of radiation mutagenesis //Soviet genetics. – 1975.

20. Mamajanov M., Negmatov M. K. A Simplified Method for Determining the Water Supply of Centrifugal and Axial Pumping Units of Municipal Water Supply Systems //International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology. – №. 1. – С. 1-7.
21. Рудзский Г.Г., Ким А.Н., Негматов М.К., Ризо Е.Г. Опытнo-промышленная линия доочистки сточных вод Колпинского литейно-механического завода //Очистка природных и сточных вод: Тез. докладов/ВНИИВОДГЕО. Москва, 1989.-С.148-149.
22. Negmatov M., Boboeva G., Negmatov U. Environmental aspects of processing and use wastewater sludge in agriculture //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Т. 1076. – №. 1. – С. 012046.
23. НЕГМАТОВ М. К. и др. Фильтр для очистки жидкости. – 1990.
24. РУДЗСКИЙ Г. Г. и др. Патронный фильтр для очистки жидкости. – 1990.
25. ПАТРОННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ / С.Е.Толкачева, С.В.Зайцев, М.К.Негматов, В.А.Романенко авторское свидетельство SU 1797947 А1, МПК ВО1D 27/04-Опубл. 1993.02.28.
26. ПАТРОННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ / Г.Г.Рудзсий, А.Н.Ким, В.Б.Гусаковский, М.К.Негматов, Сухушин Е.П., Давыдова М.Б. Авторское свидетельство SU 1457964 А1, 1989.02.15. Заявка № 4282055 от 13.07.1987.
27. САМООЧИЩАЮЩИЙСЯ ФИЛЬТР Ким А.Н., Рудзский Г.Г., Гусаковский В.Б., Негматов М.К., Сухушин Е.П. Авторское свидетельство SU 1493286 А1, 15.07.1989. Заявка № 4327891 от 17.11.1987.
28. РУДЗСКИЙ Г. Г. и др. Самоочищающийся патронный фильтр для очистки воды. – 1990.
29. САМООЧИЩАЮЩИЙСЯ ПАТРОННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ. Рудзский Г.Г., Ким А.Н., Гусаковский В.Б., Негматов М.К., Ризо Е.Г., Езерский А.И. Авторское свидетельство SU 1535 589 А1, 15.01.1990. Заявка № 4421980 от 05.04.1988.
30. ПАТРОННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ / Г.Г.Рудзсий, А.Н.Ким, В.Б.Гусаковский, М.К.Негматов. Авторское свидетельство SU 1579 532, 23.07.1990. Заявка № 4473277 от 11.08.1988.
31. ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ / М.К.Негматов, В.А.Керов, С.В.Зайцев, А.С.Славинский- Авторское свидетельство SU 1607875 А1, МПК ВО1D 29/62. Опубл. 1990.11.23.
32. САМООЧИЩАЮЩИЙСЯ ФИЛЬТР Рудзский Г.Г., Ким А.Н., Гусаковский В.Б., Негматов М.К. Авторское свидетельство SU 1493286 А1, 15.07.1989. -Опубл. 1989.07.15.
33. Ataev I. A. et al. Breeding dwarf forms of fine-fibred cotton by inbreeding //Dokl. Akad. Fanhoi RSS TociKiston. – 1980. – Т. 23. – №. 11. – С. 668-670.
34. М.К. Негматов, А.А. Атамов, У.М. Негматов // Глубокая Очистка Промышленных Сточных Вод Вспомогательными Фильтрующими Материалами. ECLSS Online 2020b. 2nd ECLSS International Online Conference on Economics and Social Sciences. Istanbul / TURKEY. June 28- 29, 2020.
35. Негматов М. К., Атамов А. А., Жураев Х. А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРОПЕРЛИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД //ЖУРНАЛИ. – С. 142.