УДК 51-74 DOI: 10.30929/1995-0519.2018.2.p1.132-137

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАСТОСУВАННІ ДО ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ІНДІВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТИ

П. М. Щербаков, Д. В. Клименко, С. Є.Тимченко

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»

просп. Дм. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49050, Україна. E-mail: s.timchenko@rambler.ru

Присвячена вдосконаленню методичного забезпечення індивідуальних занять студентів за курсом «Теорія ймовірностей і математична статистика», розділ «Випадкові події». Розглянуто імовірнісний експеримент по прогнозуванню робочого стану електричного кола, виконаного за схемою послідовно-паралельного з'єднання ламп. Дані докладні пояснення тим поняттям і визначенням алгебри події, на яких сформульовані основні теореми теорії ймовірностей. Можливі комбінації технічних станів ламп, з'єднаних паралельно, позначені відповідними подіями, записаними у вигляді математичних виразів. Ці комбінації представлені візуально, що сприяє кращому їх розумінню. Складена математична модель технічних станів всього електричного кола, що забезпечують протікання в ньому струму при замкнутому ключі і підключеному джерелу живлення. Педагогічний досвід показав, що така форма викладу нового матеріалу активізує увагу студентів до дистанційної освіти і, що дуже важливо, сприяє більш усвідомленому їх підходу до оцінки перспективи подальшого застосування математичних моделей в інженерних науках.

Ключові слова: електричне коло, електрична лампа, подія, множина, алгебра подій, математична модель.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРИМЕНЕНИИ К ДИСТАНЦИОННОМУ И ИНДИВИДУАЛЬНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

П. Н. Щербаков, Д. В. Клименко, С. Е. Тимченко

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

просп. Дм. Яворницкого, 19, г. Днепр, 49050, Украина. E-mail: s.timchenko@rambler.ru

Посвящена совершенствованию методического обеспечения индивидуальных занятий студентов по курсу «Теория вероятностей и математическая статистика», раздел «Случайные события». Рассмотрен вероятностный эксперимент по прогнозированию рабочего состояния электрической цепи, выполненной по схеме последовательно-параллельного соединения ламп. Даны подробные объяснения тем понятиям и определениям алгебры события, на которых сформулированы основные теоремы теории вероятностей. Возможные комбинации технических состояний ламп, соединенных параллельно, обозначены соответствующими событиями, записанными в виде математических выражений. Эти комбинации представлены визуально, что способствует лучшему их пониманию. Составлена математическая модель технических состояний всей электрической цепи, обеспечивающих протекание в ней тока при замкнутом ключе и подключенном источнике питания. Педагогический опыт показал, что такая форма изложения нового материала активизирует внимание студентов к дистанционному образованию и, что весьма важно, способствует более осознанному их подходу к оценке перспективы дальнейшего применения математических моделей в инженерных науках.

Ключевые слова: электрическая цепь, электрическая лампа, событие, множество, алгебра событий, математическая модель.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Дистанційна освіта, як спосіб модернізації індивідуальних занять студентів, широко практикується в даний час. Його ефективність істотно залежить від того, наскільки цікавим і корисним в перспективі виявиться інформаційне забезпечення пропонованих навчальних курсів в рамках системи «студент - інформаційне середовище - викладач». Виклад формальних математичних визначень і складних перетворень в стилі навчального або методичного посібників, безумовно, забезпечує їх вивчення згідно обов'язковій програмі, але не завжди сприяє формуванню залишкових знань в конкретних додатках. У зв'язку з цим перспективним є такий виклад матеріалу, який зацікавить студентів і приверне їхню увагу до математики, як до фундаментальної і одночасно прикладної науки по відношенню до інших спеціальних дисциплін, що вивчаються в технічних навчальних закладах. Завдання викладача полягає не тільки в тому, щоб передати студентам фундаментальні знання, але навчити їх володіти предметом.

