

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ЛАБОРАТОРНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ З ФІЗИКИ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ

### Анотація

У статті розглянуті техніко-економічні проблеми виробництва лабораторних комплексів засобів навчання з фізики загальноосвітньої школи, оптимізації переліків засобів навчання, наведено аналіз вартості кабінету фізики середньої школи.

**Ключові слова:** засоби навчання, лабораторні комплекси засобів навчання, індустрія засобів навчання, аналіз вартості кабінету фізики.

Згідно з Концепцією загальної середньої освіти (12-річна школа) (Постанова Колегії МОН України та Президії АПН України № 12/5-2 від 22.11.2001) та Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти (Постанова Кабінету міністрів України № 24 від 14.01.2004), розроблені нові навчальні програми 12-річної школи, які включають переліки фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, рекомендують використання демонстраційного експерименту.

Відповідно до нової програми з фізики, у процесі опанування предметом учні середньої школи мають самостійно виконати 43 фронтальні лабораторні роботи та 12 робіт фізичного практикуму. Враховуючи, що фізика вивчається в базовій (7-9 класи) та старшій (10-12 класи) школі, загальна кількість кабінетів фізики (в розрахунку 1 кабінет на школу) перевищує 18000. Кожен кабінет фізики розраховано на 15 робочих місць, кожне з яких має бути забезпечено повним комплектом обладнання для проведення всіх передбачених державним стандартом до обов'язкового виконання фронтальних лабораторних робіт. Таким чином, кількість робочих місць перевищує 272 600. Середня ціна одного робочого місця, яке склалось сьогодні на ринку засобів навчання (ЗН) в Україні, становить приблизно 19000 грн., що наближається до аналогічних цін на світовому ринку. Таким чином, загальна сума коштів, які мають бути витрачені на повне забезпечення новими ЗН для фронтальних лабораторних робіт, перевищує 5 млрд. грн. В цих коштах не враховано обладнання для демонстраційного експерименту, меблі, обладнання загального призначення (класна дошка, система живлення тощо). Такі кошти зумовлені тим, що на ринку ЗН домінують приватні підприємства та фірми, які встановлюють комерційно-вигідні для них ціни та, в більшості, займаються перепродажем ЗН зарубіжного виробництва. Внаслідок відсутності державного централізованого виробництва вітчизняних ЗН ціни на них постійно зростають.

Комерційна вигідність існування на ринку ЗН визначається, з одного боку, обмеженим терміном життя кожного засобу в умовах реального навчального процесу, а з іншого боку – великим переліком ЗН, який сьогодні перевищує 4500 назв для всіх навчальних дисциплін середньої школи. На рис. 1 показано розподіл кількості назв ЗН, які необхідні сьогодні для забезпечення навчального процесу загальноосвітньої школи.

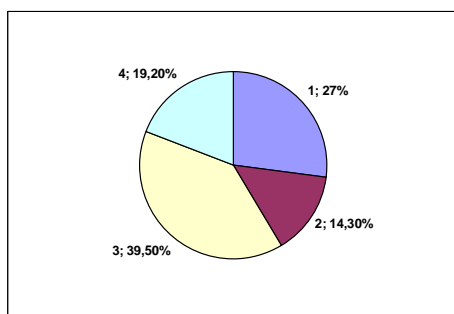


Рис. 1. Кількість назв ЗН для кабінетів загальноосвітньої школи

(1-початкова школа, 2-гуманітарні предмети, 3-природничі предмети, 4-трудове навчання)

Розподіл кількості назв ЗН, які необхідні для забезпечення навчального процесу з природничо-математичних дисциплін загальноосвітньої школи показано на рис. 2.

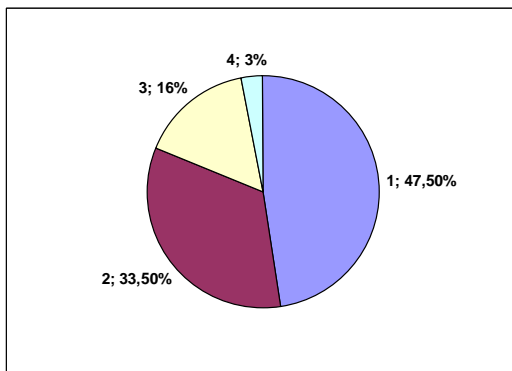


Рис. 2. Кількість назв ЗН для кабінетів природничо-математичних дисциплін загальноосвітньої школи (1-фізика, 2-біологія, 3-хімія, 4-інформатика)

Порівняння вартості ЗН кабінетів-лабораторій загальноосвітньої школи наведено на рис. 3.

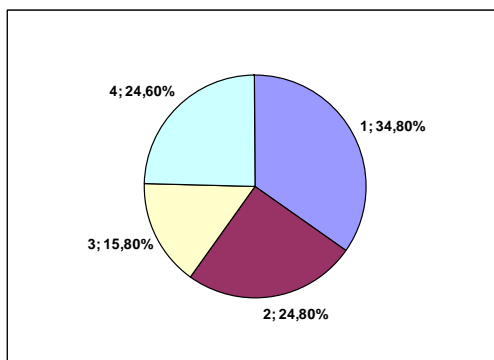


Рис. 3. Вартість ЗН для кабінетів природничо-математичних дисциплін загальноосвітньої школи (1 - фізика, 2 - хімія, 3 - біологія, 4 - інформатика)

Наведені дані відповідають тому стану вартості ЗН, яке склалося у країнах СНД, де навчальні плани з відповідних дисциплін методологічно співпадають з навчальними планами загальноосвітньої школи України. На рис. 4 показано перерозподіл коштів ЗН для кабінетів-лабораторій у середніх школах Російської Федерації.

