

РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМА УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ

УДК 373.5.091.12.011.3 – 051:51]:510.6

DOI 10.24139/2519-2361/2026.01/67-75

С. В. Музиченко

ORCID ID 0000-0003-4068-4446

Л. Г. Філон

ORCID ID 0000-0002-0296-4917

Національний університет

«Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

ЕЛЕМЕНТИ МАТЕМАТИЧНОЇ ЛОГІКИ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ

У статті розглянуто питання про роль курсу «Математична логіка та теорія алгоритмів» у професійній підготовці майбутніх учителів математики. Наголошено на актуальності проблеми розроблення професійно орієнтованої методики навчання даної дисципліни. Здійснено аналіз наукових досліджень, присвячених розвитку логічного мислення учнівства. Створення ефективних умов для формування логічних здібностей здобувачів освіти у процесі навчання математики залежить від багатьох чинників, зокрема від готовності та здатності вчителів математики здійснювати відповідну діяльність. У роботі схарактеризовано значення математичної логіки як освітнього компонента програми професійної підготовки майбутніх учителів математики. Проаналізовано його потенційний вплив на формування математичної компетентності, логічної грамотності здобувачів вищої освіти. З'ясовано місце навчальної дисципліни у системі фундаментальної математичної підготовки майбутнього фахівця, її можливості у реалізації методологічної, інтеграційної функцій. Виокремлено основні змістові одиниці курсу, які мають першочергове значення для формування предметної математичної компетентності здобувачів освіти. Практика показує, що створення оптимальної методичної системи викладання курсу є надзвичайно складним комплексним завданням, основною проблемою якого є надання професійного спрямування змістовому наповненню дисципліни. У дослідженні наведено результати опитування вчителів математики стосовно обсягу залишкових знань з різних розділів курсу математичної логіки та теорії алгоритмів. Зроблено припущення про існування кореляції між обсягом залишкових знань з математичної логіки та компетентністю вчителя.

Ключові слова: професійна підготовка вчителя математики, математична логіка, розвиток логічного мислення учнівства, логічна грамотність вчителя математики, предметна математична компетентність.

Постановка проблеми. Математика як наука підпорядкована законам логіки і на них ґрунтується. Тому розвиток логічного мислення – одне з ключових завдань шкільної математичної освіти в умовах Нової української школи. Отже, освітні компоненти програми професійної підготовки учителів математики мають забезпечити формування логічної компетентності здобувачів освіти так, щоб вони у своїй майбутній педагогічній діяльності були здатні розвивати логічне мислення своїх вихованців. Очевидно, що усі математичні дисципліни так чи інакше сприяють розвитку логічної складової математичної компетентності. Але поза сумнівами й те, що найбільший безпосередній внесок здійснює саме опанування курсу математичної логіки та теорії алгоритмів. Водночас здобувачі освіти часто не розуміють, яку користь для вивчення та навчання математики дають знання формальної логіки. Переважна більшість з них визнає курс для себе занадто складним. Відтак успішність залишає бажати кращого. Виникає питання: які наслідки це може мати у майбутній професійно-педагогічній діяльності? Чи впливають прогалини у знаннях курсу на компетентність вчителя-практика?

Аналіз актуальних досліджень. Проблема формування логічного мислення, логічної грамотності / культури / компетентності завжди була актуальною для методики навчання математики. Попри значні напрацювання у минулому, інтерес до неї залишається і у сучасній вітчизняній науково-педагогічній спільноті. Дослідження дієвих підходів до розвитку логічного мислення учнівства знаходять відображення у роботах провідних методистів. Так, О. Буковська та Д. Васильєва працюють над проблемою доповнення нормативних математичних курсів факультативами відповідного змісту, впровадження яких в освітній процес сприятиме цілеспрямованому та систематичному вихованню логічної культури учнівства. Авторами розроблено програму факультативного курсу «Логіка» для учнів гімназій та методичне забезпечення для його реалізації [3]. Програма передбачає ознайомлення учнів з основами так званої класичної аристотелівської логіки та найпростішими елементами математичної логіки.

Заслуговує на увагу комплексне дослідження ефективних умов розвитку логічних здібностей учнів у процесі навчання математики, виконане Р. Мілян [11]. Авторка розглядає дану проблему з позицій компетентнісного підходу та обґрунтовує модель формування логічної складової предметної математичної компетентності учнів основної школи.

