

## АНОТАЦІЯ

Руссий В.В. ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЦЕГЛЯНИХ БУДІВЕЛЬ – Кваліфікаційний науковий труд на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії по спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. – Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, 2023.

В роботі вирішено основне завдання оптимізації організаційно-технологічних рішень відновлення пошкоджених внаслідок воєнних дій цегляних будівель.

Поставлене завдання вирішено за допомогою сучасних програмних комплексів шляхом:

- проведення багатокритеріального аналізу вибору ефективного конструктивно-технологічного рішення відновлення пошкоджень цегляних стін;
- визначення залежностей показників відновлення від факторів, що на них впливають за допомогою експериментально-статистичного моделювання згідно обраного плану експерименту;
- оптимізації організаційно-технологічних рішень відновлення за допомогою накладення обмежень та аналізу визначених залежностей.

В дисертаційному дослідженні виконаний аналіз відкритих інформаційних джерел. Проаналізовано стан пошкоджених внаслідок воєнних дій будівель та споруд з їх фото- та/або відео- фіксацією. Встановлено, що серед них найбільш розповсюджений тип – цегляні будівлі (74,26 %) та визначено характер їх пошкоджень. Наступними за розповсюдженістю йдуть пошкоджені панельні, крупноблочні та каркасні (14,08 %) та інші будівлі та споруди (11,66 %). Визначені основні організаційно-технологічні аспекти зведення цегляних будівель.

За причинами виникнення характер пошкоджень цегляних будівель внаслідок впливу воєнних дій поділено на 2 випадки. Перший випадок - вибух стався поряд з будівлею з цегли. В такому разі майже в усіх випадках одночасно пошкоджень зазнають: оздоблення зовнішніх стін, прорізи (віконні та дверні) та

покрівля. Другий випадок - вибух є великої потужності та стався поряд з будівлею з цегли або наявне пряме влучання. В цьому випадку відбувається часткове руйнування несучих конструкцій і пошкодження (або руйнування) пов'язаних з ними елементів. Під пов'язаними елементами в даному випадку розуміються елементи будівель, що пошкоджуються (руйнуються) не від впливу вибуху, а від його наслідків. До них відносяться спричинені вибухами: пожежі, перерозподіл навантажень, обвалення елементів тощо. В рамках даного дослідження буде розглядатись саме другий випадок. Пошкодження, руйнування елементів будівель, вибухові впливи тощо супроводжуються виникненням великої кількості поодиноких та сіток тріщин в цегляних стінах.

В результаті аналізу відкритих інформаційних джерел встановлено конструктивно-технологічні рішення відновлення цегляних стін та їхнього зовнішнього оздоблення. Виконано аналіз існуючих методик та методів оптимізації організаційно-технологічних рішень. До них відносяться: методики багатокритеріального аналізу та експериментально-статистичного моделювання; методи створення чисельних моделей (кошторисів та організаційно-технологічних).

Виконано аналіз можливостей поточного та майбутнього фінансового забезпечення процесів відновлення в Україні. Визначено наявні механізми обстеження, залучення матеріально-технічних ресурсів та робочої сили, координації з боку державної влади (створено координаційний штаб з питань деокупованих територій, «армію відновлення», реєстр збитків, складено програму відновлення України, чат-боти тощо) для забезпечення процесів відновлення пошкоджених внаслідок воєнних дій будівель.

Для вирішення основного наукового завдання в роботі використовувались та розроблені наступні методики та методи. Розроблена загальна методика дисертаційного дослідження, що включає в себе методики та методи вирішення окремих задач:

- розроблену методику вибору пошкоджених будівель для проведення експериментально-статистичного аналізу;

- методику багатокритеріального аналізу для пошуку найбільш ефективного рішення з відновлення;
- методи створення кошторисів та організаційно-технологічних моделей;
- методику експериментально-статистичного моделювання та теорію планування експериментів.