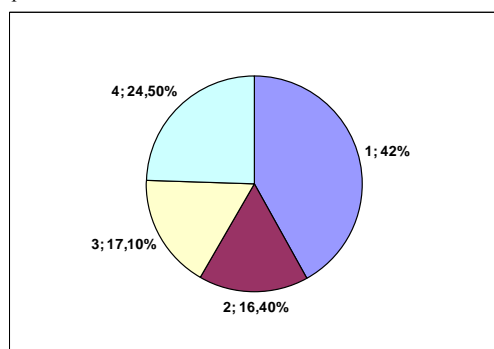


Рис. 4. Вартість ЗН для кабінетів природничо-математичних дисциплін загальноосвітньої школи Росії (1- фізика, 2 - хімія, 3 - біологія, 4 - інформатика)

Враховуючи великі кошти, які держава повинна витратити на підтримку виконання навчальних планів загальноосвітньої школи, пропонується перелік заходів, що мають мінімізувати витрати, а саме:

- I. Створення індустрії ЗН.
- II. Оптимізація переліків ЗН кабінету фізики.
- III. Створення лабораторних комплексів ЗН.
- IV. Поступова та поетапна заміна застарілого обладнання відповідно частотності використання ЗН у лабораторних роботах.
- V. Оптимізація переліку фронтальних лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму.

#### I. Індустрія засобів навчання

Метою створення індустрії засобів навчання (індустрії ЗН) є забезпечення спланованого створення нової та оновлення і модернізація існуючої матеріальної складової навчального середовища закладів освіти, впровадження в навчально-виховний процес сучасних ЗН, які відповідають світовому науково-технічному рівню розвитку суспільства, дозволяють використовувати новітні технології навчання, створюють умови для реалізації ефективних стратегій досягнення цілей освіти.

Ця мета може бути досягнута шляхом створення комплексу наукових, проектних, навчально-методичних та освітньо-експериментальних установ, навчальних закладів та виробничих підприємств, діяльність яких спрямована на проведення скоординованих наукових досліджень, проектно-конструкторських та методичних розробок, виготовлення, модернізацію, та експериментальну перевірку нових, оновлених і модернізованих ЗН, їх доставку, впровадження, технічне обслуговування та методичну допомогу щодо їх використання у навчально-виховному процесі.

Держава, через відповідні законодавчо-правові акти, має підтримувати індустрію ЗН, вважати її розвиток одним з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, організувати розробку відповідних наукових і науково-технічних програм, формувати державне замовлення на забезпечення навчальних закладів ЗН у порядку, визначеному законодавством України.

Таким чином, індустрію ЗН можна визначити як сукупність інтелектуальних, матеріальних і фінансових ресурсів, структур і людей, правил їхньої правової й управлінської взаємодії, об'єднаних з метою розробки, виробництва і поширення продуктів і послуг для забезпечення системи освіти необхідними ЗН. Користувачами (споживачами) індустрії ЗН є учасники навчально-виховного процесу (фізичні особи), загальноосвітні, професійно-технічні і вищі навчальні заклади, інститути перепідготовки і підвищення кваліфікації (юридичні особи).

Досягнення мети та стратегічних завдань індустрії ЗН повинно здійснюватися комплексно у таких напрямках:

#### 1. Зміцнення і розвиток навчальної матеріально-технічної бази загальноосвітніх навчальних закладів України:

- визначення переліків ЗН, необхідних для викладання і вивчення фізики у школах відповідно до чинних та нових навчальних програм;
- створення перспективних планів розробки, виготовлення та впровадження ЗН згідно до визначених переліків;
- створення системи оцінки педагогічної ефективності ЗН та відповідності їх сучасному розвитку науки і техніки,
- визначення критеріїв ефективності, норм і правил сертифікації та стандартизації при створенні нових і удосконаленні існуючих ЗН;
- координація планів науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт в Україні по розробці нових і удосконаленню існуючих ЗН;

– створення системи підготовки кадрів з напрямку розробки і впровадження у навчально-виховний процес ЗН.

2. Розробка організаційно-педагогічних передумов ефективного використання ЗН:

– побудова системи визначення потреби та забезпечення закладів освіти ЗН;

– розробка оптимальних варіантів обладнання навчальних кабінетів, лабораторій, приміщень шкіл ЗН;

– визначення раціональних організаційно-технічних форм використання ЗН;

3. Розробка педагогічних методик ефективного використання ЗН:

– визначення змісту інформаційних функцій, дидактичної ролі і призначення різних видів ЗН;

– встановлення педагогічних основ комплексного застосування ЗН;

– визначення призначення і місця ЗН при використанні комп'ютерної техніки і нових інформаційних технологій навчання в школі;

– проведення педагогічних, фізіологічних досліджень з порівняльної ефективності різних видів ЗН та методик їх використання;

– розробка системи побудови оптимальних методик застосування ЗН.

