

Рисунок 2 – Поле скоростей в момент сближения лифта и противовеса

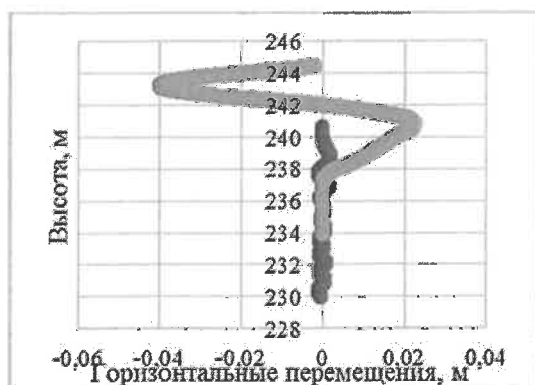


Рисунок 3 – Перемещения лифта и противовеса (темно-серый цвет – лифт, светло-серый – противовес)



Рисунок 4 – Горизонтальные скорости лифта и противовеса (темно-серый цвет – лифт, светло-серый – противовес)

Видно, что при прохождении лифта и противовеса рядом друг с другом они оказывают влияние друг на друга, вызывая смещения обоих. Это также было получено исследователями в [1]. Максимальное давление возникает в системе, в момент, когда лифт и противовес почти прошли мимо друг друга, что изображено на рисунке 1, тем самым вызывая максимальные смещения относительно оси движения. Полученные результаты могут быть использованы при определении оптимальных положений лифта и противовеса в шахте, а также безопасных параметров их движения.

Список литературы

1 Simulation of the lateral oscillation of rope-guided conveyance based on fluid-structure interaction / R. Wu [et al.] // Journal of Vibroengineering 16. – 2014. – 1555–1563. pmid:25317882.
 2 Wu, R. Computational Fluid Dynamics Modeling of Rope-Guided Conveyances in Two Typical Kinds of Shaft Layouts / R. Wu, Z. Zhu, G. Cao // PLoS ONE 2015. – No. 10 (2). – e0118268.
 3 Nikolaitchik, M. A. Determination of the skip force effect on guides in mine shaft / M. A. Nikolaitchik // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 201. – DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101017>.

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ, НАПОРА И РАСХОДА ЖИДКОСТИ ПРИ ГИДРОУДАРЕ ДЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ТРУБ ИЗ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ХАРАКТЕРИСТИК

С. В. КИРГИНЦЕВА, В. В. МОЖАРОВСКИЙ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

При интенсивной эксплуатации подземных трубопроводов могут возникать такие явления, как коррозия, разрывы, разрушение системы, утечка жидкости. В этом случае возникают значительные затраты на обслуживание и ремонт сетей. Решением этой проблемы может быть применение новых бестраншейных методов восстановления трубопроводов, которые заключаются в ремонте существующих трубопроводов, без выемки грунта. На современном этапе развития новых технологий

начали использовать так называемую технологию CIPP («Cured-in-place pipe») трубопроводов, или применение композитных рукавов (чулок) для бестраншейного ремонта трубопровода. Такая же технология используется для восстановления внутренней поверхности изношенных самотечных и напорных трубопроводов с помощью композитного рукава (трубы). В трубопроводах, работающих под давлением, могут происходить гидравлические удары, которые способны привести к их повреждениям и, возможно, к выходу из строя насосной системы. Предложенная теория (алгоритмы) может применяться для таких конструкций и в новых технологиях. Получены формулы и алгоритмы, по которым можно сделать инженерные расчеты для вышеуказанных труб из композитов (рисунок 1).