Автори багатьох досліджень як дієвий засіб логічного розвитку дітей пропонують логічні задачі або задачі з логічним навантаженням: І. Акуленко [1], О. Віхрова та Г. Білоусова [4] та інші. Ефективним інструментом формування логічної культури школярів методисти вважають і задачі на доведення, а вміння доводити математичні твердження відносять до ключових показників розвитку логічного / критичного мислення: Н. Кугай [7], І. Акуленко [2], С. Іванова [5] та інші. Водночас у науковців викликає занепокоєння стійка тенденція до зниження пріоритетності доведень у практиці навчання математики. О. Матяш та інші наголошують на невиправданості та недалекоглядності такого підходу, підкреслюють посилення уваги до цього питання на міжнародному рівні [10].

Цілком зрозуміло, що стан шкільної практики залежить передовсім від учителя, від його фахової компетентності, основи якої закладає професійна освіта. Важливий академічний внесок у вирішення проблеми формування логічної грамотності майбутніх учителів математики здійснив Федір Миколайович Лиман – автор навчального посібника з математичної логіки та теорії алгоритмів [8], за яким в Україні вивчали даний курс кілька поколінь учителів. Згодом він та його колеги констатували низький рівень логічної грамотності студентів, вбачаючи корінь цієї проблеми у шкільній освіті [9]. Опанування курсу математичної логіки не забезпечує автоматично формування логічної грамотності здобувачів освіти. Для цього на заняттях з математичної логіки необхідно проводити спеціальну роботу, виокремлюючи логічні знання та відпрацьовуючи вміння, необхідні для професійної діяльності вчителя математики. Водночас, як зазначають автори, і при викладанні математичних дисциплін у закладах вищої освіти формуванню логічної грамотності студентів приділяють недостатньо уваги. Ми цілком поділяємо цю точку зору [12].

Варто сказати, що недостатній рівень логічної грамотності як школярів / студентів, так і вчителів математики, відзначають і закордонні дослідники. Проблема значення формальної логіки для розвитку компетентності у доведенні математичних тверджень жваво обговорюють. Однак при цьому не всі пов'язують шлях до підвищення рівня логічного розвитку із вивченням логіки як окремої дисципліни. В. Дюран-Гер'є та ін. визнають, що «певний рівень розуміння фундаментальних правил логіки предикатів допомагає учням перевіряти сумнівні математичні твердження, уникати недійсних висновків та розуміти основні структури як математичного доведення (прямого та непрямого), так і спростування за допомогою контрприкладу». Проте вважають, що викладання логіки як ізольованого предмета загалом виявляється неефективним для розвитку здібностей до міркування. Натомість цінною є інтеграція принципів логіки у процес навчання конкретних математичних доведень [18].

Вітчизняні науковці Р. Хаць та ін. також вважають, що «інтеграція елементів логіки у фахові курси сприяє формуванню у майбутніх учителів математики високої культури доведення». Автори на конкретних прикладах обґрунтовують, що використання формально-

логічного апарату (кванторів, логічних зв'язок, правил виведення) у процесі викладання класичних математичних дисциплін є інструментом підвищення строгості, коректності та зрозумілості математичних доведень [16]. Проте питання зрозумілості формалізованих доведень є дискусійним. Так, М. Арістіді наводить результати свого дослідження, які ставлять під сумнів саме зрозумілість для студентів формалізованих доведень. На його думку, формалізоване доведення має радше синтаксичну природу, ніж семантичну, і слугує більше для перевірки правильності доведення, ніж для його пояснення [17].

Серед сучасних вітчизняних досліджень у галузі методики навчання математичної логіки заслуговують на увагу роботи Ю. Сінька. Його дисертаційне дослідження присвячене розробленню комп'ютерно-орієнтованої методичної системи навчання математичної логіки майбутніх учителів [14]. Автором створено та успішно апробовано на базі Херсонського державного університету унікальний програмно-методичний комплекс «МатЛог». Комплекс функціонує як інтегроване програмне середовище навчального призначення, яке дозволяє підтримувати усі традиційні види роботи у процесі опанування курсом: лекції, практичні заняття, самостійну роботу, контрольні заходи. На жаль, нам не вдалося відслідкувати подальшу долю цього безумовно цікавого та корисного програмного продукту. Попри очевидну наукову новизну і практичне значення даного дослідження, воно не відповідає на питання: як конкретно вчитель математики може використовувати знання математичної логіки для вирішення професійних задач.