Візуальний метод уявлення формальних математичних понять позитивно зарекомендував себе з педагогічної точки зору. Наприклад, використання теорії графів в комбінаториці сприяє більш глибокому розумінню непростих визначень, що продемонстровано в роботах [1, 2]. Як правило, підручники з курсу «Теорія ймовірностей і математична статистика» не містять пояснень алгебри подій в наочному поданні її визначень. До них можна віднести широко відомі і затребувані серед студентів підручники В.Є. Гмурмана [3, 4]. Заслуговує на увагу збірка практичних завдань [5, 6], в якій використана алгебра подій при вирішенні технічних завдань. Однак, креслень, малюнків і схем наведено недостатньо, що не забезпечує глибокого розуміння деяких визначень. Своєчасною є робота [7], в якій проаналізовано можливості та особливості використання дистанційного навчання в процесі формування культури самостійної роботи студентів. А також робота [8], в якій розглядаються міжпредметні зв'язки, як засіб реалізації проблемного навчання у викладанні математики.

Технічний стан обладнання, що використовується в деякому виробничому процесі, можна розглядати як результат випадкового явища. Тому при прогнозі технічного його стану, як правило, застосовується алгебра подій. В роботі [9] запропоновано математичну модель продуктивних витрат робочого часу, досліджуваних за допомогою статистичних методів. Побудова цієї моделі базується на основних поняттях теорії ймовірностей.

Мета роботи полягає в тому, щоб продемонструвати шляхи вирішення проблеми підвищення рівня дистанційної освіти студентів з математики з посиленням її прикладної спрямованості. Запропонувати візуальний метод пояснення формальних математичних понять, що дозволяє активізувати увагу студентів до самостійного їх вивчення.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Математичне моделювання випадкових процесів розглянемо у взаємозв'язку з прикладними дослідженнями в галузі загальної електротехніки. Такий метод пояснення нового матеріалу підвищить інтерес студентів до індивідуального вивчення курсу «Теорія ймовірностей і математична статистика», зокрема розділу «Випадкові події».

Побудова математичної моделі будь-якого ймовірного експерименту зазвичай починається з опису його можливих результатів.

Кожен мислено можливий нерозкладний вихід (результат) експерименту *E* прийнято називати його елементарною подією ω (або елементарним виходом). Множина всіх елементарних подій (позначається Ω), пов'язана з даним експериментом, утворює простір елементарних подій. Для наочності Ω демонструють у вигляді деякої області на площині, а елементарні події ω - точками в цій області, рис. 1.

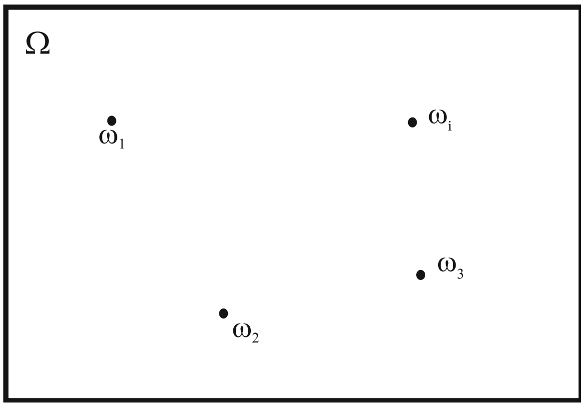


Рисунок 1 – Графічне зображення простору Ω елементарних подій

Елементарні події відповідно до простору Ω взаємно виключають один одного, і в результаті кожного експерименту обов'язково виникне одне з них.

Структура простору елементарних подій залежить від характеру експерименту. По числу елементарних подій їх простір може бути кінцевим, рахунковим або нерахунковим. Простір Ω з кінцевою множиною елементів ω позначається $\Omega = \{\omega_i, i = \overline{1,n}\} = \{\omega_1, \omega_2, ..., \omega_i, ..., \omega_n\}$. Простір з рахунковою множиною елементів ω позначається $\Omega = \{\omega_i, i \in N\}$, де $i \in N$ - читається "і належить до натурального ряду чисел". Простір з нерахунковим числом елементів позначається $\Omega = \{\omega \in [0;\infty)\}$.

Приклад 1. Монета підкидається три рази підряд. Елементарна подія експерименту представляє собою послідовність $\{x_1, x_2, x_3\}$, де кожне x_i позначає випадання «герба» (Г) або «решки» (Р). Побудувати простір Ω елементарних подій.

Пояснення. Побудуємо граф-дерево елементарних подій, чим забезпечимо більш повне їх розуміння в сукупності, стосовно до розглянутого експерименту (рис.2). Як слідує з цього малюнка, число елементів розглядаємого простору $\Omega = 8$, тобто $\Omega = \{\omega_i, i = \overline{1,8}\} = \{$ГГГ, ГГР, ГРГ, ГРР, РГГ, РГР, РРГ, РРР$\}$. Це кінцевий простір елементарних подій.