4. Створення системи доставки ЗН та необхідного обладнання до шкіл.

Як показують спроби відновлення системи розробки, виробництва і постачання шкіл ЗН, що раніше існувала в СРСР, це не можливо з двох основних причин:

– централізована система розробки виробництва і постачання ЗН була регіонально розподіленою, і сьогодні більшість її найважливіших компонентів виявилися за кордоном;

– вона не є ефективною в нових умовах розвитку суспільства.

Як показують вищенаведені розрахунки, за існуючими сьогодні цінами для забезпечення лише 50% середніх закладів освіти України ЗН відповідно до існуючих переліків ЗН необхідні кошти в обсязі близько 2,5 млрд. гривнів. Тому для мінімізації цих витрат важливе значення має функціонування спеціального механізму утворення цін на серійне виробництво ЗН. Практика показує, що до цієї системи треба залучити відповідні управління та відділи Міністерства освіти і науки України, підрозділи обласних та районних управлінь і відділів освіти, обласні інститути удосконалення вчителів.

5. Створення інформаційного банку даних розробки та впровадження ЗН у школи України для можливості здійснення:

– аналізу сучасних методик викладання і розробки та впровадження ЗН у школи України;

– визначення потреби шкільної системи освіти у спеціалістах та викладачах, які володіють методикою і технікою використання ЗН нового покоління;

– аналізу потреби шкіл України у ЗН та методичних розробках щодо їх ефективного використання;

– контролю функціонування процесу розробки та серійного виробництва ЗН;

– аналізу інформації про перспективи розвитку ЗН в цілому з використанням міжнародних показників;

– статистичного обліку ЗН, їх найменувань, загальних методичних можливостей та педагогічного призначення.

6. Створення системи фінансування програми розробки. Основне її завдання – забезпечити виділення відповідних коштів на комплексне і безперервне виконання заходів та завдань індустрії ЗН.

Загальна сума коштів, необхідна для виконання програми, складається з витрат:

– на проведення науково-дослідних робіт по створенню нових та удосконаленню існуючих ЗН, а також розробку їх методичного забезпечення для ефективного використання у шкільному навчальному процесі;

– на серійне виробництво ЗН та розробку методичного забезпечення до них.

– на проведення сертифікаційної оцінки ЗН, їх розподіл та доставку до шкіл України.

7. Побудова нової системи розробки, виробництва та постачання ЗН, яка б:

– гнучко реагувала на різноманітність динамічної зміни напрямів розвитку освіти;

– відповідала вимогам кінцевого користувача;

– створила відкритий ринок ЗН на основі конкуренції за якість, своєчасність поновлення номенклатури ЗН і ціни на них;

– дозволяла державі впливати на процес формування громадянина і спеціаліста, в тому числі і через ЗН.

Побудова такої системи можлива еволюційним шляхом з поетапною реалізацією.

Перший етап має бути спрямований на відновлення системи розробки та виробництва існуючих ЗН і насичення ними шкіл, так як рівень забезпеченості останніх наблизився до критичної межі.

Другий етап має бути спрямований на розробку основних принципів і напрямків створення ЗН нового покоління як головного компоненту нових технологій навчання.

Наступні етапи мають бути спрямовані на побудову і розвиток системи матеріального постачання шкіл України, яка відповідає умовам соціального розвитку суспільства і зміні напрямку розвитку шкільної освіти.

В основі реалізації завдань індустрії ЗН повинно лежати формування і динамічна підтримка державних вимог і критеріїв оцінки діяльності і якості розробки та виробництва ЗН, яка повинна забезпечити:

1. Дотримання державних вимог і визначених критеріїв через державні програми, державні і галузеві стандарти на розробку, виробництво і постачання ЗН на основі нормативів матеріально-технічного забезпечення, які необхідно сформулювати і затвердити.

2. Побудову і підтримку правової і нормативної бази ринку розробників і виробників ЗН, якій функціонує на основі конкуренції якості, забезпеченні досягнення цілей загальної середньої освіти та зниження ціни.

3. Контроль за дотриманням державних вимог та державної політики у шкільній освіті, який може здійснюватися через систему акредитації навчальних закладів, систему сертифікації та стандартизації продукції, а також з боку громадських структур та об'єднань. Особлива увага повинна приділятися засобам навчання, які передбачені для забезпечення предметів державного компоненту шкільної освіти.

4. Створення організаційної структури підтримки державної політики у галузі розробки, виготовлення та впровадження у навчальний процес ЗН нового покоління. Ця структура повинна спиратися на органи управління освітою та органи громадського самоврядування, що визначаються законом України "Про освіту".

В цей же час організаційно-технологічна схема проходження ЗН крізь всі етапи життєвого циклу пов'язана з участю багатьох організацій та служб, що вже існують, а також тих, створення яких доцільне.

5. Організація науково-дослідних та конструкторських робіт в галузі розробки та впровадження ЗН нового покоління.

