



## ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

**Худолій О.М.**

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

**Анотація.** У статті викладені основи методології педагогічного експерименту у фізичному вихованні і спорті.

**Ключові слова:** методологія, педагогічний експеримент.

### Основні поняття

*Експеримент* — метод дослідження у якому забезпечується можливість активного впливу на процеси, що вивчаються.

*Експериментальна ситуація* — умови здійснення експерименту.

*Незалежні змінні* — фактори, що контролюються в експерименті.

*Залежні змінні* — параметри, які відображають реакцію організму на подразник.

*Зовнішні змінні* — фактори, що підтримуються незмінними.

*Однофакторний експеримент* — експеримент у якому вивчається одна незалежна змінна.

*Багатофакторний експеримент* — експеримент у якому вивчається більше чим одна незалежна змінна.

### Експеримент, його специфіка і види

Характерною особливістю експеримента як спеціального емпіричного метода дослідження є те, що він забезпечує можливість активного практичного впливу на процеси, які вивчаються. Дослідник не обмежується пасивним спостереженням, а свідомо зміює природне протікання процесу. Він може ізольовано вивчати окремі явища, або змінювати умови в яких вони протікають.

Педагогічний експеримент є головним інструментом прийняття або спростування *гіпотези*

*дослідження*, або пошуку залежностей між величинами, що описують навчально-тренувальний процес.

Під *експериментом* розуміють метод дослідження спрямований на перевірку науково обгрунтованого припущення про причинно-наслідкові зв'язки умов навчання, тренування і очікуваних наслідків. Суттєвою ознакою експерименту є наявність *гіпотези* яку треба прийняти або спростувати. Це в свою чергу вимагає змодельювати *експериментальну ситуацію*.

Під *експериментальною ситуацією* розуміють такі умови здійснення експерименту, за яких експериментатор отримує можливість прийняти або спростувати гіпотезу дослідження.

#### *Структура експерименту*

**Перша стадія.** *Теоретичний аналіз, підготовка експериментальної ситуації.* На першій стадії встановлюють *мету* експерименту, яка полягає в перевірці гіпотези або пошуку залежності між складовими процесу підготовки.

У процесі формулювання *мети* експерименту:

- точно вказують, які наслідки гіпотез підлягають експериментальній перевірці;
- визначають у якій формі (якісній чи кількісній) наслідки необхідно представити;
- точно визначають ті суттєві фактори від яких залежить результат експерименту;
- виявляють ті фактори, які стабілізуються в експерименті.

Власно експериментальне дослідження

**Друга стадія.** *Власно експериментальне дослідження.* Включає в себе контроль над проведенням, що забезпечує «чистоту», пов'язану з ізоляцією впливу факторів, які можуть суттєво змінити результат.

Умовно педагогічний експеримент на цій стадії ділиться на *три послідовних етапи*.

*Перший етап* — **констатувальний**. На цьому етапі у відповідності до логіки здійснення експерименту вирішенню підлягають такі завдання:

- відбір експериментальних та контрольних груп та вирівнювання основних умов проведення експерименту в них;
- вимірювання показників початкового рівня сформованості об'єктів, які вивчаються в експериментальних і контрольних групах і порівняння їх між собою.

*Другий етап* — **формувальний**. Під час його проведення навчально-тренувальний процес в ек-

спериментальних групах організується із запровадженням експериментального фактору, а в контрольних — без його застосування.

*Третій етап* — **контрольний**. На контрольному етапі вирішенню підлягає завдання виявлення динаміки показників рівня сформованості об'єктів вимірювання в експериментальних і контрольних групах і порівняння їх між собою. Вимірювання здійснюється за тими самими критеріями й показниками, що й на констатувальному етапі експерименту, та за допомогою тих самих методів (див. рис. 1).

**Третя стадія** експерименту пов'язана з інтерпретацією отриманих даних і статистичною обробкою



**Рис. 1.** Структура експерименту

результатів виміру відповідних величин, здійсненням перевірки статистичної гіпотези дослідження. Оформлення результатів дослідження.

Доцільно після проведення експериментального дослідження проводити його впровадження в практику, щоб перевірити ефективність одержаних результатів у масовій практиці за спеціально розробленою програмою.

**Класифікація експериментів** здійснюється за різними ознаками. За метою дослідження педагогічний експеримент ділиться на формувальний і констатувальний, за умовами проведення — на природний, лабораторний, модельний; за спрямованістю — абсолютний, порівняльний.