Очевидно, що зв'язок між мірою опанування курсом математичної логіки та професійною компетентністю вчителя математики існує, проте він далеко не лінійний. Для досягнення максимальної ефективності процесу навчання здобувачів освіти математичної логіки необхідно забезпечити низку умов: від доцільного вибору місця освітнього компонента у системі підготовки майбутнього фахівця до форм та методів контролю засвоєння знань. Практика показує, що створення оптимальної методичної системи викладання курсу є надзвичайно складним комплексним завданням, основною проблемою якого, на нашу думку, є надання професійного спрямування змістовому наповненню дисципліни. Як відзначає О. Олійник, «курс математичної логіки замикається на внутрішніх проблемах дослідження числення та формальних теорій...будується на основі логічних числень гілбертовського типу, в яких вивчаються лінійні моделі доведень. Така побудова курсу призводить до відірваності матеріалу, що вивчають, від реальних потреб вчителя математики» [13]. Отже, на сьогодні залишається актуальною проблема розроблення професійно орієнтованої методики навчання математичної логіки майбутніх учителів математики. Для її вирішення насамперед важливо з'ясувати ступінь залежності фахової компетентності вчителя математики від обсягу його логічних знань.

Мета статті. Розкрити роль математичної логіки як навчальної дисципліни у професійній підготовці майбутніх учителів математики. Окреслити вплив знань з математичної логіки на формування культури мислення педагога.

Виклад основного матеріалу. У Національному університеті «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка здобувачі освіти напрямку підготовки «Середня освіта (Математика)» вивчають курс «Математична логіка та теорія алгоритмів» у восьмому семестрі бакалаврської програми. З одного боку, таке місце курсу дозволяє використовувати для ілюстрації понять та положень логіки досить багатий фонд їх математичних знань, бо на цей момент вони уже опанували не тільки фундаментальні математичні дисципліни, а й курси елементарної математики та методики навчання математики. З іншого боку, для такої ілюстрації цілком достатньо знань самого лише шкільного курсу математики. А поняття та методи власне математичної логіки практично незалежні від тих чи інших математичних теорій і ніяким чином не висновуються з них. Отже, технічно курс логіки можна пропонувати здобувачам освіти першого року навчання. Але правда й те, що навіть для здобувачів освіти четвертого курсу рівень абстрактності окремих розділів математичної логіки занадто високий і складний для розуміння. Тож для першокурсників, які часто мають достатньо труднощів з неформальними доведеннями, за висловом М. Арістіді, «додавання додаткових формальностей та подальше ускладнення речей виглядає антипедагогічним» [17].

Та все ж вивчення курсу математичної логіки на завершальному етапі професійної підготовки – не найкраще рішення, адже воно не дозволяє повною мірою реалізувати методологічну, інтеграційну функції цієї дисципліни. Усі фундаментальні математичні дисципліни об'єднує те, що вони так чи інакше (явно чи неявно) використовують формально-логічний апарат – квантори, логічні зв'язки, правила виведення тощо. Як зазначають Р. Хаць та ін., «формальна логіка є не лише автономною математичною дисципліною, а й універсальним інструментарієм верифікації істини в алгебрі, математичному аналізі та дискретній математиці». Автори переконані, що вивчення класичних математичних дисциплін через призму формальної логіки дозволяє підвищити рівень розуміння, усвідомленості здобувачами освіти як структури теорем, так і їх доведень, що особливо важливо для майбутніх учителів математики, адже сприяє формуванню у них високої культури доведення [16].

Звичайно, на сьогодні сценарій, коли вивчення математичної логіки цілком передусе вивченню математичного аналізу чи алгебри, де особливо сильно відчувається потреба у логічній компетентності здобувачів освіти, видається нереалістичним (і тут стає очевидною методична доцільність шкільного факультативу з логіки). Однак ситуації, коли тему «Математичні твердження та їх доведення» з методики навчання математики доводиться вивчати без формально-логічної бази, можна запобігти, якщо курс математичної логіки вивчати впродовж третього або четвертого семестру.

Програма навчальної дисципліни складається з п'яти змістових модулів: «Алгебра висловлень», «Числення висловлень», «Логіка предикатів», «Математичні теорії першого порядку», «Елементи теорії алгоритмів». На вивчення курсу передбачено 3 кредити (90 годин), з яких лише третина відведена на аудиторні години. Досвід показує, що для якісного опрацювання усіх змістових модулів курсу цього надто мало. Однак не всі змістові модулі однаково професійно значущі для майбутнього вчителя математики.