Проблема швидкого насичення шкіл необхідними ЗН сьогодні може бути вирішена за рахунок їх уніфікації, типізації, модульності, широкого впровадження у навчальний процес засобів нових інформаційних технологій. Сьогодні здійснюється спроба широкого залучення вчителів до процесу створення вітчизняних зразків ЗН. Але, на жаль, лише завдяки ентузіазму та громадському обов'язку. Важливим також є залучення до вирішення поставлених проблем наукового потенціалу НАН України та АПН України, вищих навчальних закладів, інститутів та підприємств-виробників різних галузей господарства і форм власності.

Названі заклади і підприємства повинні бути задіяні на всіх етапах процесу вирішення проблеми якості ЗН, які створюються за традиційно існуючими зразками і, особливо, в процесі переходу на ЗН нового покоління.

6. Вирішення проблем фінансування поетапної реалізації завдань індустрії ЗН.

У відповідності з Конституцією України та Законом України "Про освіту" основним джерелом фінансування загальної освіти має бути бюджет. На сучасному етапі виникають проблеми централізованого фінансування виробництва ЗН з бюджету, який швидко спустошується. Вихід з цього становища бачиться у комплексно-цільовому підході до фінансування найбільш важливих (першочергових) ЗН.

Одним з шляхів реалізації такого підходу є інтеграція коштів місцевих бюджетів на виробництво і доставку окремих ЗН до шкіл. Сьогодні в обласних, районних органах управління освіти і окремих навчальних закладах існують можливості для придбання ЗН нового покоління.

Однак світовий досвід показує, що найбільш ефективними економічними важелями державного впливу на сферу виробництва ЗН є інвестиції, кредитування та оподаткування. Держава може ефективно впливати на процес створення, виготовлення і доставки до шкіл ЗН через систему кредитування, надаючи на пільгових умовах кредити підприємствам і фірмам, які беруть участь в реалізації відповідних етапів життєвого циклу ЗН.

Сьогодні в Україні особливо важливою є підтримка з боку держави підприємств, які традиційно працювали у сфері виробництва ЗН, та фірм, які можуть працювати в цій сфері. Гнучка податкова система дасть змогу залучити кошти в сферу освіти, створити цивілізований ринок ЗН. Податкові пільги тим підприємствам та фірмам, які виробляють ЗН згідно вимогам Міністерства освіти і науки України, дозволило б збільшити обсяги випуску першочергових ЗН, які фінансуються за рахунок держбюджету.

Іншими джерелами фінансування програм розробки та виробництва ЗН можуть бути:

- фонди інвестування програм комерційними структурами, банками тощо;
- власні джерела фінансування навчальних закладів;
- пожертвування, іноземні інвестиції, відрахування інших міністерств, підприємств тощо.

Державне стимулювання може включати в себе не тільки економічні, але й інші важелі: присвоєння почесних звань; присвоєння наукових звань і ступенів; громадське визнання; соціальні пільги та ін. Особливо важливе стимулювання новачків вчителів, залучення їх до процесу розробки та впровадження засобів навчання.

Реалізація вищеперерахованих завдань потребує:

1. Розробки інструкцій про порядок організації розробки, виробництва, сертифікації та доставки засобів навчання до шкіл України. Інструкції повинні регламентувати взаємовідносини учасників (розробників, виробників, споживачів, органів управління освітою) різних етапів життєвого циклу (визначення потреби, формування педагогічних вимог, розробка, виробництво, постачання та експлуатація) ЗН.

2. Сертифікації ЗН, які виробляються або постачаються зовні. На сьогодні розробляється організаційно-технологічна схема і комплект необхідної документації з сертифікації ЗН, згідно з якою всі ЗН, що розробляються на підприємствах і фірмах, розглядаються з позиції педагогічних вимог і стандартів.

В основу створення індустрії ЗН мають бути покладені затверджені Міністерством освіти і науки України "Типові переліки засобів навчання

#### **Проблеми оптимізації переліків засобів навчання.**

Оптимізація переліків ЗН кабінету фізики з точки зору фінансових витрат зводиться до мінімізації складу обладнання за рахунок усунення дублювання. Усунення дублювання обладнання може бути реалізоване за рахунок:

- 1) використання на різних лабораторних роботах тих самих ЗН, якщо це дозволяє методика проведення роботи;
- 2) використання в роботах фізичного практикуму, в більшості, того обладнання (ЗН), яке використовується у процесі виконання фронтальних робіт;
- 3) використання у демонстраційному експерименті, в більшості, того обладнання (ЗН), яке використовується у процесі виконання фронтальних робіт.

Названі заходи мають бути обґрунтовані в процесі спеціально організованих комплексних наукових досліджень в галузі методики викладання фізики у середній школі. Розробка таких ЗН передбачає здійснення низки заходів, а саме: передпроектних досліджень, освоєння виробництва, експлуатації.

У процесі передпроектного дослідження на основі аналізу і прогнозування технічного рівня конкурентних виробів, а також на основі вивчення, аналізу і прогнозування потреб ринку формуються параметри і показники технічного завдання (ТЗ) на проектування. Отже, прийняті рішення відносяться до номенклатури і рівня тих показників, що має забезпечити конструктор при розробці виробів з метою відповідності потребам ринку і конкурентноздатності. У ТЗ має бути включено дуже обмежене коло показників, що визначають в основному функціональне призначення виробу.