За розробленою методикою для проведення чисельного моделювання обрано пошкоджений внаслідок воєнних дій будівельний об'єкт - комунальний навчальний заклад Київської обласної ради «Васильківський професійний ліцей» у м. Васильків, Київська область. Даний об'єкт пошкоджений прямим влучанням. Зруйнована частина несучих конструкцій вище нульової відмітки (цегляні внутрішні та зовнішні стіни, перемички, кроквяна система, перекриття), усі прорізи, покрівельне покриття, внутрішнє та зовнішнє оздоблення школи.

За методикою багатокритеріального аналізу поетапно порівняно 55-ть конструктивно-технологічних рішень відновлення основних пошкоджень цегляних стін. Порівняння проводилось за шістьма найбільш значущими критеріями ефективності («збільшення товщини стіни після відновлення з урахуванням вимог енергоефективності», «експлуатаційна довговічність», «можлива глибина закладення тріщини», «діапазон можливої глибини закладення тріщини», «вартість відновлення ділянки стіни з урахуванням вимог енергоефективності зовнішніх стін» та «універсальність використання для елементів цегляних стін»). В результаті виконання багатокритеріального аналізу обрано одне з найбільш ефективних рішень відновлення цегляних стін - «Патент GB 593998 Спосіб ремонту тріщин в стінах». Багатокритеріальний аналіз порівняння конструктивно-технологічних відновлення цегляних стін відбувався за допомогою інструментарію програмного комплексу Microsoft Excel.

При порівнянні обраних технологій за методикою багатокритеріального аналізу критерії ефективності варіювались у таких межах:

- «збільшення товщини стіни після відновлення з урахуванням вимог енергоефективності» - від 126 до 400 мм;
- «експлуатаційна довговічність» - від 15 до 100 років;

- «можлива глибина закладення тріщини» - від 40 до 380 мм;
- «діапазон можливої глибини закладення тріщини» - від 5 до 60 мм;
- «вартість відновлення ділянки стіни з урахуванням вимог енергоефективності зовнішніх стін» - від 1029,77 до 27775,14 грн/м.п.;
- «універсальність використання для елементів цегляних стін» - від 1 до 3.

Обрано найбільш значущі показники: «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )» та «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )». Обрано фактори, що здійснюють найбільший вплив на показники відновлення: «ступінь пошкодженості цегляної кладки ( $X_1$ )», «ступінь пошкодженості даху ( $X_2$ )», «вартість фасадного оздоблення ( $X_3$ )» та «ступінь пошкодженості цегляної кладки ( $R_1$ )», «ступінь пошкодженості даху ( $R_2$ )», «трудомісткість фасадного оздоблення ( $R_3$ )», «суміщеність робіт ( $R_4$ )».

Згідно теорії планування експериментів обрано два скорочених плани проведення експерименту, що дають змогу отримати адекватні значення: 15-ти точковий план для показника «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )» та 25-ти точковий для показника «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )».

Натурні значення факторів, що впливають на показник «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )» варіювались у таких межах:

- «ступінь пошкодженості цегляної кладки ( $X_1$ )» від 15,47 до 46,41 %;
- «ступінь пошкодженості даху ( $X_2$ )» від 18,15 до 54,45 %;
- «вартість фасадного оздоблення ( $X_3$ )» від 137,88 до 221,40 грн/м<sup>2</sup>.

Натурні значення факторів, що впливають на показник відновлення «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )» варіювались у таких межах:

- «ступінь пошкодженості цегляної кладки ( $R_1$ )» від 15,47 до 46,41 %;
- «ступінь пошкодженості даху ( $R_2$ )» від 18,15 до 54,45 %;
- «трудомісткість фасадного оздоблення ( $R_3$ )» від 3,09 до 3,85 люд.-год./м<sup>2</sup>;
- «суміщеність робіт ( $R_4$ )» від 77,4 до 79,1 %.

