



## ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ТА ОСВІТА ДОРΟΣЛИХ

УДК 51-8

*ІНЕСА ГУРАЛЬ*, кандидатка фізико-математичних наук, доцентка кафедри вищої математики, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна  
 ORCID ID 0000-0002-2339-1994  
 inesa.gural@gmail.com

*ЛІАНА СМОЛОВИК*, кандидатка технічних наук, доцентка кафедри вищої математики, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна  
 ORCID ID 0000-0003-4451-4508  
 lil02smo@gmail.com

### ПРОФЕСІЙНА СПРЯМОВАНІСТЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ НАФТОГАЗОВОГО ПРОФІЛЮ

*INESA HURAL, Ph.D in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor; Associate Professor of Higher Mathematics Department, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine*  
*LIANA SMOLOVIK, Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor; Associate Professor of Higher Mathematics Department, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine*

### PROFESSIONAL ORIENTATION OF MATHEMATICAL TRAINING FOR FUTURE OIL AND GAS ENGINEERS

У статті досліджено міжпредметні зв'язки математичних і професійно орієнтованих дисциплін у нафтогазовій інженерній освіті. Виявлено тісний зв'язок математичних і дисциплін природничого, загальнотехнічного та фахового спрямувань. Наведено приклади завдань моделювання ситуацій, що виникають у професійній діяльності інженера нафтогазового профілю, а дослідження цієї ситуації здійснюється за допомогою математики. Включення таких професійно спрямованих завдань стимулює навчальну

мотивацію студентів. Окреслені проблеми характерні в організації професіоналізації змісту дисциплін математичного циклу.

**Ключові слова:** професійна спрямованість, математична підготовка, міжпредметні зв'язки, мотивація.

**Summary.** The article studies interdisciplinary links between the mathematical and professionally-oriented disciplines in oil and gas engineering education. It reveals a close connection of mathematical disciplines with the disciplines of natural, general technical, and professional orientation. It provides examples of problems modeling the

situations that arise in the professional activity of an oil and gas engineer; the research of these situations is conducted using mathematics. Including such professionally-oriented problems in the curriculum stimulates students' learning motivation. This article also notes the issues that typically occur during the professionalization of mathematical disciplines.

**Key words:** professional orientation, mathematical training, interdisciplinary links, motivation.

**Meta:** дослідити міжпредметні зв'язки математичних і професійно орієнтованих дисциплін у нафтогазовій інженерній освіті, виявити

проблеми, які виникають під час переорієнтації математичної підготовки на реалізацію професійної спрямованості навчання.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Підготовка фахівців технічного спрямування є одним з найважливіших завдань системи освіти. Саме вона закладає основи розвитку виробництва, науки та техніки.

Особливу роль у підготовці бакалаврів і магістрів технічних університетів відіграють дисципліни математичного циклу, оскільки вони слугують підґрунтям для глибокого вивчення природничих, загально-технічних і спеціальних дисциплін. Повноцінне засвоєння тих чи інших розділів математики в технічних закладах вищої освіти відбувається у прямій чи опосередкованій взаємодії зі сферою професійної діяльності майбутнього спеціаліста. Тому реалізація професійно спрямованого навчання – один з перспективних напрямів удосконалення математичної підготовки майбутніх інженерів.

#### **Аналіз досліджень і публікацій.**

Проблему вдосконалення математичної підготовки студентів закладів вищої освіти (ЗВО) технічних спеціальностей вивчають такі фахівці, як: О. Євсєєва, В. Ключко, М. Ковальчук, Т. Крилова, О. Кучерук, В. Петрук, М. Працьовитий та інші. На можливість підвищення якості такої підготовки за допомогою реалізації професійної спрямованості навчання математики звертають увагу, наприклад, у (Крилова, 2006; Петрук, 2015).

Специфіка професійно орієнтованої математичної підготовки фахівців різного профілю розглядалися, зокрема, у (Главатських, 2012) – для студентів хіміко-технологічних спеціальностей; у (Коржова, 2017) – для майбутніх фахівців з організації інформаційної безпеки; у (Дідковський, Кондратьєва & Олексієнко, 2016) – для студентів напряму підготовки "Будівництво".