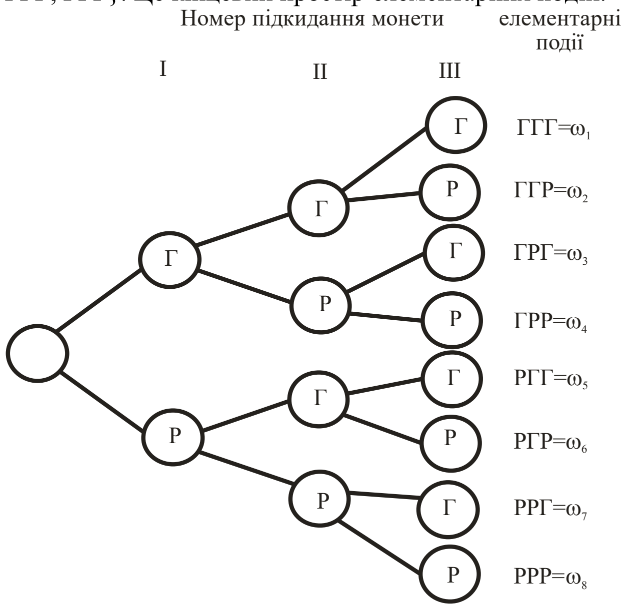


Рисунок 2 – Граф-дерево елементарних подій при підкиданні монети три рази

Приклад 2. Експеримент полягає в реєстрації кількості викликів швидкої допомоги протягом заданого часу *t*. Побудувати простір Ω елементарних подій.Пояснення. Так як верхню границю викликів важко встановити, то прийнято вважати можливими елементарними подіями 0 і всі натуральні числа. $\Omega = \{0; \omega_i, i \in N\} = \{0, 1, 2, ...\}$. Це простір з рахунковою множиною елементарних подій.

Приклад 3. Експеримент полягає в визначенні тривалості часу *t* горіння будь-якої електричної лампи. Побудувати простір Ω елементарних подій.Пояснення. Так як час t горіння електричної лампи є числом невід'ємним, верхню межу якого практично неможливо визначити, то простір елементарних подій - це нерахункова множина невід'ємних дійсних чисел R_0, тобто $\Omega = \{\omega = t, \quad t \in [0, \infty)\}$.

В залежності від цілей дослідження, проводимий експеримент може мати більш складні (розкладні) виходи, об'єднуючі певне число елементарних подій того ж простору. Результат деякого експерименту, здійснюваного реалізацією певного комплексу умов, прийнято назвати подіями і позначити їх буквами *A*, *B*, *C*, ... Таким чином, всяка підмножина *A* множини

Ω представляє собою подію, отже, за допомогою елементів ω_i множини Ω можна однозначно описати кожний результат експерименту. Твердження «A є підмножина множини Ω» записується у вигляді $A \subseteq \Omega$, якщо $A \neq \Omega$, то $A \subset \Omega$.

Приклад 4. Експеримент полягає в підкиданні одного разу правильної шестигранної гральної кісті. Нехай x - кількість очок, що випали на верхній поверхні цієї кісті. Побудувати простір Ω елементарних подій, тобто записати всі можливі при цьому виходи, а також записати:

а) подію A, яка полягає в тому, що випало парне число очок, A = {x - парне},

б) подію B, яка полягає в тому, що випало число очок кратних трьом, $B = \{\frac{x}{3}\}$,

в) подію C, яка полягає в тому, що випало число очок менше трьох $C = \{x < 3\}$.

Пояснення. Елементарні виходи ω одного бросання гральної кісті - це кількість очок на кожній її грані, а саме $\omega_1 = 1$, $\omega_2 = 2$, $\omega_3 = 3$, $\omega_4 = 4$, $\omega_5 = 5$, $\omega_6 = 6$, тобто $\Omega = \{\omega_i,\ i = 1,\ 6\}$.

а) $A = \{\omega_2, \omega_4, \omega_6\}$;

б) $B = \{\omega_3,\ \omega_6\}$;

в) $C = \{\omega_1,\ \omega_2\}$.

