DOI: 10.24888/2500-1957-2023-3-60-68

УДК 378.1

КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ КАК ЭЛЕМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ

Ваулин Владимир Иванович
к.п.н., доцент кафедры общетеоретические дисциплины,
vaul.vladimir2014@yandex.ru
г. Сызрань
Самарский государственный технический университет, филиал в г. Сызрани

Сингеев Сергей Александрович
к.т.н., доцент кафедры общетеоретические дисциплины,
singeev_sergej@mail.ru
г. Сызрань
Самарский государственный технический университет, филиал в г. Сызрани

Филончик Наталья Ивановна
к.п.н., доцент кафедры химические технологии,
г. Сызрань
Самарский государственный технический университет, филиал в г. Сызрани

Лишманова Маргарита Юрьевна,
студентка
г. Сызрань
Самарский государственный технический университет, филиал в г. Сызрани

Аннотация. В статье проводится анализ математического аппарата, используемого в гидрогазодинамике. Целью исследования является аналитический обзор элементов математического аппарата (МА) изучаемого в ходе дисциплины гидрогазодинамика и математика, необходимого для выполнения расчетов, курсового проектирования и научных исследований. Утверждается, что математический аппарат включает различные обозначения, параметры, законы и векторные характеристики, описывающие процессы явлений в формулах, дифференциальном и интегральном плане. Математический аппарат – набор формул, условий и соотношений, с помощью которых решаются те или иные задачи моделирования, представление реальности для прогнозирования поведения реального объекта в идеализированном формате. Теоретическая значимость исследования заключается в обзорном анализе гидрогазодинамики и высшей математики, раскрывающей общие подходы анализа, расчетов процессов и явлений. Практическая значимость математического аппарата гидрогазодинамики заключается в расчетах, моделировании и проектировании машин и аппаратов, направленных на защиту окружающей среды. Комплексное использование математического аппарата позволяет выполнять практические задачи расчета простого и сложного трубопровода, проектирование водоотведения промышленного предприятия, выполнение расчетов в научных исследованиях. Определение межпредметных дисциплинарных связей позволяет стимулировать мотивацию для изучения дисциплин общетеоретического уровня. Дают возможность комплексно использовать математический аппарат при расчете прикладных исследований, в том числе проектирование машин и механизмов, что является основой развития инженерного мышления как студентов, формирования компетенций инженеров любого уровня.

Ключевые слова: методы высшей математики, математический аппарат гидрогазодинамики, машины и аппараты охраны окружающей среды.

Введение

Актуальность проблемы исследования определяет необходимость совершенствования качества подготовки студентов в вузах (Перминова, 2016). В этом плане важную роль играет определение межпредметных связей дисциплин общеобразовательного цикла, в частности гидрогазодинамики и высшей математики, в ходе изучения которой главное место занимает математический аппарат (МА) (Баляйкина, 2019).

Обзор литературы

Бушуев Н.Н., Бушуева В.В., Черногорцева Г.В., Иванова А.С., исследуют экопроцессы единства интеграции и дифференциации. Показывают влияние этого единства на уровни научно-практических решений, аппарат понятий и методологию, техсредства и т.д. Изучили зарубежные методики с интегративной методологией и с использованием принципов дифференциации в экопроблемах (Бушуев, 2017).

Гунин В.И. изучил вихревую составляющую в науке о Земле на основе положений гидродинамики. Он доказывает, что МА вихревой гидрогазодинамики, позволяет адекватно описать структуры вихревых моделей теплопроцессов вязкой и пористой сред, предлагая для этого трехмерную математическую модель (Гунин, 2018).

Торопова С.И. использовала в исследовании математическое моделирование в качестве составляющей образования для будущих экологов, создания дополнительной мотивации для изучения математики и научного мировоззрения. Считает, что матмоделирование в экологии является необходимым условием в выполнении прикладных исследований и проектов. При этом междисциплинарные связи обеспечивают возможность создание моделей экологические процессы и использовать их результаты в региональных программах исследованиях, при изучении математики студентами техносферной безопасности (Торопова, 2018).