Виклад основного матеріалу дослідження. Професійна компе-

тентність інженера значною мірою залежить від фундаментальної математичної підготовки, яка закладає основу для вивчення фізики, хімії та більшості загальнотехнічних і спеціальних дисциплін. Дисципліни циклу професійної підготовки є замовниками тих знань, умінь і навичок, які формуються за допомогою математики і будуть затребувані в подальшому. Тому основним напрямом реалізації принципу професійної спрямованості під час навчання математики інженерів є відбір змісту математичних дисциплін на основі міжпредметних зв'язків з природничими, загально-технічними та спеціальними дисциплінами.

Навчальні плани спеціальностей повинні містити математичні дисципліни, що включають ті розділи, які дозволяють забезпечити якісне навчання професійно орієнтованих дисциплін і дають можливість сформулювати математичну компетентність у складі професійної компетентності майбутнього фахівця.

Проведено аналіз навчальних планів і робочих програм першого (бакалаврського) рівня вищої освіти щодо використання математичних знань у викладанні природничих, загальнотехнічних і спеціальних дисциплін на прикладі спеціальності "Нафтогазова інженерія та технології" в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу.

Програми дисциплін математичного циклу (вищої математики та спецрозділів математики) охоплюють наступні теми: лінійна та векторна алгебра, аналітична геометрія, вступ до математичного аналізу, диференціальне та інтегральне числення функції однієї та декількох змінних, диференціальні рівняння, ряди, теорія функції комплексної змінної та операційне числення, рівняння математичної фізики, теорія ймовірностей та математична статистика.

Математичні знання використовуються як в основних природничих і загальнотехнічних (фізиці, хімії, теоретичній механіці, опорі матеріалів, інформатиці та програ-

муванні, термодинаміці та теплопередачі, електромеханіці та електропостачанні тощо), так і в більшості спеціальних дисциплінах. З деякими міжпредметними зв'язками студенти ознайомлені ще зі школи. Традиційно й у вищій школі в посібниках і задачниках з математичних дисциплін представлені завдання, які орієнтовані на стандартні застосування. Наприклад, застосуванням подвійного інтеграла до задач механіки є: знаходження маси пластини, статичних моментів та моментів інерції пластини, координат центру мас. Зрозуміло, що всередині математики є внутрішньодисциплінарні зв'язки, що характеризують інтеграцію змісту тем і розділів дисциплін на основі внутрішніх зв'язків. Це означає, що необхідний обсяг конкретних математичних понять і методів, що виконуватиме роль провідника до наступних знань.

Закцентуємо увагу на спеціальних дисциплінах. У таблиці 1 наведено розділи математики і відповідні їм спеціальні дисципліни, що прямо використовуються.

Аналіз робочих програм показує, що існує тісний зв'язок математичних дисциплін зі спеціальними дисциплінами нафтогазового профілю.

Можливим напрямом реалізації принципу професійної спрямованості під час вивчення математики вважається включення до змісту математичної підготовки професійно спрямованих завдань, до яких відносять завдання моделювання деякої ситуації, що виникає у професійній діяльності інженера, а дослідження цієї ситуації здійснюється за допомогою математики.

Так, математична модель розробки нафтового родовища описується системою, що включає алгебраїчні, диференціальні, або інтегральні рівняння чи їх поєднання. Для здійснення розрахунків на основі розробленої моделі, необхідно попередньо розв'язати відповідні математичні задачі. Багато задач розробки нафтових родовищ зводяться до розв'язання рівнянь математичної фізики. До числа методів, що дають точні розв'язки задач роз-

Таблиця 1

## Розділи математики та відповідні спецдисципліни

Розділи математики	Дисципліни*
Лінійна та векторна алгебра	2, 3, 4, 6, 8
Аналітична геометрія	2, 3, 4, 5, 6, 7, 11
Вступ до математичного аналізу	2, 3, 8, 9, 10
Диференціальне числення функції однієї та декількох змінних	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Інтегральне числення функції однієї та декількох змінних	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Диференціальні рівняння	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12
Ряди	2, 3, 7
Теорія функції комплексної змінної та операційне числення	2, 3, 7, 9
Рівняння математичної фізики	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12
Теорія ймовірностей та математична статистика	2, 8, 10

\*Спеціальні дисципліни

1. Нафтогазова інженерія та технології.
2. Математичне моделювання процесів нафтогазовилучення.
3. Підземна гідрогазомеханіка.
4. Нафтогазова механіка.
5. Підготовка родовищ нафти і газу до розробки.
6. Фізика нафтового і газового пласта.
7. Розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ.
8. Технології підвищення нафтогазоконденсатовилучення з пластів.
9. Технології розробки нафтових, газових і газоконденсатних родовищ.
10. Технології експлуатації нафтових і газових свердловин.
11. Нафтогазова геологія.
12. Інтенсифікація припливу вуглеводнів.