Для наочності простір і події A, B, C показані на рис. 3

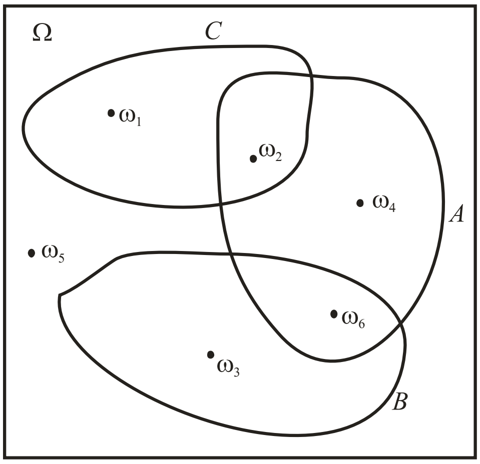


Рисунок 3 – Візуальне представлення простору Ω і вхідних до нього подій.

Подія, яка неминуче виникає, при кожній реалізації комплексу умов, називається достовірною, вона співпадає з простором Ω елементарних подій; якщо $A = \Omega$, то A є достовірною подією. Подія, яка завідомо не відбудеться при виконанні заданого експерименту, називається неможливою. Неможлива подія співпадає з пустою множиною, якщо $A = \varnothing$, то A - це неможлива подія. Наприклад, подія «вода в посудині при 20°С і нормальному атмосферному тиску знаходиться в рідкому стані» достовірна, а подія «електричний струм в розімкнутому ланцюгу» - неможлива. Подія, яка при реалізації комплексу умов може відбутися, а може і не відбутися, називається випадковою. Наприклад, розрив електричного ланцюга - подія випадкова.

Проведемо експеримент по прогнозуванню робочого стану електричного кола, схема якої показана на рис. 4.

Передбачуваний результат нашого експерименту позначимо подією C, яка полягає у тому, що струм протікає в колі при замкнутому ключі K і підключеному джерелу живлення, про що свідчать показання амперметра PA. Складемо наступний простір елементарних результатів, що впливають на настання події C:

- лампа $a_i\ (i = \overline{1,2}), b_j\ (j = \overline{1,3})$ справна – події $A_i\ (i = \overline{1,2}), B_j\ (j = \overline{1,3})$ відповідно;

- лампа a_i, b_j вийшла з ладу – події $\overline{A}_i, \overline{B}_j$ відповідно, отже, в тому місці електричного кола, де вона розташована стався розрив.

Це означає, що в кожному експерименті обов'язково відбудеться лише одна з них. Відповідно до прийнятих позначень простір елементарних подій має наступний вигляд

$$\Omega = \{A_1, A_2, B_1, B_2, B_3, \overline{A}_1, \overline{A}_2, \overline{B}_1, \overline{B}_2, \overline{B}_3\}. \qquad (1)$$

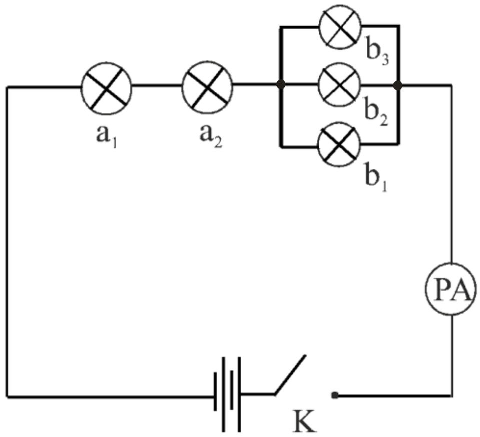


Рисунок 4 – Схема електричного кола з послідовно-паралельним з'єднанням електричних ламп

Виконаємо алгебраїчні операції над подіями $A_i, B_j, \overline{A}_i, \overline{B}_j$ стосовно до математичного опису події C. Для цього введемо деякі поняття алгебри подій. Оскільки подію можна ототожнювати з множиною, то всі операції, здійсненні над множинами (зокрема, перетин множин, об'єднання множин), застосовні і до подій.

Розглянемо операції і відносини між подіями, які використовуємо для вирішення поставленого завдання. Добуток подій A і B позначається $A \cap B$ (перетин множин A і B), або AB. Подія $D = AB$ полягає в спільній появі події A і (логічне «і») події B (рис. 5).

