

### **Система моделей планування розподілу професорсько-викладацьких кадрів вищих навчальних закладів**

Професорсько-викладацькі кадри (ПВК) вищих навчальних закладів I, II і I, III рівнів акредитації (далі, ВНЗ) є важливим ресурсом системи освіти, який в основному визначає ефективність і якість підготовки фахівців з вищою освітою для різних галузей економіки (в тому числі, педагогічних кадрів для різних типів навчальних закладів). Цей ресурс – кадровий потенціал ВНЗ, є визначальним суб'єктом неперервного загальноосвітнього і професійного розвитку цілісної особистості, забезпечує подальше формування почуттєвої сфери учнів або студентів (далі студентів), їхньої системи цінностей, інтелектуальних і морально-вольових якостей, загальних і професійних компетентностей.

Проте, ефективність і якість підготовки фахівців у ВНЗ залежить не тільки від рівня науково-педагогічної кваліфікації ПВК ВНЗ, тобто, від їх якісного складу, не тільки від ступня досконалості організації начально-виховного процесу, будови відповідних педагогічних систем (передусім, методичних систем навчання і навчального середовища), але й від того, як цими кадрами ВНЗ забезпечені в кількісному вимірі, тобто, від співвідношення студент-викладач, яке за відомих причин, що в цій роботі не обговорюються, має бути різним для різних спеціальностей підготовки. Саме цей показник в основному зумовлює рівень потенційного цілеспрямованого впливу викладача на процес духовного та інтелектуального розвитку студентів.

Чисельність ПВК є одним із важливих параметрів планування розвитку і аналізу функціонування як окремих ВНЗ, так і системи підготовки різних категорій фахівців в цілому по країні.

Спочатку зупинимось на соціально-економічній сутності задачі забезпеченості зазначених типів навчальних закладів ПВК.

В соціально-економічному аспекті галузевий штатний норматив, з одного боку, фактично встановлює рівень інтенсивності праці ПВК в цілому в системі освіти (СО), а з іншого, є досить ефективним регулятором розподілу трудових ресурсів між галузями економіки.

Практика планування цього показника, що склалася (і, на жаль ще значною мірою зберігається потепер), зводиться до спрощених розрахунків, що базуються на використанні жорстко заданого галузевого штатного нормативу, який встановлює у ВНЗ співвідношення чисельності студентів на одного викладача. Тобто, на практиці чисельність ПВК (як за державним замовленням, так і за контрактним набором студентів) планується державними органами управління освітою відповідності до затвердженого цілеформульованими системами держави [1] галузевого штатного нормативу – інтегрованого показника в цілому по СО.

В ряді робіт розглядалися інші підходи до розв'язування цієї задачі. Однак, за цих підходів зазначене питання розглядалося або односторонньо (наприклад, за навчальним навантаженням на одного викладача [2], за обсягами коштів, що витрачаються на освіту [3], за узагальненою якістю підготовки фахівців [4] та ін.) і тому в принципі не могло привести до прийняттого рішення, або, використовуючи принципи системного підходу, пропонувалися [5] значні зміни в функціях і структурі органів управління підготовки кадрів, застосовувалися велика кількість показників навчально-виховного процесу, що не включались до існуючої звітності, та складноформалізовані описи відношень між ними, вимагалися трудомісткі обчислення параметрів управління навчанням у ВНЗ і вищою освітою в цілому. Проте, головний недолік запропонованих моделей розв'язування цієї задачі полягав в тому, що в них не передбачалося врахування реального завантаження ПВК в конкретному ВНЗ. Тому ці моделі виявились неприйнятними в практиці планування і управління системою освіти.

Відсутність прийнятної методики розрахунку чисельності ПВК для ВНЗ призвело до того, що в багатьох випадках чисельність і якісний склад ПВК у ВНЗ практично формувалися емпірично, а планування здійснювалось від досягнутого. За цим підходом склалася картина, за якої різні ВНЗ виявились в неоднакових умовах відносно навчального навантаження ПВК, які викладають аналогічні дисципліни, і як наслідок, це проявилось у нерівнозначності оплати праці ПВК відносно питомої частки роботи, що вони виконували. Дійсно, заробітна плата ПВК (місячний посадовий оклад) у ВНЗ встановлюється для ПВК залежно від стажу їхньої роботи і

наявності відповідного наукового звання і вченого ступеня. При цьому передбачається, що за інших рівних умов (стаж роботи, наявність наукового звання і вченого ступеня), викладачі в різних ВНЗ повинні виконувати однакове (або досить наближене) нормативно-обумовлене (з точки зору ефективності і якості здійснення навчально-виховного процесу) навчальне навантаження. Якщо ця умова не виконується, то порушується не тільки прийнята для ПВК система оплати праці, але й не забезпечується найважливіший принцип забезпечення оплати за працею залежно від її кількості і якості, оскільки фактично за різний обсяг виконаної роботи (різну працю) ПВК отримують однакову заробітну плату. Крім того, цим самим штучно створюються умови для прояву різного рівня ефективності і якості здійснення навчально-виховного процесу в різних ВНЗ. Вочевидь, що такий стан не може бути визнаний прийнятним.