Топорова С.И. изучила направления деятельности научно-исследовательской (НИД) студентов-экологов средствами математического аппарата: выполнение прикладных исследований и проектов, публикаций и т.д. Анализ реализации НИД студентов-экологов может предложить примеры самореализации: решение олимпиадных заданий, способность к самостоятельному анализу, нестандартному и творческому решению задач, возникающих в профессиональной деятельности; публикации результатов научной исследований. В этой работе становится важными для студентов участие в прикладных исследованиях по экологии, в ходе которых они получают навыки работы с различными научными источниками, программ расчетов, формирование научной идеи и ее реализация, а также научных результатов (Топорова, 2018).

Результат

Математический аппарат (МА), или математическая модель, представляет собой математическое представление реальности, предназначенное для прогнозирования поведения реального объекта в идеализированном формате.

Математический аппарат – набор формул, условий и соотношений, с помощью которых решаются те или иные задачи моделирования. Некоторые основные обозначения, на которых базируется МА гидрогазодинамики: длина (L, м), масса (m, кг), время (t, с), объем (V, м^3), скорость (v, м/с), ускорение (a, м/с^2). Это величины показывают характеристику физического тела, явления или процесса. Сюда можно отнести параметры газа: давление p = F/S, Н/м^2; температура (t). Чем выше температура, тем больше скорость движения; плотность (q) = m воздуха / V (Гидрогазодинамика, 2021).

Теоретическая значимость исследования заключается в обзорном анализе гидрогазодинамики и высшей математики, раскрывающей общие подходы анализа, расчетов процессов и явлений.

В гидрогазодинамике существует модель сплошности среды, необходимое для получения идеальных результатов при решении задач. Для описания сплошности сред применяют два метода.

Метод Эйлера рассматривает жидкость в неподвижном пространстве. В данном пространстве изучают характеристики изменений жидкости в точке фиксации с характеристиками изменения жидкости при ее переходе в другие точки.

$$\begin{cases} u_x = u_x(x,y,z,t) \\ u_y = u_y(x,y,z,t) \\ u_z = u_z(x,y,z,t) \end{cases} \quad (1)$$

Переменные *x, y, z, t* называют переменными Эйлера. Искомыми функциями являются скорость и давление.

$$\begin{aligned} u_x &= \varphi_1(x,y,x,t), \\ u_y &= \varphi_2(x,y,x,t), \\ u_z &= \varphi_3(x,y,x,t) \end{aligned} \quad (2)$$

Расчеты конкретных механизмов и машин строятся на основных уравнениях и законах гидрогазодинамики (Практическое использование законов гидрогазодинамики [Электронный ресурс]). Уравнение Бернулли для потока жидкости, дает связь между *P, V* и пьезометрической высотой в элементарной струйки при установившемся движении жидкости и выражает закон сохранения энергии движущейся жидкости (рис. 1).

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\upsilon^2}{2g} = H = \text{const} \quad (3)$$

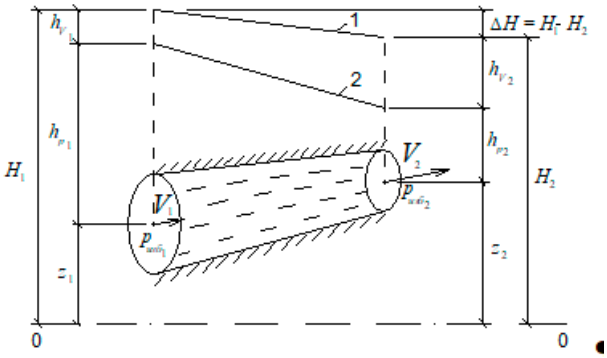

Рис. 1. Трубка тока с параметрами потока жидкости уравнения Бернулли (Куропаткина О.В., Федорова Е.С., 2017)

При движении жидкости, частицы взаимодействуют, при этом изменяется состояние жидкости, особенно если имеются иные поверхности и тела. В результате этого взаимодействия возникают силы, массовые и поверхностные, которые распределены по объему и пропорциональны массам частиц (например, сила тяжести, сила инерции и др.):

$$\int_V \mathbf{F}\rho d\tau = \left\{ \int_V X\rho d\tau, \int_V Y\rho d\tau, \int_V Z\rho d\tau \right\}. \quad (4)$$

Поверхностные силы же действуют на частицы, находящиеся на поверхности жидкого объема. Для этого выделяется площадка на поверхности, ориентация площадки задается внешней нормалью, как показано на рис. 2.