робки нафтових родовищ, належать метод Фур'є, методи функції комплексної змінної та операційного числення, методи інтегральних перетворень та інші.

Розглянемо деякі теоретичні відомості, які використовуються для задач розробки. Одним з режимів розробки нафтового родовища є пружний режим (Бойко, 2004), у якому пластовий тиск перевищує тиск насичення. Пружний режим, з погляду фізики, – витривання або поповнення пружної енергії пласта, що відбувається завдяки стисливості порід і рідин, що насичують їх. У міру відбору нафти запас пружної енергії у привибійній зоні зменшується, тобто нафта та породи виявляються менш стислими, ніж раніше. Зі зменшенням пластового тиску до значення, меншого, ніж тиск насичення, з нафти починає

виділятися розчинений у ній газ, і режим пласта зміниться – замість пружного режиму – режим розчиненого газу, або газонапірний.

Теорію пружного режиму застосовують для вирішення наступних завдань розробки нафтових родовищ, а саме при:

- визначенні тиску на вибої свердловини внаслідок її пуску, зупинки або зміни режиму експлуатації;
- розрахунках перерозподілу тиску в пласті та, відповідно, зміни тиску на вибоях одних свердловин, у результаті пуску – зупинки, або зміни режиму роботи інших свердловин, що розробляють пласт;
- розрахунках відновлення тиску на контурі нафтоносного пласта в разі переходу на розробку із застосуванням заводнення, або при розрахунку втрат води в законтурну ділянку пласта, якщо задано тиск

на контурі нафтоносності;

• визначенні часу, протягом якого в будь-якому елементі системи розробки з дією на пласт за допомогою заводнення настане усталений режим.

Якщо як постулат прийняти закон Дарсі (закон фільтрації рідин та газів у пористому середовищі),

$$v = -\frac{k}{\mu} \text{grad}P, \text{ то можна отримати}$$

диференціальне рівняння пружного режиму

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{k}{\mu(\beta_{ck} + m_0 \cdot \beta_p)} \cdot \text{div}(\text{grad}P).$$

Тут  $k$  – проникність,  $m^2$ ;  $\mu$  – динамічна в'язкість,  $Pa \cdot c$ ;  $m_0$  – пористість пласта;  $\beta_{ck}$  і  $\beta_p$  – відповідно коефіцієнти об'ємної пружності скелета породи і пружної рідини,  $Pa^{-1}$ .

Коефіцієнт пропорційності прийнято називати коефіцієнтом п'єзопровідності і позначати  $\chi = \frac{k}{\mu \cdot \beta^*}$ , де  $\beta^* = \beta_{\alpha} + m_0 \cdot \beta_p$ , а саме рівняння – рівнянням п'єзопровідності.

В одновимірному випадку рівняння п'єзопровідності

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \chi \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}.$$

Таким чином, з точки зору математики, теплопровідність, дифузія, п'єзопровідність ("п'єзо" – тиск) описуються однотипними диференціальними рівняннями.

Продуктивний пласт, або елемент пласта можна розглядати як деяку ділянку простору, обмежену поверхнями – границями. Границі можуть бути непроникними для флюїдів (наприклад, покрівля та підшва). Граничною також є поверхня, якою пласт стикається з ділянкою живлення, яку називають контуром живлення. Стінка свердловини також є границею (внутрішньою) пласта.

Рівняння теплопровідності та п'єзопровідності однотипні з математичної точки зору. Отже, однотипними будуть для них і початкові, і граничні умови. Залишається з'ясувати фізичний зміст цих умов стосовно задач нафтовидобутку.

Початкова умова полягає в завданні шуканої функції в усій ділянці в деякий момент часу, прийнятий за початковий. Якщо шуканою функцією є тиск, то початкова умова набуває вигляду

$$P|_{t=0} = P(x, y, z),$$

тобто в початковий момент задається розподіл тиску в усьому пласті.

Якщо в початковий момент пласт не збурений, то початкова умова набуває вигляду

$$P|_{t=0} = P_0 = const.$$

Можливі наступні граничні умови:

1. На зовнішній границі Г:

а) сталий тиск  $P(\Gamma, t) = P_K$ , тобто границя є контуром живлення;

б) сталий приплив через грани-

цю при виконанні закону Дарсі

$$v_n = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial n} = const,$$

де n- нормаль до границі Г.