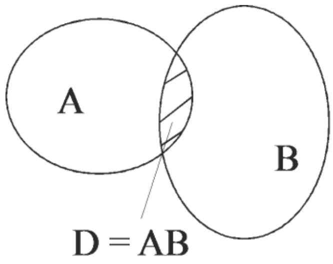


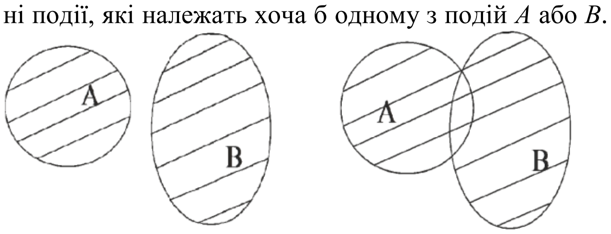
Рисунок 5 – Подія $D = AB$ - добуток подій A і B

Тобто воно складається з тих і тільки з тих елементарних подій $\omega \in \Omega$, які відносяться як до події A так і до події *B*.

Добуток (перетин) кінцевої або рахункової послідовності подій $A_1, A_2, A_3, ...$ називається подією, що складається з тих елементарних подій, які входять одночасно у всі події $A_i (i = \overline{1,n})$. Добуток кінцевої послідовності подій позначається символом $\prod_{i=1}^{n} A_i$ (або $\bigcap_{i=1}^{n} A_i$) = $\{\omega_i \in A_1$ і A_2 і A_3 і … $A_n\}$.

Сума подій *A* і *B* позначається $A \cup B$ (об'єднання множин *A* і *B*), або $A + B$. Нехай події *A* і *B* несумісні, тобто поява одного з них (будь-якого) виключає появу іншого в кожній спробі. Тоді подія $S = A + B$ полягає в тому, що станеться тільки подія *A* або (логічне «або») тільки подія *B* (рис. 6а). Тобто їх перетин є неможливою подією ($A \cap B = \varnothing$).

Якщо події *A* і *B* сумісні, тобто можуть відбутися разом в кожній спробі, то подія $S = A + B$ полягає в тому, що станеться хоча б одна з подій *A* або (логічне «або») *B* (рис. 6б), тобто воно містить елементарні події, які належать хоча б одному з подій *A* або *B*.



а) б)

Рисунок 6 – Подія $S = A + B$ – сума подій A і B: а) – події A і B несумісні; б) – події A і B сумісні

Сумою (об'єднання) кінцевої або рахункової послідовності подій $A_1, A_2, A_3, ...$ називається подія, що містить елементарні події $\omega \in \Omega$, які входять по крайній мірі в одну з подій A_i. Сума кінцевої послідовності подій позначається символом $\sum_{i=1}^{n} A_i$ (або $\bigcup_{i=1}^{n} A_i$) = $\{\omega \in A_1$ або A_2 або ... $A_n\}$.

Різницею двох подій *A* і *B* називається подія $A - B$ (або *A* \ *B*), яка складається з тих елементарних подій $\omega \in \Omega$, що входять в подію *A*, але не входять в подію *B* (рис. 7).

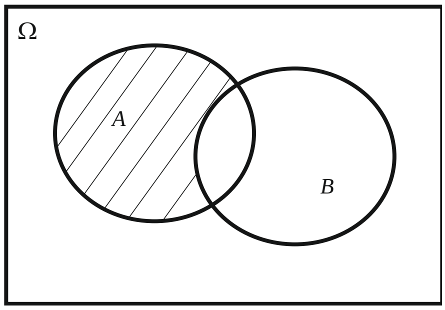


Рисунок 7 – Графічне зображення події $A - B$ (заштрихована область)

Події $A_1, A_2, A_3, ... A_n$ утворюють повну групу подій, якщо вони попарно несумісні $A_i \cap A_j = \varnothing$), і якщо при кожному повторюванні експерименту відбудеться хоч би одне з них, тобто $A_1 + A_2 + ... + A_n = \Omega$, (рис. 8).