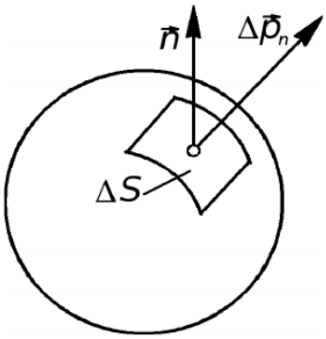

Рис. 2. Ориентация площадки задается внешней нормалью

В этом случае, в соответствии со 2-ым законом Ньютона будет уместно следующее уравнение:

$$F + Id = 0 \tag{5}$$

Применяя принцип Даламбера в каждый момент движения все силы уравновешиваются, можно получить уравнение движения жидкого объема интегральной формы:

$$\int_V (\mathbf{F} - \mathbf{w})\rho d\tau + \oint_S \mathbf{p}_n ds = 0 \tag{6}$$

Уравнение неразрывности, представляющее собой дифференциальное уравнение закона сохранения вещества, показывает, что в любой выделенной схеме жидкости – масса жидкости остается постоянной.

$$\frac{d}{dt}\int_V B(x,y,z,t)d\tau = \int_V \left(\frac{dB}{dt} + Bdiv\mathbf{v}\right)d\tau \tag{7}$$

$$\frac{dM}{dt} = \int_V \left(\frac{d\rho}{dt} + \rho div\mathbf{v}\right)d\tau = 0 \tag{8}$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt} + div\mathbf{v} = 0 \tag{9}$$

Одним из важнейших уравнений гидродинамики является закон Пуайзеля. Он позволяет рассчитать объемную скорость течения жидкости через трубу. Его можно применить к системе параллельно и последовательно соединенный труб, например, на станциях водоочистки.

$$Q = \frac{(P_1 - P_2)\cdot\pi\cdot r^4}{8\cdot l\cdot\eta} \tag{10}$$

$$R = \frac{8\cdot l\cdot\eta}{\pi\cdot r^4} \tag{11}$$

$$Q = \frac{(P_1 - P_2)}{R} \tag{12}$$

Закон Паскаля основан на том, что внешнее давление, приложенное к жидкости, передается во все ее точки без изменения (рис. 3).

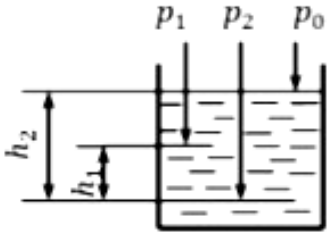

Рис. 3. Распределения давления жидкости

Закон лежит в основе действия многих гидравлических устройств, которые возможно изобразить схематично и описать формулой.

$$\frac{P_0}{\rho g} = -h_1 + \frac{P_1}{\rho g} \tag{13}$$

Раздел «Газовая динамика» рассматривает процессы, в которых учитывается сжимаемость газа, процессы с большими перепадами давления и изменением плотности. Это высокоскоростные процессы, как теплообмен, волны разрежения и скачки уплотнения (Инженерные методы защиты ОС [Электронный ресурс]). Например, если газ движется со сверхзвуковой скоростью, угол Маха будет связан с числом Маха в соотношении (рис.4):

$$\sin\alpha = \frac{c \cdot t}{u \cdot t} = \frac{c}{u} = \frac{1}{M} \tag{14}$$

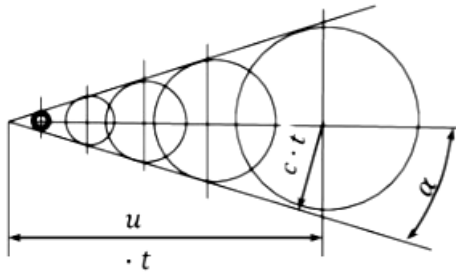

Рис. 4. Конус Маха

Практическая значимость математического аппарата гидрогазодинамики заключается также и в расчетах моделирования и проектирования машин и аппаратов, направленных на защиту окружающей среды (Гидрогазодинамика, 2021).