На етапі проектно-технологічної розробки рішення приймаються по:

- принципівим, функціональним, структурним і іншим схемам виробу;
- рівню надійності;
- рівню уніфікації;
- рівню технологічності;
- вибору матеріалів;

- технології виготовлення тощо.

На етапі освоєння виробництва прийняті рішення уточнюються і доопрацьовуються відповідно до можливостей виробництва і результатам іспитів досліджуваних зразків; у документацію вносяться конструкторські і технологічні зміни, що дозволяють підвищити рівень технологічності, і уніфікації її, у цілому, якість об'єкта.

На етапі виробництва продовжується уточнення конструкції і технології, спрямоване головним чином на зниження собівартості виробу і зменшення виробничого браку.

У процесі експлуатації розроблювачі удосконалюють вироби, використовуючи зворотний зв'язок (у виді рекламаций споживача або цілеспрямовано налагодженого збору статистичної інформації про поведінку об'єкта в тих або інших умовах), і приймаючи відповідні рішення по зміні конструктивних, технологічних і інших характеристик.

На будь-якому етапі життєвого циклу проектні рішення переслідують одну головну мету – створити виріб, який найбільшою мірою задовольняє конкретного споживача за технічними та економічними показниками і забезпечує розробнику і виробнику зниження витрат або збільшення прибутку. Споживач вибирає виріб серед функціональних аналогів-конкурентів з метою одержання максимального ефекту від використання цього виробу. Чим вище якість, чим кращі технічні параметри, тим ефект більший. Однак виробник може забезпечити ці кращі показники, тільки вкладаючи додаткові засоби в проектування і виготовлення більш якісного виробу.

Цей компроміс в умовах ринкової економіки вирішує ціна, що, з одного боку, завдяки підвищенню якості і збільшенню обсягу продажу повинна принести прибуток виробнику; з іншого, за рахунок властивостей, які більш задовольняють споживача, ніж властивості аналогів-конкурентів, принести прибуток споживачеві.

Отже, для ухвалення рішення необхідно виявити параметри і показники, що цікавлять споживача, встановити, як вони впливають один на одного. Часто навіть поліпшення одних технічних показників приводить до погіршення інших, що вимагає компромісних рішень. Усунення таких випадків може бути, певною мірою, забезпечене на етапі техніко-економічного аналізу проектних рішень. Техніко-економічний аналіз (ТЕА) проектних рішень – це дослідження взаємозв'язку технічних, організаційних і економічних параметрів і показників об'єкта, що дозволяє знайти найкраще проектне рішення при обраному критерії. Таке дослідження може бути також названо параметричним ТЕА. Отже основна передумова ТЕА – це можливість знайдення альтернативних рішень, а задача ТЕА – забезпечення найкращого рішення при виборі схеми і матеріалу об'єкта, технології його виготовлення тощо на конкретній стадії життєвого циклу виробу.

Формування моделі, що відповідає поставленій задачі, включає формалізацію критерію у виді цільової функції, виявлення і формалізацію залежностей між показниками у вигляді обмежень і встановленні граничних умов, тобто гранично припустимих значень використовуваних в аналізі параметрів і показників. Відповідно, формується цільова функція корисності або втрат. Якщо в постановці задачі відсутні обмеження і граничні умови та задано тільки цільову функцію, то це задача безумовної оптимізації. Для таких задач поняття «оптимум» і «екстремум» збігаються. Присутність обмежень і граничних умов формує задачу умовної оптимізації. Збільшення числа обмежень не поліпшує, як правило, оптимального рішення і часто, при суперечливості вимог, може привести до неузгодженості, тобто до відсутності рішення задачі, що задовольняє всім поставленим умовам.

В якості критеріїв можуть використовуватися як технічні, так і економічні показники. Відповідно, у першому випадку одним з обмежень є економічний показник, у другому – задане значення технічного показника або параметра. Якщо при формалізації критерію ефективності не вдається представити його у вигляді безперервної функції розглянутої сукупності показників, то задача з оптимізації перетворюється в задачу вибору найкращого варіанта з розглянутих можливих за прийнятим критерієм. Методи і прийоми параметричного ТЕА обумовлені наявністю вихідної інформації з етапів створення виробу і зв'язані з параметрами і показниками, що визначають його технічний рівень і якість. Послідовність і методика проведення параметричного ТЕА не залежать від об'єкта, поставленої задачі і стадії розробки об'єкта [1].

Завданням розробників є створення пристрою заданого функціонального призначення, що задовольняє вимогам визначеного сегмента ринку (вимогам конкретних споживачів) і відповідним заданим умовам експлуатації. Отже вироби повинні мати визначені властивості. Властивість, в нашому випадку, розглядається як об'єктивна особливість виробу, що може виявлятися при його створенні або експлуатації в умовах реального навчального процесу. Існують властивості, що характеризують виріб як об'єкт проектування (наприклад, конструктивна наступність, новизна, складність, патентна чистота тощо), як об'єкт виробництва (матеріалоемність, трудомісткість тощо), як об'єкт експлуатації (продуктивність, потужність, швидкість, безпека тощо).