**Формувальний експеримент** передбачає розробку нового педагогічного положення у відповідності до висунутої гіпотези дослідження.

**Констатувальний експеримент** проводиться для перевірки впливу того чи іншого відомого чинника в нових умовах, з іншим контингентом. До цього типу експериментів відносяться і ті, що спрямовані на обґрунтування вже відомих в практиці фактів.

**Природний експеримент** характеризується незначними змінами звичайних умов навчання і розвитку рухових здібностей. У подібних експериментах умови проведення уроків є типовими, а зміст спеціально організованим.

**Лабораторний експеримент** відрізняється суворою стандартизацією умов проведення, що дозволяє максимально ізолювати учасників експерименту від впливу середовища.

В останні роки більш широко використовуються **модельні експерименти**, в яких замість реальних об'єктів експериментують з їх ідеальними образами і кількісними залежностями між ними, що виражаються за допомогою математичних функцій, рівнянь, систем рівнянь та інших абстрактних структур. Найбільш перспективним серед них є обчислювальний експеримент. Для проведення такого експерименту будується математична модель явища, що вивчається. Далі, змінюють параметри моделі і обчислюють різні варіанти і співставляють їх з реальними величинами. Варіант, який найбільш адекватно описує реальний процес, вибирається як оптимальний.

#### Однофакторний експеримент. Структура однофакторного педагогічного експерименту

Експеримент розглядається як упорядковане дослідження в якому дослідник безпосередньо змінює фактор, підтримуючи інші незмінними і спостерігає результати систематичних змін. Фактори, що контролюються в експерименті, називаються *незалежними змінними*, фактори, що

підтримуються незмінними, — *зовнішніми змінними*, а реакції організму — *залежними змінними*.

Експерименти в яких всі фактори, що впливають на об'єкт дослідження (крім одного), виявляються тотожними в експериментальному і контрольному класах називаються **однофакторними**.

Відомий англійський вчений Д. Мілль в ХІХ ст. запропонував при організації експерименту створювати експериментальну ситуацію, за умов якої прийняття гіпотези дослідження можна було б здійснювати за допомогою правил логіки: правила згоди і правила різниці.

Педагогічний експеримент, в якому всі умови його здійснення (крім однієї досліджуваної) в декількох групах суттєво відрізняються між собою, називають педагогічним порівняльним експериментом, організованим за *правилом єдиної згоди*.

У такому експерименті необхідно створити експериментальну ситуацію в якій:

- обрати експериментальний і контрольний класи таким чином, щоб вони відрізнялися один від одного за всіма суттєвими для експериментатора показниками ( $B, C, D$  і  $K, O, M$ );
- впровадити в навчально-виховний процес експериментальний фактор  $A$ ;
- перевірити результати експерименту в контрольному і експериментальному класах з метою прийняття або спростування гіпотези дослідження.

Якщо в експерименті зафіксовано ряд подій експериментальної групи  $A, B, C, D$  і наслідок  $x$  і ряд подій контрольної групи  $A, K, O, M$  і наслідок  $x$ , то за правилом згоди Д. Мілля причиною події-наслідка  $x$  є подія  $A$  і гіпотеза приймається.

Педагогічний експеримент, в якому всі умови його проведення (крім однієї досліджуваної) виявляються однаковими в декількох класах (або групах) називають педагогічним порівняльним експериментом, організованим за *правилом єдиної різниці*.

У такому експерименті необхідно створити експериментальну ситуацію в якій:

- обрати експериментальні і контрольні класи таким чином, щоб склад усіх класів був приблизно однаковим за всіма суттєвими для дослідження показниками ( $B, C, D$ );
- вирівняти в експериментальних і контрольних класах усі основні умови проведення експерименту;
- впровадити в навчально-виховний процес експериментального класу експериментальний фактор ( $A$ ), а навчально-виховний процес в контрольному класі здійснювати за традиційною методикою ( $K$ );
- порівняти результати експерименту в контрольних і експериментальних класах з метою прийняття або спростування гіпотези дослідження.

Якщо в експерименті зафіксовано ряд подій експериментальної групи  $A, B, C, D$  і наслідок  $x$  і ряд

подій контрольної групи  $K$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  і наслідок  $y$ , то за правилом різниці  $D$ . Мілля причиною різниці наслідків  $x$  і  $y$  є події  $A$  і  $K$ . Якщо результати в експериментальній групі будуть вищими чим в контрольній, то гіпотеза приймається.