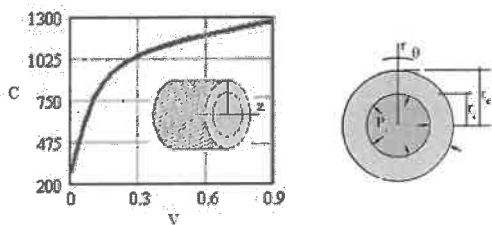


Рисунок 1 – Влияние объемного содержания волокна V и угла намотки для армированной трубы из композита на скорость ударной волны C , м/с (модули упругости и коэффициенты Пуассона матрицы и волокна: $E_m = 3,76$ ГПа; $E_b = 86$ ГПа; $\nu_m = 0,4$; $\nu_b = 0,22$; толщина $h_1 = 30$ мм; внутренний радиус $r_a = 120$ мм; внешний радиус $r_c = 150$ мм)

Предложено математическое моделирование расчета слоистых трубопроводов и изучение возможности контроля гидравлического удара. Представлены исследования об определении скорости ударной волны, напора и расхода воды при гидроударе для двухслойных труб из композитов методом характеристик [1–3]. Теоретические подходы, разработанные для расчета параметров гидроудара металлических (изотропных) труб, можно также применять и для композитных, но с учетом того, что скорость ударной волны определяется на основе теории упругости анизотропного тела. Созданы алгоритм и программа для реализации расчета труб с ортотропным покрытием (композитом, внутри футеровка, рукав) по зависимостям, определяющим скорость волны, повышения давления, напряженное состояние при гидроударе для различных комбинаций слоистых упругих ортотропных (трансверсально-изотропных) свойств трубы и футеровки (рисунок 2).

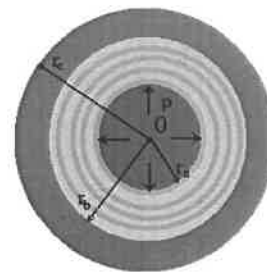


Рисунок 2 – Изотропная труба, ортотропная футеровка

Решается задача компьютерной реализации расчета вышеуказанных параметров для труб из композитов. Для полного описания расчета напора и расхода жидкости при гидравлическом ударе рассмотрим изотропную трубу (модуль упругости и коэффициент Пуассона $E = 210$ ГПа, $\nu = 0,3$, с внутренним покрытием из композита $E_f = 86$ ГПа, $\nu_f = 0,22$, $E_m = 3,76$ ГПа, $\nu_m = 0,374$) с радиусами $r_a = 0,147$ м, $r_b = 0,150$ м, $r_c = 0,156$ м. По предложенной методике была составлена программа в среде Delphi на основе метода характеристик (рисунок 3), в которой учитывался расчет скорости волны для двуслойной трубы и определялись основные параметры.

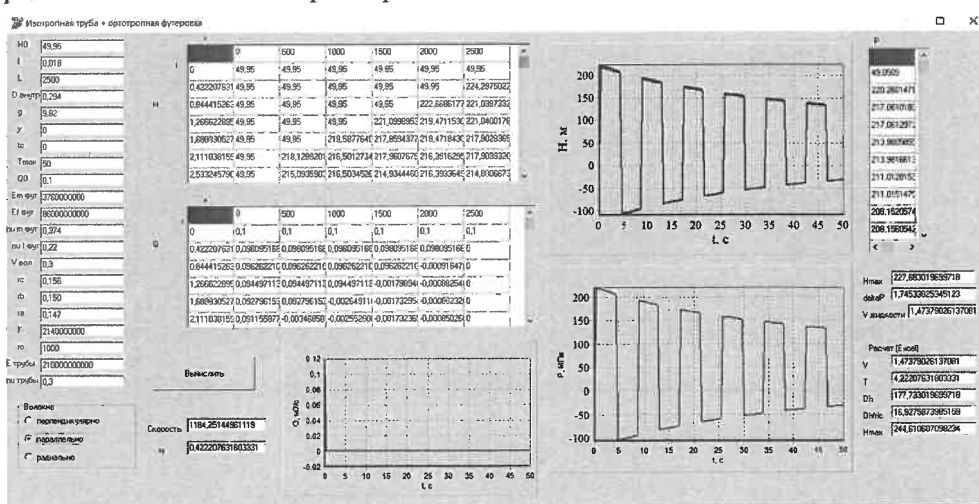


Рисунок 3 – Результаты расчета скорости ударной волны и дополнительных давлений в результате гидроудара в трубе с покрытием из композита