Вкажемо також на організаційно-педагогічні, науково-педагогічні та навчально-методичні наслідки, що відбуваються в конкретному ВНЗ при змінах (в розумних межах) значення штатного нормативу при заданому рівні ефективності і якості навчально-виховного процесу. З одного боку, *зниження* штатного нормативу націлює ПВК і органи управління освітою на подальше вдосконалення організації і здійснення навчально-виховного процесу (розвиток науково-методичного забезпечення навчально-виховного процесу, впровадження передового педагогічного досвіду, осучаснення змісту та застосування інноваційних педагогічних технологій, зокрема, технологій дистанційного навчання, використання сучасних засобів навчання та комп'ютерно орієнтованого навчального середовища, збільшення часу на підготовку викладачів до занять, підвищення обсягів самостійної підготовки учнів та ін.). З іншого боку, *підвищення* нормативу забезпечує ПВК більші можливості (в межах передбаченого загального робочого часу) для проведення навчально-методичної, науково-дослідницької, організаційно-педагогічної роботи, а також виховної роботи зі студентами.

Безумовно, зазначені наслідки впливу значення штатного нормативу варто визнати позитивними щодо педагогічних цілей навчання і виховання студентів. Проте, як було наведено, ці позитивні впливи відбуваються як при зменшенні, так і при підвищенні значення штатного нормативу, що вказує на наявність деякого *оптимального* (за певними критеріями і обмеженнями) значення штатного нормативу кадрового забезпечення навчального закладу ПВК, яке задовольняє умову максимально можливої (найкращої) ефективності і якості підготовки в ВНЗ фахівців різних спеціальностей, а планування значення цього нормативу відбувається з урахуванням реального навантаження певного викладача у конкретному ВНЗ, їх розподілу в ВНЗ.

Таким чином, можна констатувати, що з точки зору педагогічних цілей і задач освіти застосування галузевого штатного нормативу є прийнятним при плануванні розвитку СО в цілому на державному рівні управління. В той же час, застосування однакового або такого, що склався історично, штатного нормативу для різних ВНЗ є неприпустимим за причин, що наведені вище.

Це призводить до постановки задачі, за якою загальна чисельність ПВК в СО, що затверджується відповідно до галузевого штатного нормативу, підлягає розподілу між ВНЗ залежно від реально виконуваної ПВК роботи в даному ВНЗ. Іншими словами, виходячи із заданого значення галузевого штатного нормативу, для кожного ВНЗ встановлюється свій, якомога наближений до оптимального штатний норматив, обчислений на основі реального навантаження ПВК в даному ВНЗ.

Саме шляхи розв'язання цієї задачі є предметом подальшого розгляду.

Відмітимо деякі особливості оцінки трудомісткості роботи ПВК. У ВНЗ ПВК здійснюють досить різноманітну діяльність, що важко піддається класифікації та обліку. При цьому детальна фіксація всіх робіт, що виконують ПВК, тільки ускладняє облік і призводить до необхідності розробки великої кількості нормативів, що пов'язані із змістом викладацької праці у всьому її різноманітті та з урахуванням всіх її особливостей.

Для того, щоб якомога зменшити труднощі планування та обліку робіт, що виконують ПВК, кожна з них зазвичай відносять до однієї з попередньо встановлених укрупнених видів діяльності. Так, для ВНЗ, наприклад, визначено п'ять видів діяльності ПВК: навчальна, навчально-методична, науково-дослідницька, організаційно-методична та виховна. Причому, всі зазначені види діяльності, окрім навчальної, досить складно піддаються нормуванню і обліку.

Тому, зазвичай, встановлюють деяке співвідношення між трудомісткістю навчальної роботи і сумарною трудомісткістю всіх інших видів діяльності ПВК, яке типово беруть рівним 0,5. При цьому припускається, що в межах робочого часу викладача сумарна трудомісткість його завантаження розподілена за часом рівномірно і що половину всього робочого часу кожен викладач витрачає на навчальну роботу. Таке припущення в середньому досить близько узгоджується з практикою.

Що стосується співвідношення між іншими видами діяльності ПВК (крім навчальної), то ці співвідношення встановлюються в кожному конкретному ВНЗ (типово на факультетах, в інститутах або на кафедрах) практично індивідуально для кожного викладача з врахуванням рівня його науково-педагогічної кваліфікації, фаху, стажу роботи, віку, схильностей, характеру та об'єму громадської роботи, що здійснюється ним та ін.

Враховуючи зазначені припущення і особливості оцінки трудомісткості роботи ПВК в ВНЗ, можна зробити висновок, що розрахунок трудомісткості викладацької праці можливий тільки з врахуванням обсягу навчальної роботи, яку виконують ПВК.

Перейдемо до формальної постановки задачі.

Об'єм навчальної роботи, що здійснюють ПВК у ВНЗ, можна визначити, якщо відомі (з необхідним ступенем деталізації) структура навчальних планів підготовки майбутніх фахівців і структура навчальних одиниць в кожному ВНЗ (в тому числі структура прийому студентів на перший курс). Формування обох структур розглянемо окремо.