Теоретические положения математики и гидрогазодинамики могут быть использованы в расчётах установки аспирации с использованием расчетного метода потерь давления по воздухопроводной длине. Расчетные данные по отдельному участку заносятся в таблицу. Целесообразно начать расчет с аспирации участка гибкого воздухопровода ряда мест для вытяжки вредных или пыльных мест мукомольной промышленности. Следует отметить, что воздухопроводы с гибкими шлангами имеют большее сопротивление чем оцинкованные. При диаметре гибкого воздухопровода 100 мм его сопротивление, в соответствии с графиком, теряет давление на каждый метр. Снижение давления движущегося воздуха на скорости 21 м/сек на 1 метр гибкого трубопровода составляет 98 Па. При этом места сбора мучной пыли не добавляют сопротивления, что позволяет считать их нулевыми в машинах аспирации. Местное сопротивление и его коэффициенты на входе воздуха целесообразно брать из табличных значений для расчета начальных участков сети (Инженерные методы защиты ОС [Электронный ресурс]).

Работа очистных аппаратов основана на законе Стокса, центробежное осаждение частиц, которое на данный момент широко применимо в промышленности при очистке газов

(Практическое использование законов гидрогазодинамики [Электронный ресурс]). Скорость центробежного осаждения шаровой частицы (Рис. 5) рассчитывается по формуле:

$$F_ц = m_ч \frac{V_w^2}{r}, \quad (15)$$

где, *Vw* – скорость вращения газового потока вокруг неподвижной оси, *r* – радиус вращения газового потока, м.

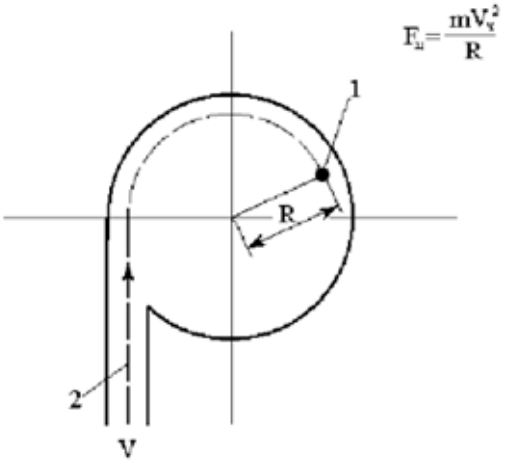

Рис. 5. Схема механизма выделения частиц из газового потока Fц

Для расчетов водопроводов применяют уравнение Бернулли. С помощью его конструируют множество приборов и устройств, например, как гидродинамические трубки.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (16)$$

$$\rho g h + p_0 = \frac{pv^2}{2} + p_o \quad (17)$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad (18)$$

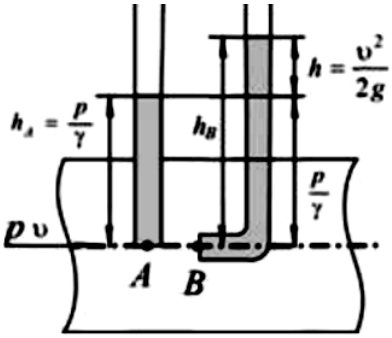

Рис. 6. Схема определения течения жидкости при помощи пьезометра и трубки Пито

На рис. 6 изображена схема трубки Пито – прибора, измеряющего напор текущей жидкости. При разработке контрольной насосной станции системы водоотведения (КНС) и аппаратов водоочистки с помощью законов гидрогазодинамики рассчитывают потери напора на различных участках трубопровода (Практическое использование законов гидрогазодинамики [Электронный ресурс]).