Таким образом, в результате выполненных исследований:

– произведен расчет напора и расхода жидкости и сделан анализ о влиянии расположения волокон (перпендикулярное, параллельное, радиальное) в матрице композиционного материала футеровки на скорость волны, давление и расход жидкости при гидроударе;

– представлены исследования об определении скорости волны напора и расхода воды при гидроударе для двухслойных труб из композитов методом характеристик; теоретические подходы, разработанные для расчета параметров гидроудара металлических (изотропных) труб, которые можно также применять и для композитных, но с учетом, что скорость ударной волны определяется на основе теории упругости анизотропного тела;

– созданы алгоритм и программа для реализации расчета труб с ортотропным покрытием (композитом) по зависимостям, определяющим скорость волны, повышения давления, напряженное состояние при гидроударе для различных комбинаций слоистых ортотропных (трансверсально-изотропных) свойств трубы и футеровки.

Список литературы

1 **Можаровский, В. В.** Скорость волны при гидроударе и напряженно-деформированное состояние слоистых футерованных труб из ортотропных материалов / В. В. Можаровский, С. В. Киргинцева // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – № 2 (51). – С. 44–51.

2 **Можаровский, В. В.** Влияние расположения волокон в трубе из композита на параметры гидравлического удара / В. В. Можаровский, С. В. Киргинцева // Проблемы физики, математики и техники. – 2023. – № 4 (57). – С. 30–35.

3 **Volnei Titaа.** Theoretical Models to Predict the Mechanical Behavior of Thick Composite Tubes / Volnei Titaа, Mauricio Francisco Caliri Júniorа, Ernesto Massaroppi Juniorb // Materials Research. – 2012. – No. 15 (1). – P. 70–80.

УДК 662.769.21

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДА КАК ТОПЛИВА

А. И. КИРИЛЕНКО, И. Л. БУРДИН

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Дальнейший прогресс нашей цивилизации связан с решением экологической проблемы. Эта проблема затрагивает все отрасли народного хозяйства, транспорт, промышленность, сельское хозяйство и прочие, исключений нет, однако основой остается энергетика. О темпах обострения экологической проблемы обычно судят по объемам выбросов парниковых газов, уже в 2022 году уровень концентрации парниковых газов превысил уровень доиндустриальной эпохи на 50 %, однако основной причиной загрязнения атмосферы является энергетика, другие отрасли экономики вносят существенный, но несколько иной вклад. Решением проблемы является внедрение альтернативных источников энергии. Цель работы – рассмотрение подходов к решению этой глобальной проблемы в разных странах. Одним из методов решения на данном этапе видится переход к водородной энергетике, не исключается и более широкое применение атомной энергии. Применение водорода во всех отраслях промышленности, включая транспорт, является также актуальным вопросом, который рассматривался и ранее [1], но в связи с современной экологической повесткой стоит наиболее остро.

25 сентября 2015 года государствами – членами ООН была принята Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Среди целей Повестки следует выделить те, что подразумевают обеспечение недорогими, надежными, устойчивыми и современными источникам энергии, доступными для всех, и принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями. С этой целью многие страны осуществляют активную деятельность по организации соответствующих исследований, разработке и внедрению принципиально новых технологий. Поэтому необходимо рассмотреть существующие технические решения и сделать вывод об их целесообразности и эффективности, но не только в связи с использованием водорода в химической промышленности или на транспорте, и как топливного ресурса в целом.

В Парижском соглашении по защите климата 2016 года особая роль отводится сокращению выбросов парниковых газов. В качестве одного из методов достижения этой цели рассматривается развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и производство «зеленого» топлива на основе ВИЭ. «Зеленым» топливом называется топливо, получаемое из возобновляемых источников без