Після вибору основних конструктивно-технологічних рішень в роботі складено 15 кошторисних розрахунків та побудовано 25 організаційно-технологічних моделей відновлення пошкодженої внаслідок воєнних дій школи. Для складання кошторисних розрахунків використовувався програмний комплекс АВК 5. Для приведення значень показника «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )» до адекватних на сьогодні значень введено середній коефіцієнт підвищення показника вартості відновлення школи з урахуванням інфляційних процесів К. Організаційно-технологічні моделі процесів відновлення будувались за допомогою програмного комплексу Microsoft Project.

В результаті побудови моделей згідно обраних планів експерименту знайдені значення показників відновлення, а саме: «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )» та «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )».

На основі отриманих даних виконано експериментально-статистичне моделювання в програмному комплексі COMPEX, результатом якого є встановлення характеру взаємозв'язків між показниками відновлення та факторами, що на них впливають у вигляді аналітичних та графічних залежностей. Виконано аналіз отриманих рівнянь, діаграм ступенів впливу кожного з факторів на показники відновлення окремо, а саме: визначено рівень впливу кожного з факторів на досліджувані показники за допомогою побудованого в програмному комплексі COMPEX ранжування факторів за рівнем їх значущості; виконано аналіз побудованої в програмному комплексі COMPEX кубічної діаграми впливу факторів на показник «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )»; виконано аналіз побудованої за встановленої схемою діаграми «квадрат на квадраті» залежності показника «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )» від факторів, що на нього впливають.

Для пошуку оптимальних значень показників відновлення на отримані графічні залежності накладено обмеження. Вони застосовувались як до факторного простору так і для показників відновлення. А саме прийнято такі обмеження: показників «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )»

та «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )»; факторів «вартість фасадного оздоблення ( $X_3$ )» та «суміщеність робіт ( $R_4$ )».

Зони оптимальних значень показників відновлення в роботі позначені на графічних залежностях. Пошук зон оптимальних значень показників відновлення відбувався при одночасній дії всіх накладених обмежень.

Зона оптимальних значень показника «вартість відновлення школи з урахуванням коефіцієнту інфляції ( $Y_1^K$ )» складає  $Y_1^K = 16,323...17,000$  млн. грн. Зниження вартості відновлення порівняно з проектним рішенням з урахуванням заданих обмежень складає  $Y_1^K = 0,636...1,302$  млн. грн. При цьому фактори «ступінь пошкодженості цегляної кладки ( $X_1$ )», «ступінь пошкодженості даху ( $X_2$ )» та «вартість фасадного оздоблення ( $X_3$ )» варіюються у таких межах  $X_1 = 15,47...37,2$  %,  $X_2 = 18,15...54,45$  %,  $X_3 = 184,11...221,40$  грн/м<sup>2</sup>.

Зона оптимальних значень показника «тривалість відновлення школи ( $Y_2$ )» складає  $Y_2 = 207...250$  днів. Зниження тривалості відновлення порівняно з проектним рішенням з урахуванням заданих обмежень складає  $Y_2 = 63...106$  днів. При цьому фактори «ступінь пошкодженості цегляної кладки ( $R_1$ )», «ступінь пошкодженості даху ( $R_2$ )», «трудомісткість фасадного оздоблення ( $R_3$ )» та «суміщеність робіт ( $R_4$ )» варіюються у таких межах  $R_1 = 15,47...30,94$  %,  $R_2 = 18,15...54,45$  %,  $R_3 = 3,09...3,89$  люд.-год./м<sup>2</sup>,  $R_4 = 77,4...78,3$  %.

Успішно виконана апробація результатів досліджень шляхом їх впровадження в діяльність ряду підприємств.

Результати дисертаційного дослідження опубліковано в 15-ти друкованих працях; впроваджено в навчальний процес та наукову роботу Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Основний науковий результат полягає у наступному: розробці та вдосконаленні методик, визначенні закономірностей зміни та оптимізації основних показників організаційно-технологічних рішень на прикладі відновлення пошкодженої внаслідок воєнних дій цегляної школи, побудованої за типовим проектом.