$$Hдл = \lambda(l/d)*V^2/(2g) \quad (19)$$

Потери напора при местных сопротивлениях

$$H_м = \varepsilon V^2/(2g) \quad (20)$$

Заключение

Таким образом, математический аппарат включает различные обозначения, параметры, законы и векторные характеристики, описывающие процессы явлений в формулах, дифференциальном и интегральном плане, модели. Комплексное использование математического аппарата позволяет выполнять практические задачи расчета простого и сложного трубопровода, проектирование водоотведения промышленного предприятия, выполнение расчетов в научных исследованиях. Дает возможность комплексно использовать математический аппарат при расчете прикладных исследований, в том числе проектирование машин и механизмов, что является условием совершенствования инженерного мышления как у студентов, так и у инженеров любого уровня. Формирует в процессе обучения компетенции по использованию положений теории в прикладных исследованиях и проектной деятельности (Limbach, 2016). Определение межпредметных дисциплинарных связей позволяет стимулировать мотивацию для изучения дисциплин общетеоретического уровня (Макеева, 2021).

Список литературы

Баляйкина В.М. Межпредметные связи как принцип интеграции обучения / В.М. Баляйкина, Т.А. Маскаева, М.В. Лабутина, Н.Д. Чегодаева // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. URL: https://s.science-education.ru/pdf/2019/6/29320.pdf.

Бушуев Н.Н., Бушуева В.В., Черногорцева Г.В., Иванова А.С. Особенности процессов интеграции и дифференциации в экологии // Гуманитарный вестник. №8. 2017. С. 1-16.

Ваулин В.И. Гидрогазодинамика: конспект лекций. Сызрань: филиал Самар. гос. техн. ун-та в г. Сызрани, 2021.

Гунин В.И. Вихревая гидродинамика: новый подход к моделированию геосистем // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2018. Вып. 1(40). С. 5-18. DOI: 10.17072/1993-0550-2018-1-5-18.

Инженерные методы защиты ОС [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.chem-astu.ru/

Куропаткина О.В., Федорова Е.С. Применение информационных технологий при графическом отображении частных случаев пересечения поверхностей для повышения доступности информации при изучении начертательной геометрии студентами технического университета // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. С. 1-7.

Макеева С.Г., Шуткина И.В. Формирование готовности к осуществлению межпредметных связей в обучении как компонент профессиональной подготовки // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 6 (123). С. 81-98. http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-6-123-81-89.

Перминова Л.М. Конструктивно-техническая функция дидактики // Педагогика. 2016. № 5. С. 14-19.

Практическое использование законов гидрогазодинамики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfile.net.

Торопова С. И. Математическое моделирование в содержании обучения математике студентов экологических направлений подготовки // Статистика и экономика. 2018. №3. С.67-83. DOI: http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2018-3-67-83.

Топорова С. И. Математический аппарат как источник формирования и реализации научно-исследовательской деятельности студентов-экологов // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Известия ВГПУ. 2018. №7(130). С. 33-42.

Limbach C., Heisel K. Landeskunde, interkulturelle Kompetenz und integrierter Bilingualismus: Überlegungen und didaktische Vorschläge. Actas VI Congreso Sociedad Española de Lenguas Modernas, 2016.

THE QUALITY OF STUDENTS' TRAINING AS AN ELEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF INTERDISCIPLINARY RELATIONS

Vaulin V. I.
Can. Sci. (Pedagogy), associate professor
vaul.vladimir2014@yandex.ru
Syzran
Branch of the Samara state technical University in Syzran

Singeev S. A.
Can. Sci. (Pedagogy), associate professor
singeev_sergej@Mail.ru
Syzran
Branch of the Samara state technical University in Syzran

Filonchik N. I.
Associate Professor of the Department of Chemical Technologies,
Syzran
Branch of the Samara state technical University in Syzran

Lishmanova M. Y.
student, profile "Technosphere safety",
Syzran
Branch of the Samara state technical University in Syzran