Сукупність цих властивостей, що обумовлюють придатність до задоволення визначених потреб, формує якість виробу. Тут показник якості є кількісною характеристикою однієї з властивостей виробу. Таким чином, показниками якості можуть бути будь-які показники і параметри виробу, що визначають рівень задоволення визначених потреб, тобто рівень якості.

Порівнювати різні варіанти розроблювальної техніки, які відрізняються безліччю показників, що по різному впливають на технічний рівень, досить складно. Тому прагнуть використовувати узагальнюючий показник у виді головного або середньозваженого. Головний показник відбиває, як правило, основне призначення виробу. Бажано, щоб він був представлений у виді функціональної залежності від інших одиничних показників. Якщо функціональної залежності не існує, можна оцінювати технічний рівень тільки по головному показнику, а інші враховувати у виді обмежень. Усі перераховані задачі вирішуються з використанням експертних методів, таких, як ранжирування, метод безпосередньої оцінки, метод парних порівнянь, метод послідовних переваг тощо [3, 4]. У нашому дослідженні ми обмежились тільки методом експертного оцінювання. Методика експертного оцінювання базувалась на показниках призначення ЗН, як їх розуміють експерти в галузі використання ЗН у навчально-виховному процесі загальноосвітніх, професійно-технічних і вищих навчальних закладів. Показники призначення характеризують виріб як об'єкт експлуатації і є визначальними при розробці виробу. Вони виражають основні функції виробу і визначають область його застосування.

Показники стандартизації й уніфікації характеризують співвідношення оригінальних, стандартизованих і запозичених вузлів і деталей, їхню частку в загальній номенклатурі вузлів і деталей. Підвищення рівня стандартизації й уніфікації дозволяє скоротити витрати на розробку конструкції і технології, розширити області застосування масового і серійного виробництва і, отже, знизити собівартість виробу, підвищити його ремонтоздатність і зменшити експлуатаційні витрати.

Економічні показники характеризують систему «людина-виріб» і включають гігієнічні (освітленість, температура, вологість,

напруженості магнітного й електричного полів, випромінювання, токсичність, шум, вібрація тощо), антропометричні, фізіологічні і психологічні показники.

Естетичні показники відбивають інформаційну виразність, раціональність форми, цілісність композиції, досконалість виробничого виконання і стабільність товарного виду. Екологічні показники характеризують особливості продукції, що визначають рівень шкідливих впливів на навколишнє природне середовище, які виникають при експлуатації або споживанні продукції (зміст шкідливих домішок у викидах, випромінювання при збереженні і транспортуванні тощо).

Показники безпеки визначають ступінь захисту людини при експлуатації або споживанні продукції, наприклад, ймовірність безпечної роботи людини протягом визначеного часу, опір ізоляції струмопровідних частин, електрична міцність високовольтних мереж тощо. Показники транспортability характеризують пристосованість виробу до переміщень у просторі, не зв'язаним з експлуатацією або споживанням, і найчастіше визначаються витратами на переміщення. Ергономічні й екологічні показники, а також показники безпеки повинні відповідати вимогам і нормам України або міжнародних стандартів. Як бачимо, у наведених в роботі рейтингах властивостей ЗН ці показники також відображені.

Передпроектний аналіз, який було проведено в Інституті інформаційних технологій і засобів навчання АПН України в процесі спеціального організованого дослідження з використанням методу експертних оцінок (науковий керівник дослідження Ю.О. Жук), дозволив сформулювати рейтинг властивостей ЗН, які мають забезпечити навчальний процес з фізики загальноосвітньої школи:

#### Рейтинг вимог педагогічних властивостей до ЗН

Засоби навчання мають відповідати:

- 1.01. Змісту освіти
- 1.02. Завданням навчальної програми
- 1.06. Принципам наочності і доступності
- 1.10. Формуванню стійкого інтересу до предмету навчання
- 1.03. Сучасним методам і технологіям навчання
- 1.04. Дидактичним і методичним завданням, які розв'язуються в процесі навчання
- 1.05. Пізнавальним і фізіологічним можливостям учнів
- 1.07. Сучасному науковому, технічному та технологічному рівням
- 1.08. Раціональності використання навчального часу при постановці і проведенні експерименту
- 1.09. Можливості управління навчальною діяльністю учнів.

#### Рейтинг узагальнених технічних вимог до ЗН

Засіб навчання повинен мати такі властивості:

- 2.01. Універсальність (можливість використання при вивченні різних навчальних предметів, розділів, тем)
- 2.09. Забезпечувати безпеку роботи з обладнанням
- 2.07. Експлуатаційну надійність
- 2.04. Простоту і зручність використання
- 2.03. Простоту і зручність налагодження
- 2.02. Оперативність і мобільність застосування
- 2.05. Можливість використання в комплексі з обладнанням навчального кабінету
- 2.10. Відповідати санітарно-гігієнічним вимогам
- 2.06. Бути простим за конструкцією
- 2.08. Ремонтоздатність.