Будемо називати навчальною роботою пару < навчальна дисципліна – навчальна одиниця >, де під навчальною одиницею розуміється потік, група, підгрупа, студент, тобто різні угруповання учнів, що утворюються залежно від найменування навчальної дисципліни та виду навчальної роботи. Більшість таких пар визначається навчальним планом ВНЗ.

Як правило, один викладач веде одну або кілька навчальних дисциплін (предметів) в одній або кількох (у більшості випадків) навчальних одиницях, тобто один викладач виконує кілька робіт. Множина навчальних робіт, що виконуються одним викладачем, і визначає його навчальне навантаження.

У процесі навчання використання тої або іншої множини типів навчальних одиниць здійснюється відповідно до психолого-педагогічних вимог щодо навчання різних навчальних дисциплін і виконання різних видів навчальної роботи. В свою чергу, склад навчальних дисциплін визначається обранням фахом і освітньо-кваліфікаційним рівнем, за яким здійснюється підготовка студентів, тобто спеціальністю за освітою.

Що стосується видів навчальної роботи, то, залежно від особливостей оцінки трудовитрат ПВК, умовно об'єднаємо види навчальної роботи у дві групи: аудиторні і неаудиторні. До першої групи відносяться: лекції, семінарські, лабораторні і практичні заняття, трудомісткість яких може бути безпосередньо визначена в академічних годинах з навчального плану ВНЗ стосовно кожної пари < навчальна дисципліна – навчальна одиниця >. До групи неаудиторних видів навчальної роботи відносяться роботи, пов'язані з керівництвом курсовими і дипломними (випускними) проектами (роботами), а також з проведенням заходів щодо забезпечення рубіжного і підсумкового контролю (вимірювання) рівня навчальних досягнень студентів – екзаменів (в тому числі державних), заліків, колоквиумів та ін. Підрахувати трудомісткість цих видів робіт на підставі тільки навчального плану неможливо. Тому з метою забезпечення можливості визначення сумарної трудомісткості навчальної роботи директивно встановлюють нормативну трудомісткість для кожного виду неаудиторних робіт – час, що необхідний ПВК для виконання відповідного виду неаудиторної роботи на одну навчальну одиницю (як правило, на одного студента). Тоді трудомісткість і цих неаудиторних видів робіт для однієї навчальної одиниці може бути також безпосередньо визначена в годинах на основі навчального плану ВНЗ.

Нарешті, оскільки планування навчальної роботи здійснюється за роками навчання, необхідним параметром структури навчального плану є курс (семестр) навчання. При цьому припустимо, що структура навчальних планів у всьому запланованому періоді не змінюється.

Нижче наведено формальний опис системи моделей (СМ) планування розподілу ПВК в ВНЗ.

Обсяг навчальної роботи, яку виконують ПВК в ВНЗ, можна визначити, якщо відомі (з необхідним ступенем деталізації) структура навчальних планів підготовки контингенту ВНЗ (студентів, слухачів та ін.) і структура навчальних одиниць в кожному ВНЗ (в тому числі

структура прийому студентів на перший курс ВНЗ). Формування обох цих структур розглянемо окремо.

Структуру навчального плану для кожній  $j$ -ої спеціальності подамо у вигляді масиву  $Q_{HO}(j, p, w, l)$ , де  $j$  – номер спеціальності підготовки;  $p$  – номер навчальної дисципліни;  $w$  – номер виду навчальної роботи;  $l$  – рік навчання. Кожен елемент масиву  $Q_{HO}(j, p, w, l) = q_{jpw l}$  визначає трудомісткість виконання навчальної роботи виду  $w$  з  $p$ -ої навчальної дисципліни на  $l$ -му курсі для кожної  $j$ -ої спеціальності підготовки контингенту ВНЗ (далі, спеціальності) для однієї навчальної одиниці.

Формування структури навчального плану здійснюється для кожної  $j$ -ої спеціальності. При цьому, використовуючи дані, закладені в навчальний план, спочатку формують

$$\text{масив } U_{HT}(j, l''), \quad j = \overline{1, J}, \quad l'' = \overline{1, L'}, \quad (1)$$

де кожний елемент масиву дорівнює кількості навчальних тижнів для кожної  $j$ -ої спеціальності в семестрі  $l''$ ;  $L'$  – кількість семестрів навчання для  $j$ -ої спеціальності;

$$\text{масив } Q_{HO}^C(j, p, w'), \quad j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad w' = \overline{1, W'}, \quad (2)$$

де кожний елемент масиву визначає трудомісткість виконання аудиторних робіт виду  $w'$  для кожної  $j$ -ої спеціальності та  $p$ -ої дисципліни за весь термін навчання у ВНЗ для однієї навчальної одиниці;  $w'$  – номер виду аудиторної навчальної роботи;  $W'$  – кількість видів аудиторної учбової роботи для кожної  $j$ -ої спеціальності та  $p$ -ої дисципліни;

$$\text{масив } Q_{HO}^{HT}(j, p, l'), \quad j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad l' = \overline{1, L'}, \quad (3)$$

