

Бирзуль Алексей Николаевич

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный

университет путей сообщения»

г. Хабаровск, Хабаровский край

Юринская Анастасия Владимировна

студентка

Байкало-Амурский институт инженеров

железнодорожного транспорта – филиал

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет

путей сообщения» в г. Тынде

г. Тында, Амурская область

DOI 10.31483/r-106223

ПРИМЕРЫ ИЗ ГИДРАВЛИКИ В КУРСЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье показано положение гидравлики и сопротивления материалов как вузовских дисциплин в системе межпредметных связей. Кратко описаны те разделы технической механики жидкости, в которых активно используется сопротивление материалов и даже определяет ход изложения курса гидравлики. Основное внимание обращено на те моменты, в которых сопротивление материалов может эффективно использовать положения гидравлики и тем самым облегчать изложение сложного материала. По мнению авторов, взаимодействие указанных дисциплин можно сделать правилом, используя его целенаправленно на учебных занятиях для некоторых инженерных специальностей.

Ключевые слова: сопротивление материалов, гидравлика, методика преподавания, межпредметные связи, метапредметность.

Повышение эффективности учебного процесса в технических вузах и высокое качество знаний их студентов невозможно без установления и реализации межпредметных связей при преподавании учебных дисциплин, в частности

гидравлики и сопромата. Как показывает история науки, названные механические дисциплины всегда развивались в тесной взаимосвязи друг с другом. Например, в печатном издании 1886 года под одной обложкой были опубликованы работа Д.К. Бобылева «Гидростатика» и труд Ф.С. Ясинского «Теория упругости». В учебниках немецкого физика А. Зоммерфельда основные уравнения механики жидкости и твердых тел изложены параллельно, что ещё раз подчеркивает их общие черты. В качестве примера взаимодействия указанных «механик» можно привести и название объединенной кафедры «Теоретическая механика и гидравлика», которая более 50 лет существовала при Московском станкоинструментальном институте (ныне – кафедра «Теоретическая механика и сопротивление материалов» МГТУ «СТАНКИН»).

Обычно в программах технических вузов изучение курса сопромата предшествует прохождению основ гидравлики (очень редко эти два курса идут параллельно), поэтому система взаимосвязей этих дисциплин носит несколько односторонний характер. Сравнительно легко показать, что гидравлике нужно из сопромата, но довольно трудно проиллюстрировать обратное воздействие гидравлики на сопромат из-за их хронологического размещения в учебных планах. В итоге получается, что связь между гидравликой и сопроматом намного менее выражена, чем между той же теоретической механикой и сопроматом. При этом многими преподавателями отмечается «господство» сопромата перед остальными дисциплинами: «Большинство классических и современных (...) технических дисциплин содержат в себе основные понятия (азы) сопротивления материалов» [4, с. 198].

Важно отметить, что при обучении гидравлике так или иначе происходит закрепление знаний из курса «Сопротивление материалов». Особенно широко сопромат используется в разделе «Гидростатика», в котором нужно применять сведения, полученные при изучении тем «Геометрические характеристики плоских сечений» и «Построение эпюров». В противном случае будут значительные затруднения в решении задач на гидростатические давление аналитическим и графо-аналитическими способами. Не менее важно хорошее усвоение студен-

тами тем сопромата «Расчет тонкостенных оболочек» и «Определение напряжений и перемещений в толстостенном цилиндре» [4, с. 114–119], поскольку в курсе гидравлики эти разделы необходимы при инженерном анализе работ насосов, резервуаров и трубопроводов. Можно заметить, что при изучении гидравлики продолжается развитие ряда «сопроматовских» умений как в технике вычислений (правильное применение геометрических характеристик сечений, знание их размерностей), так и в области графических умений (построение эпюров).