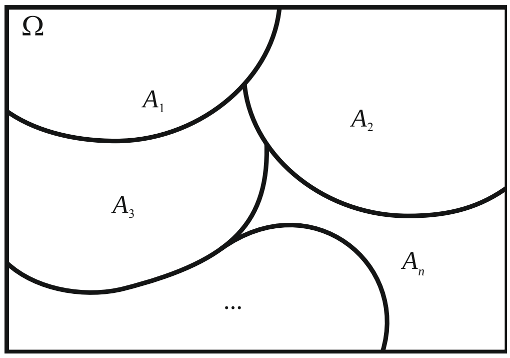


Рисунок 8 – Графічне представлення повної групи подій

Приклад 5. В умовах прикладу 4 події «випало парне число очок» і «випало непарне число очок» утворюють повну групу подій.

Протилежними називаються дві несумісні події, які утворюють повну групу подій. Подію протилежну події *A* прийнято позначати символом $\overline{A}$.

Наприклад, якщо подія A = {безвідказна робота всих елементів технічної системи}, то протилежна їй подія $\overline{A}$ = {вихід з ладу хочби одного елемента системи}. Подія $\overline{A}$ представляє доповнення множини A до Ω, тобто $A\overline{A} = \varnothing$ і $A + \overline{A} = \Omega$. На рис. 9 подію $\overline{A}$ показано в вигляді заштрихованої області.

На цьому підґрунті зробимо слідуюче важливе зауваження: стосовно нашого ймовірного експерименту (рис. 4) подія $\overline{A_i}$ = { вийшла з ладу електрична лампа a_i, i = 2} протилежна події A_i = { лампа a_i справна}. Аналогічно подія $\overline{B_i}$ протилежна події B_i, j = 3.

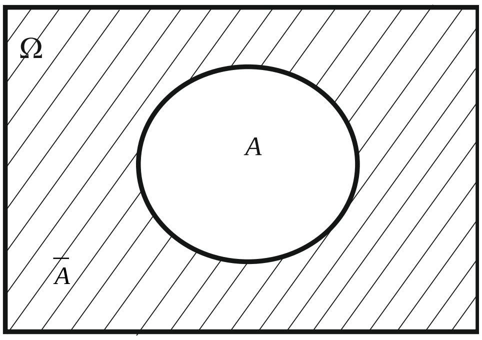


Рисунок 9 – Графічне зображення події $\overline{A}$, протилежної до події A

Тепер скористуємося приведеними поясненнями основних означень алгебри подій з метою побудови математичної моделі нашого експерименту стосовно до рис. 3. Проаналізуємо умови, при яких виконується подія *C*. Амперметр *PA* зафіксує протікання струму в електричному колі при замкнутому ключі *K* і підключеному джерелі живлення, якщо будуть справними лампи a_1, a_2 і хоча б одна з ламп b_1, b_2, b_3. Зазначені комбінації технічних станів ламп повністю узгоджуються з логічними операціями додавання і множення подій, розглянутими вище. Використовуючи це і введені позначення елементарних результатів, отримаємо математичну запис події *C* в загальному вигляді:

$$C = A_1A_2(B_1 + B_2 + B_3)\,. \qquad (2)$$

Вираз $B_1 + B_2 + B_3$ являє собою суму (об'єднання) сумісних подій B_j $(j = \overline{1,3})$, яка полягає в тому, що в кожному випробуванні може статися тільки одне з них (будь-яке) або тільки два (в будь-якій комбінації), або всі три разом. Перераховані випадкові комбінації технічних станів ламп,

будемо розглядати у вигляді подій, що утворюють підмножини простору Ω елементарних подій (1). Для кращого розуміння переходів від прогнозованих технічних станів ламп, включених паралельно в електричному ланцюжку, до математичного їх подання у вигляді випадкових подій, скористаємося візуальним методом пояснення абстрактних понять (рис. 10), що зарекомендував себе позитивно в педагогічній практиці. Справні лампи позначені у вигляді символу ⊗, а ті що вийшли з ладу - символом О.