Під експериментальними факторами розуміють ті, які штучно вводяться в навчальний процес відповідно до гіпотези дослідження.

У дослідженнях в галузі «Фізичного виховання і спорту» найчастіше використовують порівняльний експеримент організований за правилом єдиної різниці.

Для цього виду експерименту для факторів повинна бути характерною *диспаратність* (фактор який досліджується повинен бути присутнім в експериментальній і контрольній групах з елементом протилежності). Поняття диспаратності обумовлює обов'язкову вимогу: фактори, які співставляються направлені на виконання одного і того самого завдання. Питання про диспаратність факторів зв'язано зі змістом занять в контрольних групах.

Наприклад: для експериментального класу розробляється новий зміст, спрямований на формування навичок орієнтування в просторі, в контрольному класі зміст залишається старим, загальноприйнятим. Зовні можна оцінити експериментальну ситуацію як таку, в якій витримані умови диспаратності. По суті — фактори, які досліджуються не були спрямовані на виконання одного завдання, що порушує умови експерименту, а тому немає необхідності доказувати що одна методика краща за іншу, так як всяка методика навчання дасть кращі результати в порівнянні з тим, де таке навчання не проводилося.

Проведення педагогічного експерименту за правилом єдиної різниці нашою виховується на низку проблем, серед яких:

- неможливість стабілізувати фактори, які впливають на наслідки експерименту;
- суб'єктивне, підсвідоме ставлення експериментатора до експериментальної і контрольної груп.

Всі ці проблеми примусили дослідників шукати нові форми проведення експериментів, наслідком яких були б більш об'єктивні дані.

Нові підходи в плануванні експерименту пов'язуються з працями Р. Фишера, В.В. Налімова, С.М. Ермакова, А.А. Жиглявського. Основна ідея планування експерименту — одночасне варіювання усіма факторами, що впливають на об'єкт дослідження. Цей вид експерименту отримав назву багатофакторного експерименту і буде розглянутий нижче.

### Багатофакторний експеримент у фізичному вихованні

Вище були розглянуті однофакторні експерименти з одною незалежною змінною. Для отримання більш надійних висновків наступним

логічним кроком є збільшення кількості незалежних змінних і перехід до факторних планів.

### Основи факторних планів

Припустимо, нас цікавить проблема впливу тренувальних навантажень на зміну функціонального стану юних гімнастів і ми хочемо визначити як впливає обсяг роботи в елементах на зміну точності руху за часом. Для цього ми плануємо однофакторний експеримент з двома групами. Одна група виконує 80 елементів, інша — 160 елементів. Допустимо, що нам також необхідно встановити, як впливає на часову точність руху інтервал відпочинку і ми проводимо ще один експеримент з двома групами. Одним учасникам пропонується 20 с відпочинку між підходами, іншим — 40 с. Якщо використати факторний план, то названі експерименти можна провести в рамках одного дослідження.

Отже, факторний план включає в себе більше чим одну незалежну змінну (які називають «факторами»). На практиці за звичай використовується два або три фактора, дуже рідко чотири.

Плани багатофакторних експериментів розширюють можливості досліджень завдяки їх ефективності в 2—10 р., сприяють усуненню специфічних неоднорідностей стану біологічної системи і його систематичного дрейфу, обґрунтуванню необхідного обсягу спостережень і вибору оптимального опису поведінки системи.

Для методології факторних експериментів характерні наступні особливості:

1. Використовується комплексний підхід до вивчення об'єктів, що припускає одночасне варіювання багатьох факторів з метою оцінки їхнього впливу і впливу взаємодій. Одночасне варіювання факторами по спеціальній програмі забезпечує вивчення впливу кожного з них у різних умовах, що створюються зміною інших факторів. Це дозволяє одержати більш надійні висновки, придатні в умовах, що змінюються.

2. Результати дослідів представляють у виді математичної моделі — рівняння регресії, що зв'язує цільовий показник з факторами, які змінюються. Модель відбиває повну картину впливу кожного фактора і їхніх взаємодій; за допомогою її можна здійснювати спрямований пошук оптимальних режимів, а також висувати гіпотези про механізм явищ.

3. Одержжані моделі мають оптимальні статистичні властивості і забезпечують компактне представлення результатів у формі зручній для опублікування, збереження і т.д.

### Плани факторного експерименту $2^k$

План, що містить усілякі сполучення рівнів усіх факторів з  $N = \prod_{i=1}^k P_i$ , називається пла-

Таблиця 1.