Визначення пріоритетності розробки, виготовлення та постачання до загальноосвітніх навчальних закладів ЗН з фізики потребує детального аналізу забезпеченості, частотності використання та рейтингу важливості засобів навчання. Такий аналіз проведено Інститутом засобів навчання АПН України [2].

#### **Аналіз вартості кабінету фізики**

Виходячи з того, що фінансування оснащення кабінету фізики обладнанням загального призначення (меблі, зашторювання вікон тощо) покладено на місцеві органи влади, розглянемо вартість кабінету фізики з точки зору забезпечення обладнанням, яке необхідне для виконання навчальних планів і відноситься до індустрії ЗН. В цьому випадку вартість кабінету ( $C_k$ ) складається з вартості робочих місць ( $nC_{pm}$ ), і вартості демонстраційного обладнання ( $C_{до}$ ):

$$C_k = C_{до} + n \cdot C_{pm}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість робочих місць в кабінеті фізики,

$C_{pm}$  – вартість одного робочого місця, обладнання якого забезпечує проведення всіх фронтальних лабораторних робіт (ФЛР), що передбачені державною компонентою навчальних планів, тобто

$$C_{pm} = \sum_{i=1}^m C_{ipm}$$

де  $m$  – кількість ФЛР,

$i$  – номер фронтальної лабораторної роботи.

Для врахування можливості використання певної кількості приладів та обладнання, призначеного для виконання ФЛР, для використання у демонстраційному експерименті (ДЕ), введемо поняття відносної вартості одного робочого місця учня ( $a_{pm}$ )

$$a_{pm} = \frac{C_{pm}}{C_{до}}.$$

З (1) маємо відносну вартість кабінету ( $B_K$ )

$$B_K = \frac{C_K}{C_{до}} = 1 + n \cdot a \quad (2)$$

Залежність вартості кабінету від кількості робочих місць (відносно вартості демонстраційного обладнання) при різних  $a$  наведено на рис.

6.

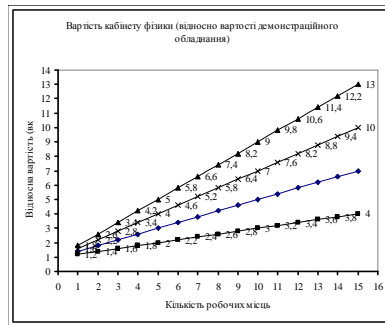


Рис. 6

Верхній графік побудовано для значення параметру  $a = 0,8$ .

Відносно вартості одного робочого місця маємо:

$$d_{рм} = \frac{C_K}{C_{рм}} = n + \frac{1}{a}$$

Залежність вартості кабінету від кількості робочих місць (відносно вартості одного робочого місця) при різних  $a$  наведено на рис. 7.

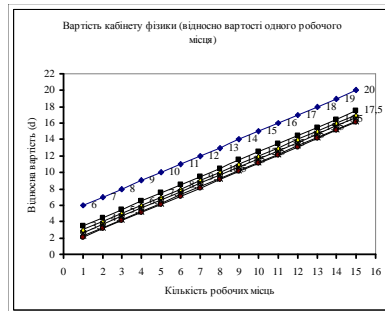


Рис. 7

Верхній графік побудовано для значення параметру  $a = 0,2$ .

Залежність відносної вартості демонстраційного обладнання від кількості робочих місць кабінету та різні значень  $a$  наведено на рис. 8.

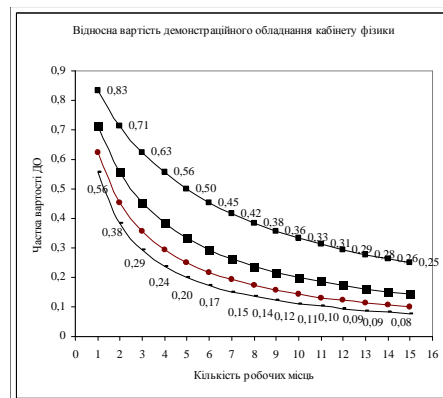


Рис. 8

Верхній графік відповідає  $a = 0,2$ .

Залежність відносної вартості робочого місця від кількості робочих місць кабінету та різних значень  $a$  наведено на рис. 9.

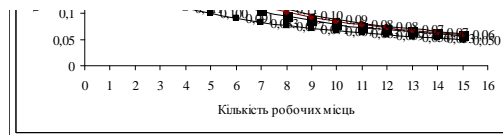


Рис. 9

Верхній графік для значення параметру  $a = 0,8$ .

Аналіз показує, що вартість кабінету суттєво залежить від кількості робочих місць та тієї частки обладнання для ФЛР, які можуть бути використані в процесі ДЕ. З рис. 9 можна побачити, що частка такого обладнання раціональна вже при  $a = 0,5$ . До такого обладнання багатопільового призначення можна віднести обладнання та прилади, розміри яких надають можливості використовувати їх як в ФЛР, та і в ДЕ, що має бути враховано під час визначення параметрів і технічних характеристик відповідного обладнання.