Автор навчального посібника, на основі якого склалася традиція викладання курсу математичної логіки в нашому та багатьох інших педагогічних закладах вищої освіти України, Ф. Лиман під логічною грамотністю майбутніх учителів математики розуміє «володіння ними достатнім обсягом логічних знань і умінь, необхідних для подальшого вивчення математичних дисциплін та у майбутній педагогічній діяльності» [9]. До таких автори передовсім відносять логічні знання та вміння, що стосуються: означення математичних понять; запису й аналізу математичних виразів і тверджень; структури, формулювання та доведення математичних теорем. Вони наводять конкретний перелік таких знань та умінь, як от: виявлення та аналіз логічної структури означень, тверджень, теорем; перехід від безумовної форми теореми до її умовної форми і навпаки; конструювання для даного твердження оберненого чи протилежного, формулювання теорем із використанням термінів «необхідно» і «достатньо» та інші. Перелік досить вичерпний і не викликає жодних заперечень. Але цілком очевидно, що для забезпечення даних умінь достатньо ознайомити здобувачів освіти лише з апаратом змістовної математичної логіки, тобто логікою висловлень та предикатів, тоді як курс математичної логіки і теорії алгоритмів значно ширший. Вивчення інших розділів курсу (формалізовані числення, основи теорії алгоритмів) має переважно світоглядне, методологічне значення для майбутніх учителів.

Досліджуючи проблему формування методологічних знань та умінь майбутніх учителів математики, Н. Кугай до професійно значущих відносить ті знання з математичної логіки, які забезпечують вміння практично її використовувати у процесі навчання математики [6]. До них насамперед належать володіння поняттями висловлення та предиката, усвідомлення сутності логічних операцій над предикатами, зокрема й операцій квантифікації, знання видів та логічної структури тверджень, правил побудови доведень та спростувань [6, с. 215]. Авторка зазначає, що для вчителя математики також «важливо знати» про особливості процедури аксіоматизації певної математичної теорії, про специфіку інтуїтивного і точного поняття алгоритму, про існування у математиці алгоритмічно нерозв'язних проблем. Але постає закономірне питання – навіщо? Як ці знання можуть допомогти вчителю математики краще виконувати свої професійні функції? З одного боку, відповіді на ці запитання можна знайти у програмах / робочих програмах / силабусах дисципліни – вони відображені у формулюваннях мети, завдань її вивчення, описах компетентнісного потенціалу. З іншого боку, ці відповіді здебільшого

носять формальний, декларативний характер, як от: «Знання основ математичної логіки ... повинні сприяти формуванню уявлень про природу наукового знання, про принципи побудови наукових теорій, про наукову картину світу, про роль математики в розвитку людської цивілізації, у науково-технічному прогресі, у сучасній науці і техніці» [15]. Безперечно, дуже добре, коли вчитель ерудований, має широкий світогляд, знається на філософії науки. Але чи роблять ці знання вчителя математики більш компетентним у вивченні та навчанні математики? У вітчизняній академічній традиції подібні запитання не є поширеними. Натомість закордонні дослідники їх не уникають. Розмірковуючи над запитанням «Чи справді математична логіка необхідна для навчання математичних доведень?», М. Арістіді висновує, що хоча математична логіка є центральною в математиці, її формальні методи насправді не є необхідними для виконання та навчання математичних доведень, а роль цих формальностей загалом переоцінюється деякими викладачами [17]. У своїх висновках він спирається як на власний досвід, так і на результати інших дослідників цього питання. Зокрема, він підтримує думку В. Дюран-Гер'є та ін. [18] про те, що викладання логіки як ізольованого предмета не може принципово вплинути на розвиток логічного мислення, і наполягає на тому, що логіка може бути корисною, лише якщо її використовувати в контексті.