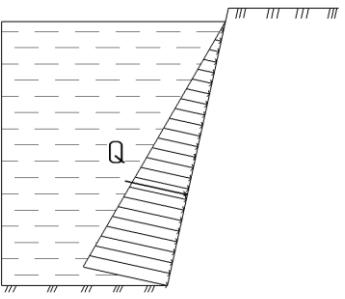
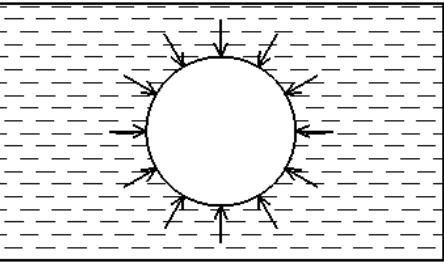
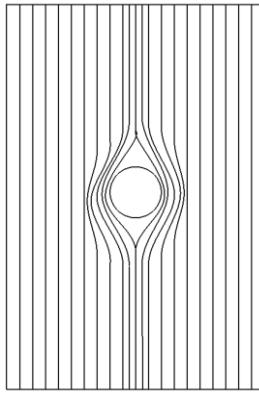
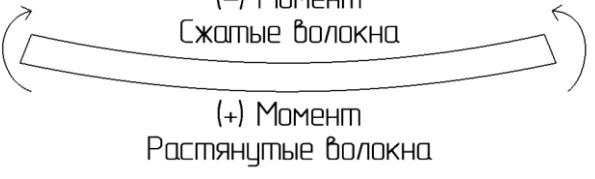
С другой стороны, концепция гидравлических аналогий может быть применена в различных разделах сопромата и строительной механики. Кратко напомним, что для решения задач электротехники инженеры давно используют аналогии с течением воды, которые позволяют перенести законы гидравлики на электрические цепи. В «Оксфордском справочнике школьника» этот способ кратко описывается так: «Широкие трубы будут иметь низкое сопротивление, которое позволит протечь большому количеству воды (большой ток) ... причем давление играет роль «напряжения»...» [3, с. 242]. По мнению авторов, такой же успешной может быть связь гидравлики и сопромата, какая в настоящее время имеется у гидравлики и электротехники.

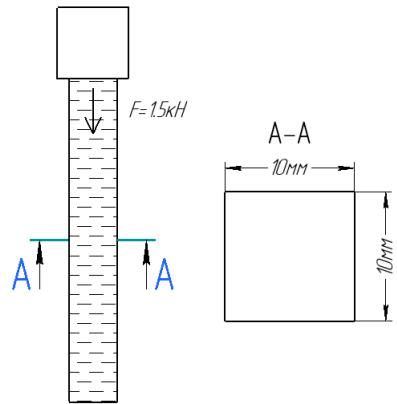
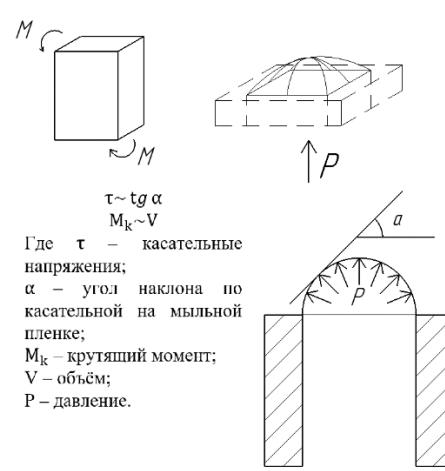
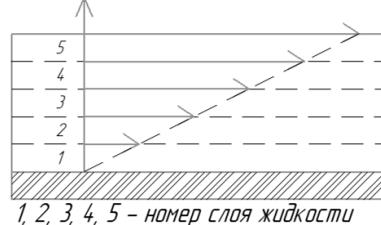
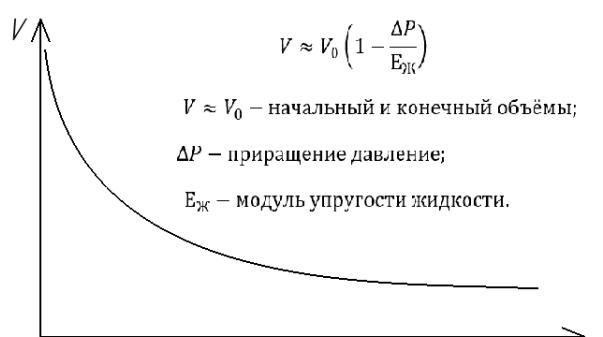
Проведенный анализ рабочих программ ДВГУПС для направления «Строительство» и специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» позволил представить в виде таблицы (см. табл. 1) взаимосвязь тем сопромата с примерами из курса гидравлики в соответствии с существующим учебным планом. Авторы осознают, что эту работу нельзя считать завершенной, и названная табличная форма всегда открыта для дополнительных примеров и иллюстраций. В поиске табличного материала неоценимую помощь оказал первый том «Элементарного учебника физики» под редакцией Г.С. Ландсберга [2, с. 515], в котором неразрывно рассматриваются механические свойства жидкостей и твердых тел. Наличие подобного учебника, отвечающего общей идеи данной статьи, позволяет поручить студентам самостоятельное заполнение приведенной формы. Также можно предложить обучаю-

щимся подготовить реферативные доклады по затронутой теме. Это подтолкнет студентов к работе с учебником, к поиску научно-технической литературы по исследуемому вопросу.