Ефекти основних факторів і взаємодій у факторних експериментах типу  $2^2$ ,  $2^3$ ,  $2^4$ 

№ з/п	Комбінація умов	$2^2$			$2^3$				$2^4$								
		$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$	$x_3$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$x_4$	$x_1x_4$	$x_2x_4$	$x_1x_2x_4$	$x_3x_4$	$x_1x_3x_4$	$x_2x_3x_4$	$x_1x_2x_3x_4$
1	(0)	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+
2	$x_1$	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
3	$x_2$	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-
4	$x_1x_2$	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
5	$x_3$	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-
6	$x_1x_3$	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
7	$x_2x_3$	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-
8	$x_1x_2x_3$	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
9	$x_4$	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-
10	$x_1x_4$	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
11	$x_2x_4$	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+
12	$x_1x_2x_4$	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
13	$x_3x_4$	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
14	$x_1x_3x_4$	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
15	$x_2x_3x_4$	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
16	$x_1x_2x_3x_4$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ном повного факторного експерименту, а утримуючий тільки частину цих сполучень дробовим планом (А.Н. Лисенков, 1979).

У цих планах кожний з  $k$  досліджуваних факторів варіює на двох рівнях і реалізуються всілякі комбінації цих рівнів. Аналіз результатів факторного експерименту передбачає оцінку основних ефектів і взаємодій факторів. При наявності трьох факторів ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ) можна оцінити три основних ефекти (їх ще називають взаємодіями нульового порядку), три ефекти взаємодії першого порядку ( $X_1X_2$ ,  $X_2X_3$ ,  $X_1X_3$ ), а також взаємодія другого порядку ( $X_1X_2X_3$ ). Останнє можна інтерпретувати як різниця між ефектами взаємодії  $X_1X_2$ , обчисленими для кожного з двох рівнів фактора  $X_3$ . З ростом числа факторів число взаємодій вищих порядків буде рости.

З огляду на те, що  $\sum_{u=1}^N x_{iu}^2 = N$  для кожного стовпця

матриці плану  $2^k$  загальна формула для визначення коефіцієнтів регресії буде:

$$b = \frac{\sum_{u=1}^N y_u x_u}{N}$$

де  $x_u$  значення фактора у відповідному стовпці плану ( $x_u = \pm 1$ );  $Y_u$  — результат  $u$ -го дослідження;  $N$  — загальне число дослідів плану. Приведена формула є загальною для повного факторного експерименту (ПФЕ) типу  $2^k$  з числом факторів  $k$  і числом дослідів  $N = 2^k$ . Для  $k$  факторів такий план представляє таблицю з  $N = 2^k$  рядків і  $k$  стовпців. Чергування елементів (+1) і (-1) відбувається через один рядок у першому стовпці ( $X_1$ ), потім через два у другому ( $X_2$ ), через чотири в третьому ( $X_3$ ) і т.д. через ступінь двійки до  $k$ -го стовпця. Стовпці подвійних, потрійних і так далі взаємодій одержують у результаті перемноження стовпців факторів по два, по три і т.д. (табл. 1).

Рівняння для представлення результатів ПФЕ  $2^k$  записують у наступному виді:

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j < l}^k b_{ijk} x_i x_j x_l + \dots$$

Загальне число членів у такій моделі  $l = 2^k$ .

Реалізація й аналіз результатів факторного експерименту здійснюється в кілька етапів, що включають проведення дослідів, перевірку відтворюваності (однорідності вибіркової дисперсії), одержання рівняння регресії, перевірку статистичної значимості його коефіцієнтів і перевірку адекватності рівняння. Кінцева мета аналізу — з'ясувати, які коефіцієнти регресії відрізняються від нуля і чи адекватно описує отримана модель експериментальні дані. Н. Джонсон, Ф. Ліон (1981) відзначають, що плани типу  $2^k$  можливо застосовувати, як у випадку, коли покладається, що усі взаємодії дорівнюють нулю, так і у випадку, коли передбачається, що факти взаємозалежні.

Наприклад, у роботах Є.А. Земскова (1968), М.Л. Украна (1971) була виявлена висока кореляційна залежність обсягу виконання елементів від загального часу роботи, «чистого часу», кількості підходів. План ПФЕ  $2^k$  дає можливість цілком виключити вплив показників навантаження один на одного ( $r = 0$ ) і зосередити основну увагу на впливі цих показників і їхніх взаємодій на зміну функціонального стану організму, ефективності навчання, фізичної і спеціальної рухової підготовленості юних гімнастів. Це дає можливість виявити вплив окремих факторів і їхніх взаємодій на показники ефективності процесу підготовки юних гімнастів і вказує на необхідність вивчення визначеної області зміни ознак. І що найбільше важливо результати ПФЕ  $2^k$  дозволяють здійснити числове рішення таких завдань, де до цього використовувалися чисто умовлядні висновки.