Щоб з'ясувати залежність логічної грамотності шкільних учителів від обсягу залишкових знань з курсу математичної логіки та теорії алгоритмів, ми провели онлайн опитування за допомогою цифрового сервісу Google Forms. До опитування долучився 21 практикуючий учитель переважно з Чернігівських закладів загальної середньої освіти. Анкета містила дві групи тестових завдань: 14 запитань власне з курсу математичної логіки та 6 запитань, орієнтованих на застосування логічних знань до тверджень шкільного курсу математики. Звичайно, таке опитування не є достатньо репрезентативним. Адже невелика вибірка обумовлює більшу різноманітність у відповідях. Крім того, не всі учителі готові випробовувати у такий спосіб власну компетентність. Попри анонімність опитування і прохання не користуватись додатковими джерелами інформації, є ознаки того, що іноді учасники правильну відповідь вгадували або обирали зі сторонньою допомогою. Наприклад, учасник правильно будує заперечення предиката $\forall x (P(x) \wedge Q(x))$, але при цьому помиляється у виборі означення поняття, протилежного до заданого, формулювання якого і передбачає застосування того ж таки логічного заперечення. Деякі учасники обирали відповіді випадковим чином або шукали найбільш вірогідну, але уникали обирати варіанти «Я не знаю, як виконати завдання» / «Я не знаю, про що йдеться у запитанні». Наприклад, учасник правильно обирає формулу, що не є логічним законом: $A \wedge (A \Rightarrow B) \Rightarrow \underline{B}$, яка поряд із законами силогізму, контрапозиції та де Моргана справді виглядає найбільш ймовірною відповіддю. Водночас пару формул, до яких можна застосувати правило висновку, вказує не правильно. Звичайно, усі такі спроби опитуваних покращити особисті результати тесту знижують його валідність. Проте проведене тестування все ж таки дозволяє виявити деякі загальні тенденції.

Серед запитань першої групи найменш проблемними для опитуваних виявилися запитання з розділу «Алгебра висловлень». Вчителі показали, що пам'ятають логічні операції, деякі логічні закони та рівносильності. Абсолютні показники кількості правильних відповідей на запитання цього блоку становлять від 12 до 19 (з 21 можливої). При цьому відповідь «Я не знаю...» обирали не більше трьох респондентів. Цей показник значно зростає у відповідях на запитання з інших розділів курсу. Найбільше – 11 – до запитання про клас вивідних формул числення висловлень, 7 – до запитання про оператор регулярної суперпозиції, 6 – про алфавіт мови формалізованої математичної теорії, і навіть про машину Тьюрінга – 5. Як і очікувалось, на запитання з цих розділів отримано найменше правильних відповідей (рис. 1). Враховуючи мінімальний рівень складності запитань, можна зробити висновок, що обсяг залишкових знань більшої частини курсу математичної логіки у переважної кількості практикуючих учителів дуже малий або й відсутній взагалі. Чи відображається це на компетентності вчителів? Саме задля відповіді на це питання, до опитування було включено завдання методичного характеру.

Запитання	Правильні відповіді
Клас вивідних формул числення висловлень збігається із ...	7/21
Вкажіть пару формул, до яких можна застосувати правило висновку:	7/21
Вкажіть об'єкти, які не входять до алфавіту мови формалізованої математичної теорії:	6/21
Знайдіть за допомогою оператора регулярної суперпозиції функцію $h(x)$, якщо	9/21
Що таке машина Тьюрінга?	5/21
Вкажіть функцію, яка не належить до базисних обчислювальних функцій	9/21

Рис.1. Запитання, на які більше 50% опитаних відповіли неправильно.

На усі запитання цього блоку, за виключенням одного, було отримано 9 і більше правильних відповідей. Найкраще учасники впорались із завданням «Визначити вид умови «Число M ділиться на 3» відносно умови «Число M ділиться на 6»» (17 правильних відповідей) та завданням «Визначити умови наявності єдиного кореня при розв'язуванні рівняння з параметрами $(b-2)a^2x = b^2 - 4$ » (15 правильних відповідей). Несподівано проблемним виявилось запитання щодо кількості окремих тверджень, які можна виділити у формулюванні теореми «Якщо трикутник рівнобедрений, то медіана, бісектриса і висота, проведені до основи, співпадають». Також менше половини респондентів змогли обрати не рівнозначне твердження до твердження «Рівносторонній трикутник є рівнобедреним» та побудувати заперечення до твердження «Якщо n -кутник опуклий, то сума його кутів дорівнює $180^\circ(n-2)$ ». Останнє завдання об'єктивно є дещо складнішим, оскільки передбачає заперечення усієї імплікації, а не лише її умови або висновку, що на практиці доводиться робити не так часто.

За кількістю набраних балів переважну більшість учасників тестування (не рахуючи найнижчі та найвищі результати) умовно можна розподілити у дві групи: нижче середнього 5 – 9 балів, та вище середнього 12 – 15 балів (рис. 2).