Таблица 1

Примеры из гидравлики в темах курса «Сопротивление материалов»

Термин или тема сопротивления	Объяснение из гидравлики	Опорная схема с расшифровкой
Пример неравномерно распределенной нагрузки	Эпюра силы Q избыточного гидростатического давления изменяется от нуля на поверхности до максимального значения на дне водного объекта.	
Всестороннее сжатие, сжимающее напряжение	Этот вид деформации испытывают все тела, погруженные в жидкость. Гидростатическое давление есть сжимающее напряжение.	
Концентрация напряжений	В местах вырезов и ослаблений поперечных сечений наблюдается всплеск напряжений, по той же схеме, как увеличивается концентрация элементарных струек воды в местах преград.	
Правило изгибающих моментов для строительных специальностей	Балка с нижними растянутыми волокнами (выпуклостью вниз) хорошо удерживает воду – знак изгибающего момента положительный (образуется сосредоточенное русло реки).	

Термин или тема сопромата	Объяснение из гидравлики	Опорная схема с расшифровкой
Прочность при растяжении-сжатии	В гидравлике доказывается, что вода – прочное вещество. В лабораторных условиях достигнута чистота воды с прочностью поверхности натяжения 150 кгс на 1 кв. см, что соответствует прочности на разрыв некоторых марок стали	
Мембранный аналогия при кручении бруса	Мыльная пленка наглядно показывает касательные напряжения τ бруса при кручении, т.к. тангенс угла наклона касательной к этой пленке аналогичен названным напряжениям, а объём под пленкой соответствует крутящему моменту	 <p>Где τ – касательные напряжения; α – угол наклона по касательной на мыльной пленке; M_k – крутящий момент; V – объём; P – давление.</p>
Пластическая деформация сдвига	Эта деформация аналогична движению жидкости, при котором происходит сдвиг одних слоев относительно других	 <p>1, 2, 3, 4, 5 – номер слоя жидкости</p>
Закон Гука	У жидкостей специфическая форма записи этого закона. Структура жидкостей более «рыхлая», чем у твердых тел. Так, сжимаемость воды примерно в 100 раз больше сжимаемости стали. Приведен график для метанола, из которого видно, что при всестороннем сжатии его можно довести до половины	 $V \approx V_0 \left(1 - \frac{\Delta P}{E_{\text{Ж}}}\right)$ <p>$V \approx V_0$ – начальный и конечный объёмы; ΔP – приращение давления; $E_{\text{Ж}}$ – модуль упругости жидкости.</p>

Термин или тема сопромата	Объяснение из гидравлики начального объема.	Опорная схема с расшифровкой
---------------------------	---	------------------------------

Дополнительно заметим, что самостоятельное установление межпредметных связей, которое студенты должны выполнить в форме представленной таблицы 1, является важнейшим признаком метапредметной деятельности [1, с. 42]. При этом они нарабатывают необходимые навыки составления опорных схем для решения учебных задач, что ФГОС однозначно относят к метапредметным образовательным результатам [1, с. 46].

Дадим небольшие авторские комментарии к некоторым строкам приведенной выше таблицы 1. В курсе сопромата чаще всего рассматривают центральное (осевое) растяжение-сжатие и его внецентренный вариант. В качестве иллюстрации можно привести из гидравлики всестороннее сжатие, которое проявляется при погружении тел в воду, при этом действуют сжимающие нормальные напряжения. Также можно отметить, что для случая всестороннего сжатия выполняется закон Гука, но обязательно нужно назвать его ограничения (только незначительные изменения давления и температуры). Наиболее яркий пример использования принципов гидравлики в сопромате – это объяснение концентрации напряжений и трактовка распределения касательных напряжений при кручении бруса. Как нам кажется, именно в этих вопросах использование гидравлических элементов особенно ценно.