Практична значимість отриманих результатів дисертаційного дослідження полягає у визначенні оптимальних поєднань значень факторів для отримання найбільш ефективних організаційно-технологічних рішень відновлення пошкоджених внаслідок воєнних дій цегляних шкіл, побудованих за типовим проектом, з урахуванням діючих обмежень. В результаті проведення дисертаційного дослідження розроблено рекомендації з оптимізації організаційно-технологічних рішень відновлення пошкоджених внаслідок воєнних дій цегляних будівель та технологічну карту на відновлення основного виду пошкоджень цегляних стін по обраному найбільш ефективному конструктивно-технологічному рішенню («патент GB 593998 Спосіб ремонту тріщин в стінах»).

Використання результатів дисертаційного дослідження може дозволити скоротити вартість на 3,6-7,6 % та тривалість на 20-34% відновлення пошкоджених внаслідок воєнних дій цегляних будівель з урахуванням діючих обмежень.

**Ключові слова:** відновлення цегляних будівель, будівлі пошкоджені внаслідок воєнних дій, чисельне моделювання, організаційно-технологічні рішення, оптимізація рішень.

## ABSTRACT

Russyi V.V. OPTIMIZATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE RESTORATION OF DAMAGED BRICK BUILDINGS - Qualifying scientific paper with manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the specialty 192 Building and civil engineering. – Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, 2023.

The work solves the main task of optimizing organizational and technological solutions for the restoration of brick buildings damaged as a result of military actions.

The task was solved with the help of modern software complexes by:

- carrying out a multi-criteria analysis of choosing an effective constructive and technological solution for repairing damage to brick walls;



- determination of the dependence of recovery indicators on the factors affecting them using experimental and statistical modeling according to the selected experimental plan;

- optimization of organizational and technological recovery solutions by imposing restrictions and analyzing defined dependencies.

An analysis of open information sources is performed in the dissertation study. Condition buildings and structures damaged as a result of military actions were analyzed with their photo and/or video recording. It was established that the most widespread type among them is brick buildings (74.26%) and the nature of their damage was determined. The next most common are damaged panel, large-block and frame buildings (14.08%) and other buildings and structures (11.66%). The main organizational and technological aspects of the construction of brick buildings are defined.

According to the causes of occurrence, the nature of damage to brick buildings due to the influence of military actions is divided into 2 cases. The first case - the explosion occurred next to a brick building. In this case, in almost all cases, the exterior wall decoration, openings (windows and doors) and the roof are damaged at the same time. The second case - the explosion is of great power and happened next to a brick building or there was a direct hit. In this case, there is a partial destruction of the load-bearing structures and damage (or destruction) of the elements associated with them. In this case, related elements mean building elements that are damaged (destroyed) not by the impact of the explosion, but by its consequences. These include those caused by explosions: fires, redistribution of loads, collapse of elements, etc. The second case will be considered in the framework of this study.

As a result of the analysis of open information sources, constructive and technological solutions for the restoration of brick walls and their external decoration were established. The analysis of existing methods and methods of optimization of organizational and technological solutions was performed. These include: methods of multi-criteria analysis and experimental-statistical modeling; methods of creating numerical models (estimates and organizational and technological models).



An analysis of the possibilities of current and future financial support of recovery processes in Ukraine was performed. The existing mechanisms of survey, involvement of material and technical resources and labor force, coordination on the part of the state authorities have been determined (a coordination headquarters for issues of de-occupied territories, a "restoration army" has been created, a register of damages, a program for the recovery of Ukraine, chatbots, etc. has been drawn up) to ensure recovery processes buildings damaged as a result of military actions.

The following techniques and methods were used and developed to solve the main scientific task in the work. A general methodology for dissertation research has been developed, which includes methods and methods for solving individual problems:

- developed methodology for selecting damaged buildings for experimental and statistical analysis;
- the method of multi-criteria analysis to find the most effective solution for restoration;
- methods of creating estimates and organizational and technological models;
- the methodology of experimental-statistical modeling and the theory of experiment planning.