#### Алгоритм проведення і аналіза результатів експеримента типу $2^k$

1. Скласти план повного факторного експерименту  $2^3$  для натуральних перемінних.

Структура плану  $2^3$  для трьох факторів. Вивчається вплив обсягу навантаження в елементах ( $X_1$ ), загального часу роботи ( $X_2$ ), інтервалу відпочинку ( $X_3$ ) на зміну частоти серцевих скорочень, показників керування рухами, ритму серцевих скорочень, латентного часу рухової реакції, рівня навченості вправам. Як нижній рівень фактора  $X_1$  обрано в акробатичних вправах 80 ел., у якості верхнього — 160 ел.; для фактора  $X_2$  — 25 хв. і 40 хв.; для фактора  $X_3$  — 20 с і 40 с. Нижній і верхній рівень, досліджуваних факторів, визначений на основі регресійного аналізу й емпіричних даних (О.М. Худолій, 1980, 1981, 1983, 2004; О.М. Худолій, А.М. Шлемін, 1981).

Для полегшення наступних розрахунків зроблене перетворення рівнів факторів (так назване кодування) до безрозмірним кодової  $x_i$  по формулі:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\lambda_i}$$

де,  $X_i$  — значення факторів у натуральних перемінних;  $X_{i0}$  — значення факторів на так названому основному рівні, що представляє середнє арифметичне між обраними верхнім і нижнім рівнями;  $V_i$  — крок варіювання;  $x_i$  — значення кодованих перемінних.

У розглянутому прикладі значення основних рівнів:

$$x_{10} = \frac{80 + 160}{2} = 120;$$

$$x_{20} = \frac{25 + 40}{2} = 32,5;$$

$$x_{30} = \frac{20 + 40}{2} = 30;$$

кроків варіювання:

$$\lambda_1 = \frac{160 - 80}{2} = 40;$$

$$\lambda_2 = \frac{40 - 25}{2} = 7,5;$$

$$\lambda_3 = \frac{40 - 20}{2} = 10.$$

Легко переконатися, що значення кодованих перемінних будуть (+1) і (-1):

$$x_1^+ = \frac{160 - 120}{40} = +1;$$

$$x_1^- = \frac{80 - 120}{40} = -1;$$

$$x_2^+ = \frac{40 - 32,5}{7,5} = +1;$$

$$x_2^- = \frac{25 - 32,5}{7,5} = -1;$$

$$x_3^+ = \frac{40 - 30}{10} = +1;$$

$$x_3^- = \frac{20 - 30}{10} = -1.$$

Умови дослідів для кодованих значень факторів можна записати у виді таблиці 2. Таку таблицю називають матрицею плану факторного експерименту  $2^3$ .

2. Провести експеримент, дані експерименту занести в таблиці 3 і 4.

3. Визначити однорідність дисперсій. Однорідність дисперсій визначається за допомогою критерія Кокрена за формулою:

Таблиця 2

Матриця плану факторного експерименту 2<sup>3</sup>

Номер досліджу	Акробатичні вправи			Помилка часової точності руху після роботи з заданим режимом			
	X <sub>1</sub> кількість елементів	X <sub>2</sub> загальний час роботи, хв.	X <sub>3</sub> час відпочинку, с	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
1	80	25	20	0,5	0,5	0,1	0,3
2	160	25	20	0,4	0,4	0,2	0,2
3	80	40	20	0,2	0,2	0,2	0,2
4	160	40	20	0,4	0,2	0,6	0,4
5	80	25	40	0,2	0,2	0,2	0,2
6	160	25	40	0,3	0,1	0,1	0,1
7	80	40	40	0,4	0,4	0,3	0,1
8	160	40	40	0,4	0,1	0,1	0,2

Таблиця 3

План типу 2<sup>3</sup> в задачі дослідження впливу обсягу (X<sub>1</sub>), загального часу роботи (X<sub>2</sub>) і часу відпочинку (X<sub>3</sub>) в акробатичних вправах на зміну часової точності руху