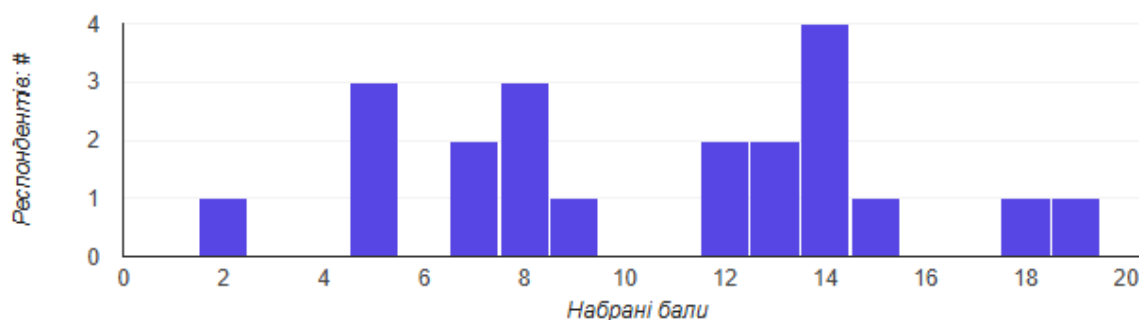


Рис. 2. Розподіл балів.

Якщо виходити з того, що високий рівень фахової компетентності демонструють учасники, які за завдання другого блоку набрали 4 – 6 балів, то у першій групі респондентів таким виявився лише 1 (4 бали з 9 за завдання методичного блоку). Тоді як друга група налічує 5 таких учасників із загальною сумою балів 13 – 15. Очевидно, що навіть така маленька вибірка показує, що існує кореляція між обсягом залишкових знань з математичної логіки та компетентністю вчителя. Проте ретельний аналіз кожної окремої анкети вказує і на те, що вчителі обох груп краще орієнтуються у питаннях логіки висловлень чи предикатів і гірше у інших розділах курсу математичної логіки.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. Розвиток логічного мислення учнівства – одне із пріоритетних завдань освітньої математичної галузі. Тому у професійній підготовці майбутніх учителів математики курс математичної логіки відіграє важливу роль. Його

опанування сприяє розвитку абстрактного, аналітичного, алгоритмічного мислення, формуванню навичок вивчення структури математичних тверджень, обґрунтування правильності тих чи інших способів здобуття істинного знання. Проведене нами анкетування вчителів та аналіз його результатів дають підстави зробити висновки про наявність певної залежності фахової методичної компетентності від обсягу залишкових знань з математичної логіки. Продовження досліджень вбачаємо у розробленні професійно орієнтованої методики навчання даної дисципліни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Акуленко, І. А. (2000). Система диференційованих вправ з логічним навантаженням як засіб розвитку логічного мислення учнів 5 – 6 класів при вивченні математики (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02). Київ. (Akulenko, I. A. (2000). A system of differentiated exercises with logical load as a means of developing logical thinking of students of grades 5-6 when studying mathematics (author's abstract of dissertation ... candidate of pedagogical sciences: 13.00.02). Kyiv.)
2. Акуленко, І. А., Максименко, Т. І. (2017). Навчання учнів доведень теорем (погляд учителів). *Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки»*, (13-14), 7-15. (Akulenko, I. A., Maksymenko, T. I. (2017). Teaching students to prove mathematical statements (teachers' vision). *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriya «Pedahohichni nauky»*, (13-14), 7-15.)
3. Буковська, О. І. Васильєва, Д. В. (2020). Логіка. Програма факультативного курсу для 5–9 класів. Режим доступу: https://yakistosviti.com.ua/userfiles/file/Logika/Logika_programm_5-9.pdf (Bukovska, O. I. Vasilyeva, D. V. (2020). Logic. Program of an optional course for grades 5–9. Retrieved from: https://yakistosviti.com.ua/userfiles/file/Logika/Logika_programm_5-9.pdf)
4. Віхрова, В. О., Білоусова, Г. М. (2004). Навчання розв'язуванню логічних задач на уроках математики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 3: Фізика і математика у вищій і середній школі*. 1, 61-65. (Vikhrova, V. O., Bilousova, G. M. (2004). Teaching logical problem solving in mathematics lessons. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya 3: Fyzyka i matematyka u vyshchii i serednii shkoli*. 1, 61-65.)
5. Іванова, С.В. (2021). Шляхи вдосконалення методики навчання учнів доводити математичні твердження. *Науково-методичні засади формування математичної компетентності здобувачів середньої освіти*, К. В. Недялкова (ред.), (сс. 102-113). Одеса: Видавець ФОП Бойчук А. Б. (Ivanova, S.V. (2021). Ways to improve the methodology of teaching students to prove mathematical statements. *Scientific and methodological principles of the formation of mathematical competence of secondary school students*, K. V. Nedyalkova (ed.), (pp. 102-113). Odesa: Publisher FOP Boychuk A. B.)
6. Кугай, Н. В. (2017). *Методологічні знання майбутнього вчителя математики*. Харків. (Kuhai, N. V. (2017). *Methodological knowledge of the future teacher of mathematics*. Kharkiv)
7. Кугай, Н. В. (2007). Розвиток умінь старшокласників доводити твердження у процесі вивчення алгебри і початків аналізу (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02). Київ. (Kugai, N. V. (2007). Forming the Senior Pupils' Demonstration Skills in the Process of Algebra and Beginning of Analysis Learning (author's abstract of dissertation ... candidate of pedagogical sciences: 13.00.02). Kyiv.)
8. Лиман, Ф. М. (1998). *Математична логіка і теорія алгоритмів*. Навчальний посібник. Суми. (Lyman, F. M. (1998). *Mathematical Logic and Theory of Algorithms*. Textbook. Sumy.)
9. Лиман, Ф. М., Друшляк, М. Г., Лукашова, Т. Д. (2019). Формування логічної грамотності майбутніх учителів математики як важливої складової їх професійної підготовки. *Фізико-математична освіта*, 2(20), 72-79. (Lyman, F. M., Drushlyak, M. G., Lukashova, T. D. (2019). Formation of logical literacy of future mathematics teachers as an important component of their professional training. *Fyzyko-matematychna osvita*, 2(20), 72-79.)
10. Матяш, О. І., Крутоус, Т. П., Кусій, М. І., Матяш, А. Д. (2025). Доведення як інструмент розвитку математичного мислення у навчанні геометрії. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід*,