де кожний елемент масиву визначає трудомісткість виконання аудиторних видів робіт для кожної  $j$ -ої спеціальності та  $p$ -ої дисципліни в  $l'$ -му семестрі за один навчальний тиждень і для однієї навчальної одиниці:

$$\text{масив } U_{HP}(j, p, l', w''), \quad j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad l' = \overline{1, L'}, \quad w'' = \overline{1, W''}, \quad (4)$$

де кожен елемент масиву дорівнює кількості неаудиторних робіт виду  $w''$  для кожної  $j$ -ої спеціальності та  $p$ -ої дисципліни в  $l'$ -му семестрі;

$$\text{масив } N_q(p, w''), \quad p = \overline{1, P}, \quad w'' = \overline{1, W''}, \quad (5)$$

де кожний елемент масиву дорівнює нормативній (на одну навчальну одиницю) трудомісткості виконання неаудиторної навчальної роботи виду  $w''$  для  $p$ -ої дисципліни.

Далі, використовуючи (1)-(3), знаходимо трудомісткість виконання аудиторних видів робіт в кожному семестрі навчання для однієї навчальної одиниці:

$$Q_{HO}(p, w', l') = \frac{Q_{HO}^C(j, p, w') U_{HT}(j, l') Q_{HO}^{HT}(j, p, l')}{\sum_{l'=1}^{L'} U_{HT}(j, l') Q_{HO}^{HT}(j, p, l')}, \quad j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad w' = \overline{1, W'}, \quad l' = \overline{1, L'}, \quad (6)$$

а також, використовуючи (6), трудомісткість виконання аудиторних видів робіт на кожному курсі навчання для однієї навчальної одиниці:

$$Q_{HO}(j, p, w', l) = \sum_{l'=2l-1}^{2l} Q_{HO}(j, p, w', l'), \quad l' = \overline{1, L'}. \quad (7)$$

Далі, використовуючи (4) і (5), отримуємо структуру навчального плану для кожної  $j$ -ої спеціальності:

$$Q_{HO}(j, p, w'', l) = \sum_{l'=2l-1}^{2l} N_q(p, w'') U_{HP}(j, p, l', w''), \quad j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad w'' = \overline{1, W''}, \quad l = \overline{1, L}. \quad (8)$$

І нарешті, на основі (7) і (8) отримуємо структуру навчального плану для кожної  $j$ -ої спеціальності:

$$Q_{HO}(j, p, w, l) = Q_{HO}(j, p, w', l) + Q_{HO}(j, p, w'', l), \\ j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad l = \overline{1, L}, \quad w' = \overline{1, W'}, \quad w'' = \overline{1, W''}, \quad w = \overline{1, W}, \quad W = W' + W''.$$

На практиці для ряду навчальних дисциплін директивно встановлюються обмеження на максимальний об'єм навчального навантаження ПВК, які навчають цих дисциплін. Назвемо такі навчальні дисципліни дисциплінами з обмеженнями навантаження. Для відображення і подальшого врахування цієї особливості об'єднаємо навчальні дисципліни в  $K$  груп. При цьому, навчальні дисципліни входять в ту або іншу групу за ознакою рівності максимально-допустимого об'єму навчального навантаження за цих дисциплін або відсутності будь-яких обмежень на її максимальний об'єм.

Належність кожної  $p$ -ї дисципліни до  $k$ -ї групи відобразимо масивом  $Z(p, k)$ , де кожний елемент масиву

$$z_{pk} = \begin{cases} 1 & \text{– якщо } p\text{-а дисципліна входить до } k\text{-ої групи;} \\ 0 & \text{– в протилежному випадку.} \end{cases}$$

Введемо до розгляду масив  $C(w, m)$ , в якому кожен елемент масиву

$$c_{wm} = \begin{cases} 1 & \text{– якщо } w\text{-й вид навчальної роботи виконується з } m\text{-им видом} \\ & \text{навчальної одиниці;} \\ 0 & \text{– в протилежному випадку.} \end{cases}$$

Тоді, з урахуванням відмічених особливостей, трудомісткість виконання навчального плану для кожної  $j$ -ої спеціальності на  $l$ -му курсі для  $k$ -ої групи навчальних дисциплін для кожного  $m$ -го виду навчальної одиниці буде

$$Q_{HO}(j, l, k, m) = \sum_{p=1}^P \sum_{w=1}^w q_{jpw} z_{pk} c_{wm}, \quad j = \overline{1, J}, \quad l = \overline{1, L}, \quad k = \overline{1, \dots, k_0, \dots, K}, \quad m = \overline{1, 4}, \quad (9)$$

де  $p$  – кількість навчальних дисциплін, що вивчаються на  $j$ -ій спеціальності;  $w$  – кількість видів навчальної роботи, що проводиться за дисциплінами, які вивчаються за  $j$ -ої спеціальності;  $L$  – кількість років навчання за  $j$ -ої спеціальності;  $J$  – кількість всіх спеціальностей, за якими ведеться підготовка в ВНЗ;  $k_0$  – номер групи навчальних дисциплін, на які не накладаються обмеження навчального навантаження;  $m$  – номер навчальної одиниці у списку всіх видів навчальних одиниць.