Фактори	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	$\bar{Y}$	$S_u^2 = \frac{\sum(Y - \bar{Y}_u)^2}{4-1}$	$\hat{Y}$	$(\bar{Y}_u - \hat{Y})^2$	b
Уровні												
0	120	32,5	30									
-1	80	25	20									
+1	160	40	40									
λ	40	7,5	10									
Досліди	x1	x2	x3									
1	-	-	-	0,5	0,5	0,1	0,3	0,35	0,0366	0,275	0,005625	0,2625
2	+	-	-	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,0133	0,35	0,0025	0
3	-	+	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,275	0,005625	0,0125
4	+	+	-	0,4	0,2	0,6	0,4	0,4	0,0266	0,35	0,0025	0,0125
5	-	-	+	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,25	0,0025	-0,05
6	+	-	+	0,3	0,1	0,1	0,1	0,15	0,01	0,175	0,000625	-0,0375
7	-	+	+	0,4	0,4	0,3	0,1	0,3	0,02	0,25	0,0025	0,025
8	+	+	+	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,02	0,175	0,000625	-0,025
									$\sum S_u^2 = 0,1265$	$\sum(\bar{Y}_u - \hat{Y})^2 = 0,02244$		
									$S_o^2 = 0,0158$			

$$G_p = \frac{S_u^2 \max}{\sum_{i=1}^8 S_u^2};$$

$$G_p = \frac{0,0366}{0,1265} = 0,289;$$

$$G_{0,05(3,8)} = 0,438$$

Так як  $G_p < G_{0,05(3,8)}$ , то дисперсії однорідні.

$$\text{Див. стовпець } S_u^2 = \frac{\sum(Y - \bar{Y}_u)^2}{4-1}$$

4. Розрахувати коефіцієнти регресії, середній ефект і суму квадратів за допомогою алгоритму Йетса.

Спрощений метод, розроблений Франком Йетсом (1970), являє собою механічний спосіб одер-

Таблиця 4

## Алгоритм Йетса для розрахунку коефіцієнтів регресії

Комбінація умов	Результати обчислення				Ефект	$b$	Середній ефект	$(4)^2/8$
	1	2	3	4		5		
1	0,35	0,65	1,25	2,1	1	0,2625		
$x_1$	0,3	0,6	0,85	0	$x_1$	0	0	0
$x_2$	0,2	0,35	0,15	0,1	$x_2$	0,0125	0,025	0,00125
$x_1x_2$	0,4	0,5	-0,15	0,1	$x_1x_2$	0,0125	0,025	0,00125
$x_3$	0,2	-0,05	-0,05	-0,4	$x_3$	-0,05	-0,1	0,02
$x_1x_3$	0,15	0,2	0,15	-0,3	$x_1x_3$	-0,0375	-0,075	0,01125
$x_2x_3$	0,3	-0,05	0,15	0,2	$x_2x_3$	0,025	0,05	0,005
$x_1x_2x_3$	0,2	-0,1	-0,05	-0,2	$x_1x_2x_3$	-0,025	-0,05	0,005

жання повних ефектів кожного фактора (і їхніх взаємодій) в експерименті типу  $2^k$ , у стовпці (1) таблиці 5 приведені результати для комбінацій умов, записаних у попередньому стовпці. Такий порядок проходження комбінацій зберігається завжди. Дані стовпця (2) одержують шляхом попарного додавання першої половини стовпця (1) і попарного вирахування результатів другої половини стовпця (1).

*Наприклад*

$$0,65 = 0,35 + 0,3;$$

$$0,6 = 0,2 + 0,4;$$

$$0,35 = 0,2 + 0,15;$$

$$0,5 = 0,3 + 0,2;$$

$$-0,05 = 0,3 - 0,35;$$

$$0,2 = 0,4 - 0,2 \text{ і т.д.}$$

Різниця завжди береться в такому порядку: друге значення мінус перше, четверте значення мінус третє і т.д.

Дані стовпця (3) знаходяться зі стовпця (2) точно так само, як дані стовпця (2) зі стовпця (1). Таким же способом з даних стовпця (3) знаходиться стовпець (4). Цей процес виконується *три рази*. Для експерименту типу  $2^k$  існує  $k$ , етапів такого роду. Стовпець (4) містить *повний ефект фактора* (чи взаємодії), позначення якого записано на початку рядка.

Після отримання *повного ефекту* (4) розраховуємо *коефіцієнти регресії*. Для цього повний ефект (стовпець 4) ділимо на загальне число дослідів плану ( $N=8$ ). В цьому разі результат, що відповідає рядку (1) плану, дає значення  $b_0$ , результат другого рядка  $x_1$  — дає  $b_1$  і т.д.