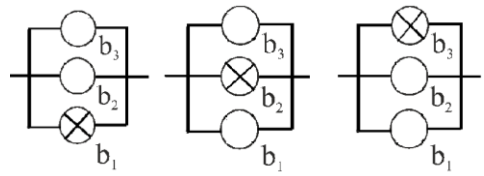
Згідно з цим рисунком, подія $B_1 + B_2 + B_3$ = {справна хоча б одна лампа з трьох b_1, b_2, b_3} можна записати у вигляді такої суми несумісних подій:

$$\begin{aligned} B_1 + B_2 + B_3 = {} & B_1\overline{B_2}\,\overline{B_3} + \overline{B_1}B_2\overline{B_3} + +\overline{B_1}\,\overline{B_2}B_3 + \\ & B_1B_2\overline{B_3} + B_1\overline{B_2}B_3 + \overline{B_1}B_2B_3 + B_1B_2B_3 \end{aligned} \qquad (3)$$

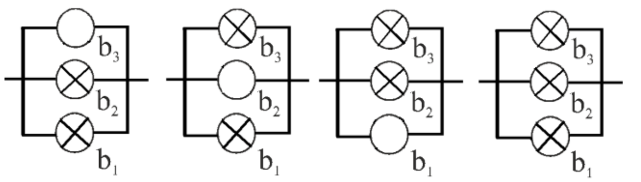
З урахуванням виразу (3), запишемо рівність (2) в розгорнутому вигляді:

$$\begin{aligned} C = A_1A_2(& B_1\overline{B_2}\,\overline{B_3} + \overline{B_1}B_2\overline{B_3} + \overline{B_1}\,\overline{B_2}B_3 + \\ & + B_1B_2\overline{B_3} + B_1\overline{B_2}B_3 + \overline{B_1}B_2B_3 + B_1B_2B_3) \end{aligned} \qquad (4)$$

Рівність (4) можна розглядати як математичну модель нашого експерименту з прогнозування технічних станів електричного кола (рис. 4), при яких вона зберігає свою працездатність.



$B_1\overline{B_2}\,\overline{B_3}$ тільки B_1 $\overline{B_1}B_2\overline{B_3}$ тільки B_2 $\overline{B_1}\,\overline{B_2}B_3$ тільки B_3



$B_1B_2\overline{B_3}$ тільки B_1 і B_2 $B_1\overline{B_2}B_3$ тільки B_1 і B_3 $\overline{B_1}B_2B_3$ тільки B_2 і B_3 $B_1B_2B_3$ всі разом

Рисунок 10 – Фрагменти схеми електричного кола при можливих комбінаціях технічних станів ламп і математичні описи цих комбінацій

Надалі вираз з (4) буде використано для розгляду теорем додавання і множення ймовірностей, а також для пошуку ймовірності безвідмовної роботи електричного кола, тобто для оцінки її надійності.

ВИСНОВКИ. 1. Реалізовано ефективний метод візуального представлення викладаємого теоретичного матеріалу, що забезпечує підвищення рівня фундаментальної математичної підготовки студентів з посиленням її прикладної спрямованості.

2. Побудовано математичну модель прогнозу технічних станів найпростішої послідовно-паралельного електричного кола як демонстрація прикладного характеру математичного апарату.

3. З огляду на накопичений методичний матеріал, планується розробити методику викладання курсу «Вища математика» з різних тем в додатку до спеціальних дисциплін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щербаков П.Н., Клименко Д.В. Теория графов в приложении к комбинаторике. *Вісник Черкаського університету. Педагогічні науки*, Черкаси, 2017. № 11. С. 104–110.

2. Щербаков П.Н., Клименко Д.В. Визуальное восприятие математических закономерностей как метод усвоения новых понятий. *Матеріали міжн. наук.-метод. конф-ції "Проблеми математ. освіти ПМО-2017"*, Черкаси. С. 145–146.

3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2002. 192 с.

4. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Издание X, стереотипное. М.: Высшая школа, 2004, 234 с.

5. Charles M. Grinstead J. Laurie Snell. Introduction to Probability. American Mathematical Society, 1997. 510 p.

6. Мартыненко М.Ю. Дистанционное обучение в процессе формирования культуры самостоятельной работы студентов. *Вісник Криворізького Національного Університету, серія педагогічні науки*. Кремнчуг, 2015, Вип. 1, № 2., С. 65–71.

7. Сдвижкова О.О., Бугрим О.В., Тимченко С.Є. Межпредметные связи как средство реализации проблемного обучения. *Математика в сучасному університеті*: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 24-25 грудня 2015 р., Київ, 2015. С. 97–99.