According to the developed methodology, a building object damaged as a result of military operations was selected for numerical modeling - the communal educational institution of the Kyiv Regional Council "Vasylkivskyi profesiynyi litsei" in the city of Vasylkiv, Kyiv region. This object was damaged by a direct hit. The destroyed part of the load-bearing structures above the zero mark (brick internal and external walls, lintels, rafter system, ceiling), all openings, roofing, internal and external decoration of the school.

Using the method of multi-criteria analysis, 55 structural and technological solutions for repairing the main damage to brick walls were compared step by step. The comparison was made according to the six most significant efficiency criteria ("increase in wall thickness after restoration taking into account energy efficiency requirements", "service life", "possible depth of crack formation", "range of possible depth of crack formation", "cost of restoration of a section of the wall taking into account energy

efficiency requirements external walls" and "versatility of use for brick wall elements"). As a result of the multi-criteria analysis, one of the most effective solutions for restoring brick walls was chosen - "Patent GB 593998 Method for repairing cracks in walls." Multi-criteria analysis of the comparison of structural and technological restoration of brick walls was carried out with the help of the Microsoft Excel software package.

When comparing the selected technologies using the method of multi-criteria analysis, the efficiency criteria varied within the following limits:

- "increase in wall thickness after restoration taking into account energy efficiency requirements" - from 126 to 400 mm;
- "operational durability" - from 15 to 100 years;
- "possible crack depth" - from 40 to 380 mm;
- "range of the possible depth of the crack" - from 5 to 60 mm;
- "cost of restoration of the wall section taking into account the energy efficiency requirements of external walls" - from 1,029.77 to 27,775.14 uah/l.m.;
- "versatility of use for brick wall elements" - from 1 to 3.

The most significant indicators were selected: "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" and "duration of school restoration ( $Y_2$ )". The factors that have the greatest influence on the restoration indicators were selected: "degree of damage to the brickwork ( $X_1$ )", "degree of damage to the roof ( $X_2$ )", "cost of facade decoration ( $X_3$ )" and "degree of damage to the brickwork ( $R_1$ )", "degree of damage to the roof ( $R_2$ )", "labor intensity of facade decoration ( $R_3$ )", "combination of works ( $R_4$ )".

According to the theory of experiment planning, two shortened plans for conducting the experiment were chosen, which make it possible to obtain adequate values: a 15-point plan for the indicator "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" and a 25-point plan for the indicator "duration of school restoration ( $Y_2$ )".

The natural values of the factors affecting the indicator "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" varied within the following limits:

- "degree of brickwork damage ( $X_1$ )" from 15.47 to 46.41%;

- "degree of roof damage ( $X_2$ )" from 18.15 to 54.45%;
- "cost of facade decoration ( $X_3$ )" from 137.88 to 221.40 uah/m<sup>2</sup>.

The natural values of the factors affecting the recovery indicator "duration of school recovery ( $Y_2$ )" varied within the following limits:

- "degree of brickwork damage ( $R_1$ )" from 15.47 to 46.41%;
- "degree of roof damage ( $R_2$ )" from 18.15 to 54.45%;
- "labour intensity of facade decoration ( $R_3$ )" from 3.09 to 3.85 man-hours/m<sup>2</sup>;
- "combinability of works ( $R_4$ )" from 77.4 to 79.1%.

After choosing the main structural and technological solutions, 15 estimated calculations were made and 25 organizational and technological models of the restoration of the school damaged as a result of military actions were built. The AVK 5 software complex was used to make estimates. To bring the values of the indicator "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" to values adequate for today, the average coefficient of increase of the indicator of the cost of school restoration taking into account inflationary processes was introduced  $K$ . Organizational and technological models of restoration processes were built using the Microsoft Project software complex.

As a result of building models according to the selected plans of the experiment, the values of recovery indicators were found, namely: "cost of school recovery taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" and "duration of school recovery ( $Y_2$ )".