Щоб одержати *середній ефект*, повний ефект ділимо на 4, тобто на число різниць у кожному повному ефекті. Нарешті, у стовпці (7) приведений середній квадрат для кожного фактора експерименту.

5. Визначити значущість коефіцієнтів регресії за допомогою критерії Стьюдента. Для цього визначити дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S\{b\}^2 = \frac{S_0^2}{N \cdot n} = \frac{0,0158}{8 \cdot 4} = 0,00046875$$

$N$  — кількість дослідів за планом,  $n$  — кількість повторів в експерименті.

Далі визначимо порогові значення коефіцієнта регресії:

$$t = \frac{|b|}{S\{b\}}$$

$$\Delta b = t \cdot S\{b\} = 1,693 \cdot 0,0216 = 0,0366$$

значимими коефіцієнтами рівняння регресії можуть вважатися ті для яких

$$|b| > \Delta b.$$

Рівняння регресії, яке враховує тільки значущі коефіцієнти має вид:

$$\hat{Y} = 0,2625 - 0,05x_3 - 0,0375x_1x_3$$

Незначущість коефіцієнта регресії може бути обумовлена наступними причинами:

- 1) рівень основного режиму  $x$ , близький до точки часткового екстремума по фактору  $x_j$ ;
- 2) обраний крок варіювання занадто малий, щоб виявити шуканий ефект на тлі великої помилки експерименту, обумовленої некерованими факторами;
- 3) фактор не впливає на вихідний параметр.

Для з'ясування ситуацій можуть бути прийняті наступні рішення: розширити інтервали варіювання за незначущими факторами і поставити нову серію дослідів, збільшити число повторів дослідів (А.Н. Лисенков, 1979).

6. Розрахувати значення відгуку, передвіщеного за рівнянням в точках плану (див. стовпець  $\hat{Y}$ ):

$$\hat{Y} = 0,2625 - 0,05(-1) - 0,0375(-1)(-1) = 0,275$$

7. Визначити дисперсію відтворюваності по формулі:

$$S_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_u^2}{N} = \frac{0,1265}{8} = 0,0158$$

8. Розрахувати значення стовпця  $(\bar{Y}_u - \hat{Y}_u)^2$

9. Визначити дисперсію неадекватності по формулі:

$$S_r^2 = \frac{SS_r}{f_r} = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{Y}_u - \hat{Y}_u)^2}{N - l} = \frac{0,02244}{8 - 3} = 0,004488$$

де  $N$  — кількість дослідів плану,  $l$  — кількість коефіцієнтів регресії.

10. Визначити розрахункове значення  $F$ -відношення за формулою:

$$F = \frac{S_r^2}{S_0^2} = \frac{0,004488 \cdot 4}{0,0158} = 1,136$$

Порівняти отримані значення  $F$ -відношення з критичним  $F_k$  з числом ступеней свободи  $f_r = N - l$ ,  $f_0 = N(n - 1)$ .

$$F_{0,05(2,24)} = 2,6207$$

Якщо  $F_p < F_k$ , то рівняння адекватно описує результати експеримента. В нашому прикладі  $F_k = 2,6207$ ,  $F_p < F_k$ , виходячи з цього отримане рівняння адекватно описує дані експеримента.

Підставляючи в рівняння значення

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{V_i}$$

легко отримати модель  $Y = f(X_1, X_2, X_3)$  для натуральних перемінних  $X_1, X_2, X_3$ .

Рівняння дає наочне уявлення про кількісний вплив кожного фактора і їхніх взаємодій на зміну часової точності руху в юних гімнастів і вказує на можливість керування функціональним станом нервово-м'язової системи за рахунок зміни факторів, що входять у рівняння з найбільшими коефіцієнтами. Дані таблиці 4 дозволяють зробити висновок, що тренувальне навантаження це цілісний об'єкт із багатофакторними взаємодіями.

Суму квадратів, записану в стовпці (7), можна розглядати так само, як лінійне порівняння (у даному прикладі їх сім) з одним ступенем волі (таблиця 4.4). У таблиці 5 наведені результати дисперсійного аналізу за даними повного факторного експерименту 2<sup>3</sup>.