8. Щербаков П.Н., Клименко Д.В., Тимченко С.Е. Статистичні дослідження продуктивності одноковшевих екскаваторів при напруженні гірничої маси різної якості дроблення. Научный Вестник Национального Горного Университета. Днепр. НГУ. № 1/2017. С. 49–55.

9. Tijms Henk. Understanding Probability Chance Rules in Everyday Life. Vrije University, Amsterdam, Cambridge University Press, 2004.

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING TO DISTANCE AND INDIVIDUAL EDUCATION

P. Sherbakov, D. Klymenko, S. Tymchenko

State Higher Educational Institution "National Mining University"

prosp. Dm. Yavornitsky, 19, Dnepr, 49050, Ukraine. E-mail: s.timchenko@rambler.ru

Purpose. To demonstrate the ways of improving distance learning on mathematics by extending application focus on its fundamental concepts. It is directed to promote the best assimilation of these mathematical abstractions by the students of technical specialties. Properly developed structure of the educational process can guarantee its success. The presentation form of educational information as well as the mechanism to regulate educational activities taken place at a technical university should address fundamental competences and skills required for professional areas. **Methodology** considers a visual representation of possible states of the technical object and formal logical methods of their presentation in the form of events and mathematical modeling of random processes. **Results.** Methodical support of students' individual lesson in the course of "Probability Theory and Mathematical Statistics" (section "Random Events") is proposed. A probabilistic experiment to predict the operational state of an electrical circuit, composed according to the scheme of a series-parallel connection of light bulbs, is considered. Detailed explanations are provided for the concepts and definitions of algebra of events on which the basic theorems of probability theory are formulated. In such a case, the potential to identify the events with sets has been used. Admissible combinations of technical states of light bulbs connected in parallel are presented in a visual form. Technical state of the entire electrical circuit including these combinations is described by applying the theory of sets. A mathematical model of the technical states of a series-parallel electrical circuit to ensure current flow under the conditions of a closed key and connected power source is developed. **Practical value.** Proposed presentation of a new material enhances students' attention to distance learning and, importantly, promotes more conscious approach to assess the prospects of further applying mathematical model for engineering sciences. Any innovations in the methodology will not cancel the principle of visualization. Moreover, taking into account modern conditions, clear and simple approaches are required.

Key words: electric circuit, electric lamp, event, set, algebra of events, mathematical model.

REFERENCES

1. Sherbakov, P.N., Klymenko, D.V. (2017), *Teoriy grafov v prylogheniy k kombinatorike* [The graph theory in application to combinatorics]б Bulletin of Cherkassy University. Series "Pedagogical Sciences", no. 11, pp. 104-110.

2. Shcherbakov, P., Klymenko, D. (2017), Visual perception of mathematical regularities as a method of mastering new concepts, *Materiali mizhnarodnoi naukovo-metodichnoi konferentsyi "Problemi matematichnoy osviti PMO-2017"* [Problems of the mathematics of the PMO-2017], Cherkasy, pp. 145-146.

3. Gmurman, V. (2002), *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Theory of Probability and Mathematical Statistics], M.: Vysshaya Shkola, 192 c.

4. Gmurman, V. (2004), Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [A guide to solving problems in probability theory and mathematical statistics], Edition X, stereotyped, M.: Vysshaya Shkola., p. 18.

5. Grinstead, Ch.M., Snell, L.J. (1997), Introduction to Probability, *American Mathematical Society,* 510 p.

6. Martynenko, M.Yu. (2015), «Distance education in the process of forming a culture of independent work of students», *Bulletin of the Krivoy Rog National University, series Pedagogical Sciences*, Vol. 1/2015(2), p. 65-71.

7. Sdvyzhkova, O., Bugrim, O., Tymchenko, S. (2015), *Intersubject communications as a means of realizing problem learning*, Matematika v suchasnomu universiteti: materiali IV Mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiy [Mathematics in modern university. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference], Kyiv,December 24-25, pp. 97-99.

8. Sherbakov, P.N., Klymenko, D.V., Tymchenko, S.E. (2017), Statistical research of shovel excavator performance during loading of rock mass of different crushing quality, *Bulletin of National Mining University (Dnepr), no. 1,* pp. 49-55.

9. Henk, T. (2004), "Understanding Probability Chance Rules in Everyday Life", Vrije University, Amsterdam, Cambridge University Press.

Стаття надійшла 30.04.2018.