Структура спеціальностей для кожного  $i$ -го ВНЗ на  $l$ -му курсі в році  $t$  може бути задана таким масивом (визначається на основі описаної нижче структури контингенту студентів ВНЗ):  $B(i, j, l, t)$ , в якому кожний елемент масиву

$$b_{ijlt} = \begin{cases} 1 & \text{– якщо в } i\text{-му ВНЗ на } l\text{-му курсі і році } t \text{ здійснюється} \\ & \text{підготовка на } j\text{-ій спеціальності;} \\ 0 & \text{– в протилежному випадку.} \end{cases} \quad (10)$$

З урахуванням (9) і (10) можна знайти трудомісткість виконання навчального плану в  $i$ -му ВНЗ для  $k$ -ої групи навчальних дисциплін в році  $t$  для кожного  $m$  – виду навчальних одиниць

$$Q_{HO}(i, k, m, t) = \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Q_{HO}(j, l, k, m) CB(i, j, l, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad k = \overline{1, K}, \quad m = \overline{1, 4}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (11)$$

де  $I$  – кількість всіх ВНЗ одного типу (університети, коледжі та ін.), для яких здійснюються розрахунки;  $T$  – кількість років в плановому періоді.

Для знаходження повної трудомісткості навчальної роботи, що проводиться в  $i$ -му ВНЗ з  $k$ -ої групи дисциплін в році  $t$ , необхідно знати кількість всіх навчальних одиниць в кожному ВНЗ за роками планового періоду. Це можливо, якщо відома структура навчальних одиниць в кожному ВНЗ на кожній  $j$ -ій спеціальності в році  $t$  в розрізі курсів (семестрів) навчання і видів навчальних одиниць. В свою чергу, цю структуру можна визначити, якщо відомі дані про структуру контингенту студентів в розрізі спеціальностей за освітою та курсів (семестрів) навчання для кожного  $i$ -го ВНЗ в році  $t$ , а також відомі межі (максимальна і мінімальна) наповнюваності навчальних одиниць кожного виду в розрізі спеціальностей. Нарешті, необхідною умовою для визначення структури контингенту студентів є наявність відомостей

про структуру прийому студентів на перший курс в кожний ВНЗ у розрізі спеціальностей за роками планованого періоду.

Якщо структура прийому студентів у визначених вище розрізах задана, то структуру контингенту студентів можна знайти, описавши динаміку руху контингенту студентів за роками планового періоду.

Відповідно до [1], рівняння динаміки контингенту студентів ВНЗ, що навчаються на кожній  $j$ -ій спеціальності, мають вигляд (індекс  $j$  для спрощення запису опущений):

$$g_l(t) = a_l(t), \quad l = 1;$$

$$g_l(t) = g_{l-1}(t) \bar{\alpha}_{l-1}(t-1) (1 - d_{l-1}^-(t-1) + d_{l-1}^+(t-1)) + g_l(t-1) (1 - d_l^-(t-1) + d_l^+(t-1) (1 - \bar{\alpha}_l(t-1))), \quad (12)$$

$$l = \overline{2, L}, \quad t = \overline{1, T},$$

де  $g_l(t)$  – кількість студентів на  $l$ -му курсі в році  $t$ ;  $\alpha_l(t)$  – коефіцієнт переходу студентів з  $l$ -го на  $(l+1)$ -й курс в році  $t$ ;  $d_l^-(t)$ ,  $d_l^+(t)$  – коефіцієнти вибування і прийому студентів на  $l$ -й курс в році  $t$ ;  $a_l(t)$  – кількість студентів, яких потрібно прийняти на перший курс в році  $t$ .

Варто відмітити, що з метою підвищення точності розрахунків контингенту студентів на плановий період для  $l \leq L$  значення  $g_l(t)$  можна отримати, користуючись даними регулярної статистичної звітності ВНЗ про реальні контингенти студентів. Однак очевидно, що такий шлях неприйнятний, коли горизонт планування перевищує термін навчання в ВНЗ.

Оскільки зазвичай  $d_l^-(t) \approx d_l^+(t) \square 1$  і ці дані відсутні у відповідній статистичній звітності, то з достатньою для практики точністю вираз (12) можна записати так:

$$g_l(t) = a_l(t), \quad l = 1;$$

$$g_l(t) = g_{l-1}(t) \bar{\alpha}_{l-1}(t-1) + g_l(t-1), \quad l = \overline{2, L}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (13)$$

При цьому для  $l > L$  рівняння (12) і (13) описують динаміку випусків фахівців з ВНЗ.