Аналогічний аналіз можна провести для тієї частки обладнання для ФЛР, яка може бути використана для проведення фізичного практикуму (ФП), вартість якого позначимо  $C_{\phi n}$ :

$$b_{\phi n} = \frac{C_{pm}}{C_{\phi n}}$$

Комплектація робочого місця учня для виконання ФП здійснюється за рахунок обладнання для ФЛР з залученням додаткового обладнання з різних комплектів для ФЛР. У цьому випадку значення параметру  $\epsilon$  може досягати  $0,95$ .

#### Проблема оптимізації переліку лабораторних робіт з фізики середньої школи

Оптимізація переліку фронтальних лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму може бути здійснена в напрямках:

1. Зменшення кількості фронтальних робіт за рахунок перенесення їх частини до демонстраційного використання та у галузь "Технології".
2. Зменшення робіт практикуму за рахунок вилучення робіт інженерного спрямування (наприклад, тих, що стосуються визначення параметрів технічних пристроїв).
3. Запровадження лабораторних робіт у моделюючих середовищах на базі спеціально розроблених педагогічних програмних засобів (ППЗ).
4. Формування фізичного практикуму з робіт, які є розширенням фронтальних лабораторних робіт у напрямках:
  - збільшення параметрів, що визначаються / вивчаються;
  - визначення похибок вимірювань (у тому числі з використанням спеціалізованих програмних засобів);
  - графічного презентування результатів експериментів (у тому числі з використанням спеціалізованих програмних засобів);
  - графічного та аналітичного аналізу явищ, що вивчаються.
5. Уніфікації змісту та структури «Інструкцій для лабораторних робіт», «Інструкцій для робіт фізичного практикуму» для різних типів фронтальних робіт та робіт фізичного практикуму.
6. Всі фронтальні лабораторні роботи та роботи фізичного практикуму мають вивчати фізичні явища та процеси.
7. Роботи практикуму мають бути дослідницькими. Фізичний практикум, сформований як продовження фронтальних робіт, забезпечує наступність, поширення знань, вмінь та навичок, спрямований на формування дослідницької компоненти навчальної діяльності.

Все це надасть відчутного зменшення переліку обладнання. Але треба дотримуватися педагогічної доцільності зміни структури та складу переліку фронтальних робіт та практикуму.

Системоутворюючі фактори, що відображають педагогічну доцільність:

1. Відповідність змісту курсу фізики.
2. Відповідність рівневості, фаховій спрямованості.
3. Доступність для виконання робіт учнями відповідного вікового рівня.
4. Використання у наступній роботі навичок, що здобуті раніше (при виконанні попередніх робіт).
5. Усунення дублювання (у тому числі і у практикумі).

Результати досліджень надали змогу сформулювати такі висновки:

1. Низька ймовірність можливості проведення лабораторних та практичних робіт з фізики, біології та хімії не забезпечує досягнення освітніх цілей, які закладені у навчальних планах загальноосвітніх навчальних закладів України.
2. Необхідна державна підтримка комплексних наукових досліджень, які мають бути спрямовані, в першу чергу, на оптимізацію переліків засобів навчання, що забезпечать можливість організації у загальноосвітніх навчальних закладах сучасного навчального середовища.
3. Перегляд змісту та структури обов'язкових лабораторних та практичних робіт доцільно, на наш погляд, здійснювати з урахуванням можливостей інформаційних і комунікаційних технологій.
4. Враховуючи великі матеріальні витрати, якими супроводжується розробка, виготовлення та впровадження нових засобів навчання, необхідне створення вітчизняної індустрії розробки, виготовлення та сервісного обслуговування засобів навчання.
5. Реалізація у системі шкільного навчального експерименту сучасних педагогічних, структурно-функціональних і техніко-технологічних можливостей має забезпечити створення і розвиток у загальноосвітніх навчальних закладах сучасного навчального середовища.

#### Список використаних джерел

1. Грабовецький Б.Є. Економічне прогнозування та планування: Навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.
2. Жук Ю.О. Засоби навчання як параметр освітнього простору // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 1. – С.13–18.
3. Крулехт М.В., Тельнюк И.В. Экспертные оценки в образовании: Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений. – М.: Издательский дом «Академия», 2002. – 112 с.



4. Савченко Н.Н. Техничко-экономический анализ проектных решений. Учебное издание. – Издательство «Экзамен», 2002. – 128 с.

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПО  
ФИЗИКЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

*Жук Ю. А.*

**Аннотация**

В статье рассмотрены технико-экономические проблемы производства лабораторных комплексов средств учения по физике общеобразовательной школы, оптимизации перечней средств обучения, приведен анализ стоимости кабинета физики средней школы.

**Ключевые слова:** средства обучения, лабораторные комплексы средств обучения, индустрия средств обучения, анализ стоимости кабинета физики.

**TECHNICAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF MANUFACTURE THE LABORATORY COMPLEXES OF MEANS OF EDUCATION ON  
PHYSICS  
IN THE COMPREHENSIVE SCHOOL**

*Zhuk Y. O.*

**Resume**

The paper deals with technical and economic problems of manufacturing the laboratory sets of educational means on physics for general education school, optimizing of the lists of teaching means; cost analysis for the cabinet of physics of secondary school is provided.

**Keywords:** means of training, laboratory complexes of means of training, the industry of means of training, the analysis of cost of a cabinet of physics.