Необходимо также затронуть вопрос, связанный с реализацией метапредметного подхода при описанном выше взаимодействии гидравлики и сопромата. Наиболее близка к основным положениям данной работы трактовка метапредметного подхода, предложенная Т.Н. Гнитецкой: «Метапредметный подход к обучению предполагает организацию в процессе обучения условий, в которых формируется целостное мировоззрение обучающихся на основе установления межпредметных связей с помощью целенаправленных самостоятельных действий» [1, с. 42]. Для достижения метапредметных результатов при изучении дисциплин высшей школы авторы названной монографии [1] рекомендуют

использовать методику соревнования команд, что позволяет вовлечь в совместную работу людей даже с низкой мотивацией к учебе. В курсе сопромата можно организовать командную работу на внеаудиторном мероприятии по теме «Крушения гидротехнических сооружений», для которого учебная группа делится на команды «Сопроматчики» (С.), «Гидравлики» (Г.) и «Эксперты» (Э.). Если курс сопромата ведется по нескольким направлениям подготовки, то для группы Г. рекомендуется профиль «Водоснабжение и водоотведение», а для С. – направление «Строительство», что будет вполне соответствовать их профессиональным интересам. Командам С. и Г. предлагается по литературным данным собрать информацию об обрушении Бузейской плотины (Франция) в 1895 году, при этом выписать только те технические характеристики, которые относятся к «профилю» своего коллектива. Так, участники команды С. составляют расчетную схему, выясняют типы нагрузок, уточняют вид деформаций и напряжений, учитывают ударное воздействие волн; а команда Г. пытается установить все компоненты для гидравлического расчета (сечение и форма плотины, напоры перед плотиной, расчетные глубины воды и др.). Важно, чтобы каждая команда назвала «свои» причины разрушения плотины при анализе полученных данных, с позиций учебных дисциплин, которые они представляют и в определенном смысле отстаивают. Наиболее ответственная задача возлагается на группу экспертов (Э.), которым необходимо объединить заключения команд Г. и С. и выработать совместную позицию по причинам изучаемой катастрофы. Тем самым команда Э. самостоятельно выйдет на обобщение предметных знаний двух дисциплин – гидравлики и сопромата.

Метапредметный подход в рамках данной темы можно реализовать и при выполнении студентами индивидуальных экспериментальных заданий, для решения которых необходимы как знания сопромата, так и понимание гидравлики. Например, в разделе «Колебания упругих систем» курса сопромата уделяется должное внимание затухающим колебаниям в вязких средах. Обычно в учебниках данная тема формулируется так: «Как наличие сопротивлений отражается на свободных колебаниях системы?». Студентка Ю. на этот вопрос от-

ветила демонстрационным экспериментом, при котором колебания вертикального пружинного маятника затухали в толще воды (см. рис. 1).



Рис. 1. Затухание колебаний в воде

Описанный опыт имеет практическое применение: японские инженеры с помощью обычной воды значительно повышают сейсмостойкость любых зданий, как известно, значительно колеблющихся при землетрясениях.

Анализ, проведенный в табличной форме с опорными схемами, а также предложенный тип командной и экспериментальной работы, позволяет вновь закрепить межпредметные связи сопромата и гидравлики с целью улучшения методики их преподавания, повышения качества знаний обучающихся, а также развития дальнейшего интереса студентов к техническим дисциплинам. На конкретных примерах показано, как реализовать на практике межпредметные связи гидравлики и сопромата в технических вузах. Особенно необходимо представить это взаимодействие механики жидкости и механики материалов для студентов, которых готовят для будущей работы в водной или строительной отрасли.

Список литературы

1. Гнитецкая Т.Н. Метапредметность в обучении физике / Т.Н. Гнитецкая, А.Ю. Чеботарев, Б.Л. Резник. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2022. – 254 с. – ISBN 978-5-7444-5142-4.
2. Механика. Теплота. Молекулярная физика. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика / сост. С. Э. Хайкин [и др.]. – М.: Наука, 1985. – 606 с.

3. Прескотт К. Оксфордский справочник школьника: биология, физика, химия / К. Прескотт. – М.: ACT; Астрель, 2008. – 257 с. – ISBN 978-5-17-020454-0.
4. Романенко С.В. Сопротивление материалов / С.В. Романенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2019. – 200 с. – ISBN 978-5-392-29761-0.