Використовуючи (12), структуру контингенту студентів ВНЗ подамо масивом  $G(i, j, l, t)$ , де кожний елемент масиву  $g_{ijlt}$  дорівнює кількості студентів в  $i$ -му ВНЗ, які навчаються на  $l$ -му курсі на кожній  $j$ -ій спеціальності в році  $t$ . Аналогічно позначимо структуру прийомів студентів на перший курс ВНЗ –  $A(i, j, t)$ .

Тоді кількість студентів, що навчаються в  $i$ -му ВНЗ в році  $t$ , буде:

$$G_c(i, t) = \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L g_{ijlt}, \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (14)$$

а учнів в усіх ВНЗ в році  $t$  буде:

$$G(t) = \sum_{i=1}^I G_c(i, t), \quad t = \overline{1, T}. \quad (15)$$

Максимальна  $N_{HO}^{max}(j, p, m)$  та мінімальна  $N_{HO}^{min}(j, p, m)$  наповнюваності навчальних одиниць звичайно задаються директивно для кожної  $j$ -ої спеціальності,  $p$ -ої дисципліни і для всіх  $m$  видів навчальних одиниць ( $m=1$  – потік,  $m=2$  – група,  $m=3$  – підгрупа,  $m=4$  – студент). Їх значення приймаються однаковими для всіх ВНЗ, робота яких планується.

Тоді структуру навчальних одиниць в розрізі спеціальностей за освітою можна подати масивом  $U(i, j, p, l, m, t)$ , в якому кожний елемент  $u_{ijplmt}$  дорівнює кількості  $m$ -го виду навчальних одиниць, що будуть створені для студентів  $i$ -го ВНЗ, які навчаються на  $l$ -му курсі на  $j$ -ій спеціальності при вивченні ними  $p$ -ої дисципліни в році  $t$ .

Для знаходження значень елементів цього масиву введемо до розгляду допоміжний масив  $V(i, j, p, l, m, t)$ , в якому кожний елемент

$$V_{ijplmt} = \left\lfloor g_{ijlt} / N_{HO}^{max}(j, p, m) \right\rfloor, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad p = \overline{1, P}, \quad l = \overline{1, L}, \quad m = \overline{1, 4}, \quad t = \overline{1, T},$$

де  $\lfloor x \rfloor$  – ціла частина  $x$ .

При цьому  $V_{ijplmt} N_{HO}^{max}(j, p, m) \leq g_{ijlt}$ .

Кожний елемент масиву  $U(i,j,p,l,m,t)$ , що описує структуру навчальних одиниць, утворюється з відповідного елемента допоміжного масиву  $V(i,j,p,l,m,t)$  за таким правилом (індекси для спрощення запису опущені):

$$u = \begin{cases} v - \text{якщо } vN_{HO}^{max} = g; \\ v - \text{якщо } vN_{HO}^{max} < g \text{ і } vN_{HO}^{max} + (v+1)N_{HO}^{min} \geq 2g; \\ v+1 - \text{якщо } vN_{HO}^{max} < g \text{ і } vN_{HO}^{max} + (v+1)N_{HO}^{min} < 2g. \end{cases}$$

При цьому кількість навчальних одиниць, які будуть утворені в  $i$ -му ВНЗ в році  $t$  буде:

$$U_{HO}(i, m, t) = \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L U_{ijplmt}, \quad i = \overline{1, I}, \quad m = \overline{1, 4}, \quad t = \overline{1, T}. \quad (16)$$

Тоді, використовуючи (16) і (11), повна трудомісткість виконання навчального плану  $i$ -м ВНЗ в році  $t$  буде:

$$\begin{aligned} Q_{HP}(i, t) &= U_{HO}(i, m, t) Q_{HO}(i, k, m, t) = Q'_{HP}(i, t) + Q''_{HP}(i, t) = \\ &= U_{HO}(i, m, t) \left[ Q_{HO}(i, k_0, m, t) + \sum_{k=1}^K Q_{HO}(i, k, m, t) \right], \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}, \end{aligned} \quad (17)$$

де  $Q'_{HP}(i, t) = U_{HO}(i, m, t) Q_{HO}(i, k_0, m, t)$  – трудомісткість виконання навчального плану  $i$ -м ВНЗ в році  $t$  за дисциплінами без обмеження навчального навантаження;  $Q''_{HP}(i, t) = U_{HO}(i, m, t) \sum_{k=1}^K Q_{HO}(i, k, m, t)$  – трудомісткість виконання навчального плану  $i$ -м ВНЗ в році  $t$  за дисциплінами з обмеженнями навчального навантаження; тут  $k = \overline{1, K-1}$ , оскільки існує тільки одна група ( $k_0$ ) навчальних дисциплін, на які не накладаються обмеження навчального навантаження.