Based on the obtained data, experimental and statistical modeling was performed in the COMPEX software complex, the result of which is the establishment of the nature of the relationships between the recovery indicators and the factors affecting them in the form of analytical and graphical dependencies. The obtained equations and diagrams of the degree of influence of each of the factors on the recovery indicators were analyzed separately, namely: the level of influence of each of the factors on the studied indicators was determined using the ranking of factors by the level of their significance built in the COMPEX software complex; the analysis of the cubic diagram of the influence of factors on the indicator "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" built in the COMPEX software complex was performed;

In order to find the optimal values of the recovery indicators, restrictions are imposed on the obtained graphical dependencies. They were applied both to the factor space and to recovery indicators. Namely, the following restrictions were adopted: indicators "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" and "duration of school restoration ( $Y_2$ )"; factors "cost of facade decoration ( $X_3$ )" and "compatibility of works ( $R_4$ )".

Zones of optimal values of recovery indicators in work are marked on graphical dependencies. The search for zones of optimal values of recovery indicators took place with the simultaneous effect of all imposed restrictions.

The zone of optimal values of the indicator "cost of school restoration taking into account the inflation factor ( $Y_1^K$ )" is  $Y_1^K = 16,323...17,000$  million uah. The reduction in the cost of restoration compared to the project solution, taking into account the specified restrictions, is  $Y_1^K = 0.636...1.302$  million uah. At the same time, the factors "degree of damage to the brickwork ( $X_1$ )", "degree of damage to the roof ( $X_2$ )" and "cost of facade decoration ( $X_3$ )" vary within the following limits:  $X_1 = 15.47...37.2\%$ ,  $X_2 = 18.15...54.45\%$ ,  $X_3 = 184.11...221.40$  uah/m<sup>2</sup>.

The zone of optimal values of the indicator "duration of school recovery ( $Y_2$ )" is  $Y_2 = 207...250$  days. The reduction in the duration of restoration compared to the design solution, taking into account the given restrictions, is  $Y_2 = 63...106$  days. At the same time, the factors "degree of brickwork damage ( $R_1$ )", "degree of roof damage ( $R_2$ )", labor intensity of facade decoration ( $R_3$ )" and "combination of works ( $R_4$ )" vary within the following limits  $R_1 = 15.47...30.94\%$ ,  $R_2 = 18.15...54.45\%$ ,  $R_3 = 3.09...3.89$  man-hours/m<sup>2</sup>,  $R_4 = 77.4...78.3\%$ .

Approbation of the research results in the conditions of active construction production proves their effectiveness and significance in the restoration of brick buildings damaged as a result of military actions. Namely:

- LLC "ZARS" decided to implement the recommendations developed as part of the dissertation research;

- when using the results of the dissertation research, it was possible to significantly reduce the cost (10-15 %) and duration (5-10 %) of repair and restoration works at the facilities of the PE "Rusrembud" enterprise.

The results of the dissertation research were published in 15 printed works; introduced into the educational process and scientific work of the Odessa State Academy of Construction and Architecture.

The main scientific result is the following: development and improvement of methods, determination of patterns of change and optimization of the main indicators of organizational and technological solutions on the example of restoration of a brick school built according to a typical project, damaged as a result of military actions.

The practical significance of the obtained results of the dissertation research consists in determining the optimal combinations of factor values for obtaining the most effective organizational and technological solutions for the restoration of brick schools damaged by military actions, built according to a typical project, taking into account the current restrictions. As a result of the dissertation research, recommendations were developed for the optimization of organizational and technological solutions for the restoration of brick buildings damaged as a result of military actions and a technological map for the restoration of the main type of damage to brick walls according to the selected most effective structural and technological solution ("patent GB 593998 Method for repairing cracks in walls").

Using the results of the dissertation research can reduce the cost by 3.6-7.6% and the duration by 20-34% of the restoration of brick buildings damaged as a result of military actions, taking into account the current restrictions.

**Keywords:** restoration of brick buildings, buildings damaged as a result of military actions, numerical modeling, organizational and technological solutions, optimization of solutions.