- проблеми, 77, 62-71. Режим доступу: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-77-62-71> (Matiash, O. I., Krutous, T. P., Kusii, M. I., & Matiash, A. D. (2025). Proof as a tool for developing mathematical thinking in geometry education. *Suchasni informatsiyni tekhnolohiyi ta innovatsiyni metodyky navchannya v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiya, teoriya, dosvid, problemy*, 77, 62-71. Retrieved from: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-77-62-71>)
11. Мілян, Р. С. (2021). Формування логічної складової математичної компетентності учнів основної школи (дис. ... д-ра філософії: 014 – Середня освіта (Математика)). Вінниця. (Milian, R. S. (2021). Pupils' logical component of mathematical competence formation in base secondary school. (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 014 – Secondary education (Mathematics)) Vinnytsia.)
 12. Музиченко, С. В. (2016). Наступність у процесі формування логічної грамотності школярів та студентів. *Реалізація наступності в математичній освіті: реалії та перспективи: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції*. Одеса, Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського, 190-193. (Muzychenko, S. V. (2016). Continuity in the process of forming logical literacy of schoolchildren and students. *Realizatsiya nastupnosti v matematychniy osviti: realiyi ta perspektyvy: materialy vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi*. Odessa, Pivdennoukrayins'kyu natsional'nyu pedahohichnyu universytet imeni K. D. Ushyns'koho, 190-193.)
 13. Олійник, О. В. (2017). Особливості вивчення курсу «Математична логіка та теорія алгоритмів» у системі підготовки майбутніх вчителів математики. *Молодий вчений*, 8 (48), 263-267. Режим доступу: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/8/59.pdf> (Oliinyk, O. V. (2017). Features of teaching the course "Mathematical Logic and Theory of Algorithms" in training of future teachers of mathematics. *Molodyy vchenyy*, 8 (48), 263-267. Retrieved from: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/8/59.pdf>)
 14. Сінко, Ю. І. (2009). Методична система навчання студентів математичної логіки у вищих навчальних закладах з використанням інформаційних технологій (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02). Херсон. (Sinko, Yu. I. (2009). Methodological system of teaching students Mathematical Logic in higher educational institutions using information technologies (author's abstract of the dissertation ... candidate of pedagogical sciences: 13.00.02). Kherson.)
 15. Сінко, Ю. І. (2010). Роль і місце математичної логіки у підготовці майбутнього вчителя математики. *Проблеми сучасної педагогічної освіти. Сер.: Педагогіка і психологія*, 29(1), 210-216. (Sinko, Yu. I. (2010). The role and place of Mathematical Logic in the training of future mathematics teachers. *Problemy suchasnoyi pedahohichnoyi osvity. Ser.: Pedahohika i psykholohiya*, 29(1), 210-216.)
 16. Хаць, Р. В., Комарницька, Л. І., Матурін, Ю. П. (2026). Математична логіка в алгебрі, математичному аналізі, дискретній математиці як засіб підвищення якості математичних доведень. *Актуальні питання у сучасній науці (Серія "Педагогіка")*, 2(44), 1899-1912. Режим доступу: [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2\(44\)-1899-1912](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2(44)-1899-1912) (Khats', R.V., Komarnytska, L.I., Maturin, Y.P. (2026). Mathematical Logic in Algebra, Mathematical Analysis, Discrete Mathematics as a means of enhancing the quality of mathematical proofs. *Aktual'ni pytannya u suchasniy nautsi (Seriya "Pedahohika")*, 2(44), 1899-1912. Retrieved from: [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2\(44\)-1899-1912](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2(44)-1899-1912))
 17. Aristidou, M. (2020). Is Mathematical Logic Really Necessary in Teaching Mathematical Proofs? *Athens Journal of Education*, 7(1), 99-121. <https://www.athensjournals.gr/education/2018-2453-AJE-MAT-02.pdf>
 18. Durand-Guerrier, V., Boero, P., Douek, N., Epp, S., Tanguay, D. (2012). Examining the Role of Logic in Teaching Proof. Gila Hanna & Michael de Villiers. *Proof and Proving in Mathematics Education*, Springer, New ICMI Study Series, Vol 15, 369-389. <https://hal.science/hal-00804057>