Таким чином, для будь-якої  $k$ -ої групи навчальних дисциплін з обмеженнями навчального навантаження трудомісткість виконання навчального плану  $i$ -м ВНЗ в році  $t$  визначається виразом

$$Q''_{HP}(i, k, t) = U_{HO}(i, m, t) Q_{HO}(i, k, m, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}, \quad k = \overline{1, K-1}, \quad k \in \mathbb{N}_0. \quad (18)$$

Тоді, якщо в році  $t$  для кожної  $k$ -ої групи навчальних дисциплін з обмеженнями навчального навантаження задані ці обмеження для одного викладача, то кількість ПМК для кожного  $i$ -го ВНЗ в році  $t$ , які будуть навчати дисциплін з обмеженнями навчального навантаження, можна визначити так:

$$\Pi''(i, t) = Q''_{HP}(i, k, t) / H(k, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (19)$$

а для всіх ВНЗ

$$\Pi''(t) = \sum_{i=1}^I \Pi''(i, t), \quad t = \overline{1, T}, \quad (20)$$

де  $H(k, t)$  – максимальний об'єм навантаження ПМК (в годинах) для  $k$ -ої групи навчальних дисциплін з обмеженнями навчального навантаження в році  $t$ .

Якщо заданий галузевий штатний норматив  $N_{HP}(t)$ , за яким встановлюється для кожного року  $t$  кількість студентів ВНЗ на одного викладача, то з врахуванням (15) загальна чисельність ПМК для всіх ВНЗ в році  $t$  буде

$$\Pi(t) = G_c(t) / N_{HP}(t), \quad t = \overline{1, T}. \quad (21)$$

Тоді, використовуючи (21) і (20), чисельність ПМК, що необхідна для всіх ВНЗ в році  $t$  для навчання дисциплін без обмеження навчального навантаження, буде:

$$\Pi'(t) = \Pi(t) - \Pi''(t). \quad (22)$$

Якраз ця чисельність ПМК і підлягає подальшому розподілу відповідно до трудомісткості виконання навчального плану кожним  $i$ -им ВНЗ в році  $t$ .

Використовуючи (22) і (17), чисельність ПМК, необхідна кожному  $i$ -му ВНЗ в році  $t$  для навчання дисциплін без обмеження навчального навантаження, буде:

$$\Pi'(i, t) = \Pi'(t) Q'_{HP}(i, t) / \sum_{i=1}^I Q'_{HP}(i, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}. \quad (23)$$

Нарешті, враховуючи (23) і (19) визначимо загальну чисельність ПБК для кожного  $i$ -го ВНЗ в році  $t$ :

$$\Pi(i, t) = \Pi'(i, t) + \Pi''(i, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (24)$$

Іноді, загальну чисельність ПБК визначають для ВНЗ, встановлюючи, на підставі (14) і (24), в році  $t$  значення штатних нормативів для кожного  $i$ -го ВНЗ:

$$N_{III}(i, t) = G(i, t) / \Pi(i, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}. \quad (25)$$

Відмітимо ще одну можливість, що відкривається за наведеним тут підходом до розрахунку плану розподілу ПБК ВНЗ.

Зазвичай весь професорсько-викладацький персонал ВНЗ підрозділяють за рівнем науково-педагогічної кваліфікації на професорський (професори, доценти) та викладацький (викладачі, асистенти). Якщо задати співвідношення між об'ємами навчального навантаження, що виконують окремо професорський і викладацький персонал (в частках або відсотках) за кожним видом навчальної роботи, то план розподілу ПБК ВНЗ можна отримати окремо за професорським і за викладацьким персоналом.

Ці співвідношення задамо масивом  $R(w, n)$ , в якому кожний елемент масиву  $r(w, n)$  дорівнює частці навчального навантаження, що виконується професорським ( $n=1$ ) і викладацьким ( $n=2$ ) персоналом стосовно  $w$ -го виду навчальної роботи.

Тоді вираз (6) запишемо так:

$$Q_{HO}(j, l, k, m, n) = \sum_{p=1}^P \sum_{w=1}^W q_{jpw} z_{pk}^c z_{wm} z_{wn}, \quad (26)$$

$$j = \overline{1, J}, \quad l = \overline{1, L}, \quad k = \overline{1, \dots, k}, \dots, \overline{K}, \quad m = \overline{1, 4}, \quad n = 1, 2.$$

Далі, міркуючи аналогічно описаному вище, можна показати, що всі масиви, які описуються виразами (11), (17)-(20) і (23)-(25), будуть містити змінну  $n$ , що дозволяє врешті решт отримати план розподілу ПБК ВНЗ окремо для професорського і для викладацького персоналу. При цьому, загальна чисельність ПБК для кожного  $i$ -го ВНЗ в році  $t$  буде:

$$\Pi(i, t) = \sum_{n=1}^2 \Pi(i, n, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T},$$

а значення штатного нормативу для кожного  $i$ -го ВНЗ в році  $t$  буде:

$$N_{III}(i, t) = \sum_{n=1}^2 N_{III}(i, n, t), \quad i = \overline{1, I}, \quad t = \overline{1, T}.$$

На рис.1 наведена логіко-функціональна схема (ЛФС) системи моделей планування розподілу ПБК ВНЗ.

Склад вхідних параметрів моделей об'єкту управління (МОУ) і моделей оточуючого середовища (МОС), які входять до системи моделей (СМ), що розглядається, наведений в табл.1, а склад вихідних параметрів цих моделей – в табл. 2.