Abstract. The article analyzes the mathematical apparatus used in hydro-gas dynamics. The purpose of the study is an analytical review of the elements of the mathematical apparatus (MA) studied in the course of the discipline of hydro-gas dynamics and mathematics, necessary for performing calculations, course design and scientific research. It is stated that the mathematical apparatus includes various designations, parameters, laws and vector characteristics describing the processes of phenomena in formulas, differential and integral terms. Mathematical apparatus is a set of formulas, conditions and relations, with the help of which certain modeling tasks are solved, a representation of reality for predicting the behavior of a real object in an idealized format. The theoretical significance of the study lies in the overview analysis of hydro-gas dynamics and higher mathematics, revealing general approaches to analysis, calculations of processes and phenomena. The practical significance of the mathematical apparatus of hydro-gas dynamics lies in the calculations, modeling and design of machines and devices aimed at protecting the environment. The complex use of the mathematical apparatus makes it possible to perform practical tasks of calculating simple and complex pipelines, designing the drainage of an industrial enterprise, performing calculations in scientific research. The definition of interdisciplinary disciplinary connections allows you to stimulate motivation for the study of disciplines at the general theoretical level. They allow complex use of mathematical apparatus in the calculation of applied research, including the design of machines and mechanisms, which is the basis for the development of engineering thinking as students, the formation of competencies of engineers of any level.

Keywords: methods of higher mathematics, mathematical apparatus of hydrogas dynamics, machines and apparatus for environmental protection.

References

Baljajkina, V. M. (2019). Mezhpredmetnye svjazi kak princip integracii obuchenija. Interdepartmental relations as a principle of training integration. V.M. Baljajkina, T.A. Maskaeva, M.V. Labutina, N.D. Chegodaeva. *Modern Problems of Science and Education*, 6. https://s.science-education.ru/pdf/2019/6/29320.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

Bushuev, N. N., Bushueva V. V., Chernogortseva, G. V., Ivanova, A. S. (2017). Features of integration and differentiation processes in ecology. *Humanitarian Scientific Bulletin*, 8, 1-16. (In Russ., abstract in Eng.)

Gunin, V. I. (2018). Vortex hydrodynamics: a new approach to modeling geosystems. *Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer science*, 2018, 1(40), 5-18. DOI: 10.17072/1993-0550-2018-1-5-18 (In Russ., abstract in Eng.)

Inzhenernye metody zashchity OS [Electronic resource]. https://www.chem-astu.ru. (In Russ).

Kuropatkina, O. V., Fedorova, E. S. (2017). The use of information technologies in the graphical representation of particular cases of intersection of surfaces to increase the availability of information in the study of descriptive geometry by students of the Technical University. *Actual problems of humanities and Natural Sciences*, 1-7. (In Russ., abstract in Eng.)

Limbach, C., Heisel K. (2016). Landeskunde, interkulturelle Kompetenz und integrierter Bilingualismus: Überlegungen und didaktische Vorschläge. Actas VI Congreso Sociedad Española de Lenguas Modernas.

Makeeva, S. G., Shutkina I. V. (2021). Building readiness to implement cross-curricular links in learning as a component of professional training. *Yaroslavl pedagogical bulletin,* 6, 81-89. (In Russ.). http: dx.doi.org.10.20323.1813-145X-2021-6-123-81-89. (In Russ., abstract in Eng.)

Perminova, L. M. (2016). Konstruktivno-tehnicheskaja funkcija didaktiki. *Design and technical function of didactics. Pedagogika*, 5, 14-19. (In Russ).

Prakticheskoe ispol'zovanie zakonov gidrogazodinamiki [Electronic resource]. https://studfile.net. (In Russ).

Toropova, S. I. (2018). Mathematical modeling in the content of teaching mathematics to students of environmental training areas. *Statistics and economics*, 3, 67-83. DOI: http: dx.doi.org. 10.21686/2500-3925-2018-3-67-83 (In Russ., abstract in Eng.)

Toporova, S. I. (2018). Mathematical apparatus as a source of formation and implementation of research activities of environmental students. *Izvestia of the Volgograd State Pedagogical University. News of the VSPU*, 7 (130), 33-42. (In Russ).

Vaulin, V. I. (2021). *Gidrogazodzhinamika: konspekt lekcij*. Syzran: Branch of Samara State Technical University. (In Russ).

Статья поступила в редакцию 14.07.2023
Принята к публикации 05.09.2023