Звідси випливає, що  $\frac{\partial P(\Gamma, t)}{\partial n} = -\frac{v_n \cdot \mu}{k}$ ;

в) змінний приплив через межу

$$\frac{\partial P(\Gamma, t)}{\partial n} = \varphi(t);$$

г) зовнішня границя замкнена

$$\frac{\partial P(\Gamma, t)}{\partial n} = 0;$$

д) нескінченний пласт при прямолинійно-паралельній фільтрації (траєкторії всіх частинок рідини паралельні, а швидкості фільтрації в усіх точках будь-якого поперечно-го перерізу рівні).

$$P(x, t)|_{x \rightarrow \infty} = P_K.$$

2. На внутрішній границі при плоскорадіальній фільтрації (частинки рідини рухаються горизонтальними траєкторіями, що радіально сходяться до свердловини):

а) сталий тиск на вибої свердловини радіуса  $r_c$

$$P(r_c, t) = P_c;$$

б) змінний тиск на вибої свердловини  $P(r_c, t) = P_c(t)$ ;

в) сталий дебіт при виконанні

$$\text{закона Дарсі } \left. \frac{\partial P}{\partial r} \right|_{r=r_c} = \frac{Q \cdot \mu}{k \cdot 2\pi \cdot r_c};$$

$$\text{г) змінний дебіт } \left. \frac{\partial P}{\partial r} \right|_{r=r_c} = \varphi(t);$$

д) відключення свердловини

$$\left. \frac{\partial P}{\partial r} \right|_{r=r_c} = 0.$$

Для прямолинійно-паралельного одновимірного фільтраційного потоку пружної рідини зробимо математичну постановку наступної задачі.

Нехай у напівнескінченному горизонтальному пласті постійної товщини та ширини початковий пластовий тиск всюди однаковий і дорівнює  $P_K$ . На лінії розміщення свердловин (галереї) (при  $x=0$ ) тиск миттєво знижено до  $P_\Gamma$  і надалі підтримується сталим (тобто

$P_\Gamma = const$ ). У віддалених точках ( $x \rightarrow \infty$ ) тиск у будь-який момент часу залишається рівним  $P_K$ . Задача полягає у визначенні тиску в будь-якій точці пласта та в будь-який момент часу  $P(x, t)$ .

У пласті утворюється прямолинійно-паралельний потік пружної рідини. Тиск у будь-якій точці потоку  $x$  і  $y$  будь-який момент часу  $t$  можна визначити, розв'язавши рівняння

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \chi \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}.$$

при наступних початкових і граничних умовах  $P(x, 0) = P_K$ ;  $P(0, t) = P_\Gamma$ ,  $t > 0$ ;  $P(\infty, t) = P_K$ ,  $t \geq 0$ .

Отримали задачу, однотипну, з математичної точки зору, задачі про поширення теплоти в напівнескінченному стержні з теплоізолюваною бічною поверхнею. Розв'язок цієї задачі можна знайти в багатьох підручниках з рівнянь математичної фізики, наприклад, в (Перестюк & Маринець, 2006). Для тиску він матиме вигляд

$$P = P_\Gamma + (P_K - P_\Gamma) \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{\chi t}} \right),$$

де  $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du$  називається інтегралом ймовірності і є табульованою функцією.

У більшості наукових праць щодо професійної спрямованості викладання математики у закладах вищої освіти вважається, що студенти будуть зацікавлені у вивченні математики, коли є чітке розуміння її потреби для подальшого навчання та роботи. Але реально з організаційного боку виникають труднощі.

По-перше, включення професійно спрямованих завдань потребує додаткового часу, якого, як правило, немає. Більше того, курси математичних дисциплін достатньо складні, і засвоєння самих математичних методів також потребує чимало часу та сил. А в даний момент існує тенденція до скорочення кількості аудиторних годин, які віді-

лено на викладання математичних дисциплін при незмінному обсязі навчального матеріалу, що обумовлено правом випускової кафедри визначати розподіл годин на весь період навчання. Фактично стоїть завдання інтенсифікації навчання, і збільшується роль самостійної роботи студента в позааудиторний час.

По-друге, вивчення математики здійснюється на першому та другому курсах, а спеціальні дисципліни викладаються, як правило, на старших курсах, коли студент ще не знайомий з методами дослідження, прийнятими у тій дисципліні, фахівцем у якій він має намір стати.