Для дисперсійного аналізу необхідно:

1. Занести в таблицю 4.5 середні квадрати (див. таблицю 5) кожного ефекту. Залишок складають середні квадрати ефектів, коефіцієнти регресії яких рівні нулю ( $|b| < \Delta b$ ).
2. Розрахувати суму квадратів ефектів.
3. Розрахувати середній квадрат для залишка.
4. Розрахувати відношення квадратів. Отримані результати порівняти з  $F$ -критерієм.
5. Розрахувати внесок суми квадратів ефектів у загальну суму квадратів.

Результати дисперсійного аналізу свідчать про достатню значимість часу відпочинку між підходами на зміну часової точності руху. Виділення взаємодії факторів  $X_1 X_3$  свідчить, про те, що навантаження цілісний об'єкт, але у визначених межах варіювання факторів  $X_1, X_2, X_3$  кожний з них впливає на сторони рухової підготовленості юних гімнастів.

Таблиця 5

## Результати дисперсійного аналізу

Джерело мінливості	Сума квадратів	Число ступенів свободи	Середній квадрат	Відношення квадратів	Відношення квадратів у % щодо суми квадратів
$X_3$	0,02	1	0,02	8, $P < 0,05$	45,7
$X_1 X_3$	0,01125	1	0,01125	4,5; $P < 0,1$	25,7
Залишок					
$X_1$	0	5	0,0025		
$X_2$	0,00125				2,8
$X_1 X_2$	0,00125				2,8
$X_2 X_3$	0,005				11,4
$X_1 X_2 X_3$	0,005				11,4
Сума	<b>0,04375</b>				
$F_{1;5;0,9} = 4,06$ ; $F_{1;5;0,95} = 6,677$ ; $F_{1;5;0,975} = 10,07$					

### Список літератури

1. Ашмарин Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании. — М.: Физкультура и спорт, 1978. — С. 63—89.
2. Баскаков А.Я., Туленков Н.В. Методология научного исследования. — К.: МАУП, 2002. — С. 73—88.
3. Ермаков С.М., Жиглявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента. — М.: Наука, 1987. — 320 с.
4. Круцевич Т.Ю. Научные исследования в массовой физической культуре. — К.: Здоров'я, 1985. — С. 30—35.
5. Лисенков А.Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов. — М.: Медицина, 1979. — 343 с.
6. Методы исследования в спорте: Учебное пособие / Под общей редакцией В.П. Филина, А.С. Ровного. — Харьков: Основа, 1992. — С. 63—68.
7. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. — М.: Наука, 1965. — 340 с.
8. Рудницька О.П., Болгарський А.Г., Свистельнікова Т.Ю. Основи педагогічних досліджень. — К.: 1998. — 144 с.
9. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — К.: Знання-Прес, 2002. — С. 91—95.

Надійшла до редакції 15.11.2010 р.

**Худолей О.Н.** Педагогический эксперимент.

В статье изложены основы методологии педагогического эксперимента в физическом воспитании и спорте.

**Ключевые слова:** методология, педагогический эксперимент.

**Khudolii O.N.** Pedagogical experiment.

In article bases are expounded of methodology of pedagogical experiment in physical one education and sport.

**Keywords:** methodology, pedagogical experiment.



X98

**Худолій О.М.**

Основи методики викладання гімнастики: Навч. посібник. У 2-х томах. — 4-е вид., випр. і доп. — Харків: «ОБС», 2008. — Т. 1. — 408 с: іл.

ISBN 966-7858-54-5.

ISBN 966-7858-55-3(I).

У першому томі навчального посібника розглянуті загальні питання теорії гімнастики, а також засоби і методика розвитку рухових здібностей та методика навчання гімнастичним вправам.

Навчальний посібник рекомендовано викладачам і студентам факультетів фізичного виховання педагогічних університетів та вчителям фізичної культури середніх загальноосвітніх шкіл.



X98

**Худолій О.М.**

Основи методики викладання гімнастики: Навч. посібник. У 2-х томах. — 4-е вид., випр. і доп. — Харків: «ОБС», 2008. — Т. 2. — 464 с: іл.

ISBN 966-7858-54-5.

ISBN 966-7858-56-1(II).

У навчальному посібнику розглянута методика викладання гімнастики в школі і ДЮСШ, а також методика організації і проведення змагань зі спортивної гімнастики.

Посібник рекомендовано викладачам і студентам факультетів фізичного виховання вищих педагогічних навчальних закладів III—IV рівня акредитації та вчителям фізичної культури середніх загальноосвітніх шкіл.

Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник  
для студентів вищих навчальних закладів  
(лист № 14/18.2—1928 від 17.11.03)