Muzychenko S. V., Filon L. G. Elements of Mathematical Logic in the professional activity of a Mathematics teacher.

The article considers the role of the course "Mathematical Logic and Algorithm Theory" in the professional training of future Mathematics teachers. The relevance of the problem of developing a professionally oriented teaching methodology for this discipline has been emphasized. An analysis of scientific research devoted to the development of students' logical thinking has been carried out. Creating effective conditions for developing students' logical abilities in the process of teaching Mathematics depends on many factors, in particular, on the readiness and ability of Mathematics teachers to carry out relevant activities. The work characterizes the importance of Mathematical Logic as an educational component of the professional training program for future Mathematics teachers. Its potential impact on the formation of mathematical competence and logical literacy of higher education students has been analyzed. The places of the academic discipline in the system of fundamental mathematical training of a future specialist and its possibilities in the implementation of methodological and integration functions have been clarified. The main content units of the course have been identified, which are of primary importance for the formation of subject-specific mathematical competence of education seekers. Practice shows that the creation of an optimal methodological system for teaching the course is an extremely complex task, the main problem of which is to provide professional direction to the content of the discipline. The study presents the results of a survey of Mathematics teachers regarding the amount of residual knowledge from different sections of the course of Mathematical Logic and the Theory of Algorithms. It is assumed that there is a correlation between the amount of residual knowledge in Mathematical Logic and the teacher's competence.

Keywords: professional training of Mathematics teachers, Mathematical Logic, development of logical thinking of students, logical literacy of Mathematics teachers, subject-specific mathematical competence.

*Подано до друку 22.03.2026
Прийнято до друку 09.04.2026*

UDC 376.1:502/504:001.895

DOI 10.24139/2519-2361/2026.01/75-82

O. M. Babenko

ORCID ID 0000-0002-1416-2700

N. S. Hlotova

A. S. Materiienko

ORCID ID 0000-0003-4184-2944

Sumy State Pedagogical University
named after A.S. Makarenko

READINESS AND RESOURCE NEEDS OF TEACHERS FOR STEM PROJECT-BASED LEARNING IN AN INCLUSIVE CLASSROOM

The purpose of the article is to investigate the level of readiness of teachers in general secondary education institutions to organise STEM project-based learning in an inclusive classroom and to identify the key resource needs that hinder the full participation of learners with special educational needs in STEM-oriented project activities. The empirical basis of the study consists of the results of a questionnaire survey conducted by academic staff and students of Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko. The survey involved 23 teachers from general secondary education institutions representing different subject specialisations and varying lengths of teaching experience, all of whom had practical experience of working in an inclusive classroom. Quantitative data analysis methods were employed in combination with a qualitative interpretation of the identified trends.