По-третє, студенти приходять у ЗВО, уже маючи досвід навчальної діяльності у школі, а отже, з певним рівнем сформованості цієї діяльності. Характер переконань людини відіграє важливу роль у її навчальній поведінці. Для багатьох абітурієнтів мотивацією вивчення математики є хороший бал ЗНО, який відкриває шлях до вищої освіти. Провідними мотивами вивчення математики студентами є, на жаль, мотиви, які не спрямовані на професійне становлення, а отримання позитивної оцінки. Якщо студент на базі попереднього досвіду вважає, що для досягнення успіху в математиці потрібен особливий талент, то, швидше за все, він буде уникати математики ("математика просто не для мене"). З цими негативними переконаннями часто легше жити, тому багато студентів, котрі мають досвід труднощів з математикою, применшують її актуальність та роль у професійній діяльності. І тому, не зважаючи на очевидний тісний зв'язок математичних дисциплін з фаховими, багато студентів вважає математику непотрібною для них у найближчому житті чи кар'єрі загалом. Звідси і відсутність високого рівня мотивації щодо вивчення навчального матеріалу. Важливо, таким чином, визначити наявний стан мотивації та її спрямованості, спробувати в міру можливості її коригувати, щоб сформувати інтерес до навчання.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** З позиції взаємозв'язку основних розділів дисциплін математичного циклу та природничих, загальнотехнічних і спеціальних дисциплін проведено аналіз навчальних планів і робочих програм першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на прикладі спеціальності "Нафтогазова інженерія та технології". Визначено теми, у рамках яких простежуються міжпредметні зв'язки математичних та спеціальних дисциплін.

Наведено приклади типових завдань моделювання розробки нафтових родовищ, рішення яких здійснюється за допомогою математичних методів. Такі завдання можуть привернути увагу студентів, сприяти їх професійній спрямованості і підвищувати інтерес до обраної спеціальності.

Перспективи подальших досліджень пов'язуємо із створенням комплексу професійно орієнтованих задач з дисциплін математичного циклу для студентів спеціальності "Нафтогазова інженерія та технології".

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Крилова, Т. (2006). Концепція математичної підготовки студентів нематематичних спеціальностей вищої технічної школи. *Дидактика математики: проблеми і дослідження*, 25, 21–24.

Петрук, В. А. (2015). Професійно спрямовані інтерактивні форми навчання вищої математики в технічних ВНЗ. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка*, 50, 338–344.

Главатських, І. (2012). Загальна характеристика математичної підготовки студентів хіміко-технологічних спеціальностей технічних вузів. *Гуманізація навчально-виховного процесу*, 8, 20–27.

Коржова, О. В. (2017). Дослідження поняття "професійна спрямованість" у контексті математичної підготовки майбутніх фахівців із організації інформаційної безпеки.

*Вісник Черкаського університету*, 11, 53–58.

Дідковський, Р. М., Кондратьєва, О. М., Олексієнко, Н. В. (2016). Професійно-орієнтовані задачі в курсі вищої математики. *Вісник Черкаського університету*, 11, 11–19.

Бойко, В. С. (2004). Розробка та експлуатація нафтових родовищ. Київ: Реал-Принт. 695 с.

Перестюк, М. О., Маринець, В. В. (2006). Теорія рівнянь математичної фізики. Київ: Либідь. 424 с.

#### REFERENCES

Krylova, T. (2006). The concept of mathematical training of students of non-mathematical specialties of higher technical school. *Didactics of mathematics: problems and research*, 25, 21–24.

Petruk, V. A. (2015). Professionally oriented interactive forms of teaching higher mathematics in technical universities. *Collection of scientific works of the Military Institute of Kyiv National University Taras Shevchenko*, 50, 338–344.

Glavatskikh, I. (2012). General characteristics of mathematical training of students of chemical and technological specialties of technical universities. *Humanization of the educational process: a collection of scientific papers*, 8, 20–27.

Korzhova, O. V. (2017). Research of the concept of "professional orientation" in the context of mathematical training of future specialists in the organization of information security. *Bulletin of Cherkasy University*, 11, 53–58.

Didkovsky, R. M., Kondratieva, O. M., Oleksienko, N. V. (2016). Professionally-oriented problems in the course of higher mathematics. *Bulletin of Cherkasy University*, 11, 11–19.

Boyko, V. S. (2004). Development and operation of oil fields. Kyiv: Реал-Принт. 695 с.

Perestyuk, M. O., Marynets, V. V. (2006). Theory of equations of mathematical physics. Kyiv: Lybid. 424 p.

*Стаття надійшла 3.06.2022 р.*