Параметри 1,2,4,6,7 і 8 (номери параметрів відповідають номерам на рис.1) є некерованими (нормативними) параметрами СМ, що розглядається. Значення цих параметрів зберігаються у підбазі нормативно-довідкових даних галузевого автоматизованого банку даних (АБД), куди вони завантажуються з МОС.

Параметри 2 і 5 – керовані вхідні параметри СМ. Їх значення визначаються за допомогою інших моделей процесу управління (МПУ), наприклад, параметр 5 визначається в моделі планування прийому студентів до ВНЗ, і передаються за допомогою АБД (де зберігаються параметри МОУ) до даної СМ в якості параметрів бажаного або планового стану об'єкта управління.

Параметри 12,13,16 і 17 є основними вихідними параметрами СМ, що розглядається. Їх сукупність відображає цілі розв'язування задачі розрахунку плану розподілу ПБК ВНЗ. Однак в процесі розрахунку основних параметрів виникає потреба визначення цілого ряду допоміжних величин, деякі з яких виявляються (як і основні параметри) необхідними вхідними параметрами інших МПУ. Тому ці допоміжні величини є тут допоміжними вихідними параметрами СМ ПБК ВНЗ – параметри 9,10,11,14 і 15.

Значення всієї сукупності вихідних параметрів СМ ПБК ВНЗ завантажуються до АБД в якості параметрів бажаного і планового стану об'єкта управління.



Зробимо ще кілька зауважень відносно системи моделей, що розглядається.

Забезпечення ефективності і якості підготовки кадрів з вищою освітою залежить не тільки від рівня кваліфікації, якісного складу та ступеня раціональності розстановки ПВК в ВНЗ, але й значною мірою визначається характером функціонування всієї системи підготовки і перепідготовки кадрів з вищою освітою, досягнутим рівнем тих соціально-економічних показників, які характеризують її функціонування. Це передусім такі показники, як плинність ПВК в межах окремих регіонів та СО в цілому, вибування ПВК в інші системи економіки та деякі інші. Покращення цих показників насправді означає зниження динаміки руху ПВК, що в свою чергу передбачає забезпечення достатньої стабільності структури ПВК в ВНЗ за рахунок зведення до мінімуму суб'єктивних чинників їх вибування.

Вимогу стабільності структури ПВК в ВНЗ можна подати такою моделлю:

$$\min \sum_i \sum_m \left( \Pi(i, m, t-1) - \Pi(i, m, t) \right)^2, \quad i = \overline{1, I}, \quad m = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (27)$$

де  $\mu$  – номер викладача у списку всіх ПВК ВНЗ.

Як було показано вище, структура ПВК у ВНЗ повністю визначається структурою навчального плану для кожній  $j$ -ої спеціальності та структурою контингенту студентів в кожному  $i$ -му ВНЗ в році  $t$ .

Вважаючи структуру навчального плану досить стабільною в інтервалі планування, вимога (27) забезпечується, якщо виконується така умова:

$$\min \sum_i \sum_j \sum_l \left( G(i, j, l, t-1) - G(i, j, l, t) \right)^2, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad l = \overline{1, L}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (28)$$

В свою чергу умова (28) забезпечується, якщо досягається

$$\min \sum_i \sum_j \left( A(i, j, t-1) - A(i, j, t) \right)^2, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (29)$$

Тобто, стабільність структури ПВК в основному визначається стабільністю структури прийомів (плану прийомів) студентів на перший курс ВНЗ. Ця структура є одним з вихідних параметрів моделі розрахунку плану прийому до ВНЗ.

Вочевидь, що загальна структура прийому до ВНЗ залежить від структури додаткової потреби галузей економіки того або іншого регіону в фахівцях з вищою освітою (для системи освіти – потреби в педагогічних кадрах). В окремих випадках (наприклад, при введенні у ВНЗ підготовки за новими спеціальностями або різкій зміні наповненості класів загальноосвітніх і професійно-технічних начальних закладів та ін.), структура додаткової потреби в кадрах з вищою освітою може помітно змінюватися. При цьому виконання умови (29) може досягатись, якщо додаткова потреба в педагогічних кадрах буде задовольнятися за рахунок випусків систем підготовки кадрів інших міністерств і відомств. Таким чином, умова (29) повинна розглядатись як один з можливих критеріїв оптимізації в моделі планування прийому до ВНЗ.

Література:

1. Биков В.Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: Монографія. – К.: Атіка, 2008. – 684 с.
2. Шорин В.Г. Учебный процесс и штаты вуза // Вестник высш. школы. – 1966. – № 10. – С.13-16.
3. Ушаков Г.И., Шуруев А.С. Планирование и финансирование подготовки специалистов. – М.: Экономика, 1980. – 168 с.
4. Дайновский А.Б. Экономика высшего образования. – М.: Экономика, 1976. – 156 с.
5. Кочурова Г.В. К вопросу об определении нормативов квалификационного уровня профессорско-преподавательского состава кафедры, факультета, вуза // Совершенствование организации и повышения эффективности труда: Тез. докл. и сообщ. межвед. конф. – Воронеж, 1977.