

ISSN 2618-0650 (Print)
ISSN 2664-1364 (Online)

Механіка



та математичні методи

**Mechanics
and Mathematical Methods**

**Науковий журнал
The scientific journal**

V/1/2023

УДК 531 : 51-7 (05)
М55

МЕХАНІКА ТА МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ

Науковий журнал



Засновник і видавець:

Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Том V
№1
2023**

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ №23478–13318 Р від 13.07.2018 р.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
Серія ДК №4515 від 01.04.2013 р.

М55 **Механіка та математичні методи** : науковий журнал. — Одеса : ОДАБА, 2023. — Том V. — Вип. №1. — 120 с.

В науковому журналі публікуються статті і огляди за спеціальностями:

- 111 Математика;
- 112 Статистика;
- 113 Прикладна математика;
- 121 Інженерія програмного забезпечення;
- 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології;
- 124 Системний аналіз;
- 131 Прикладна механіка;
- 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Рекомендовано до друку Вченою радою Одеської державної академії будівництва та архітектури, протокол №9 від 08.06.2023 р.

Адреса: редакція журналу «Механіка та математичні методи»
Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, Україна, 65029

Телефони: (048)723-23-10, (048)7323402, (048)7298626

E-mail: mmm@ogasa.org.ua

Web: mmm-journal.com.ua

УДК 531 : 51-7 (05)
М55

ISSN 2618-0650 (Print)
ISSN 2664-1364 (Online)

Одеська державна академія
будівництва та архітектури, 2023

Склад редакційної колегії:

Головний редактор: Ковров А. В., к.т.н., проф., ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;

Заступники головного редактора:

Крутії Ю. С., д.т.н., проф., проректор з науково-педагогічної роботи Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;

Сур'янінов М. Г., д.т.н., проф., завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;

Відповідальний секретар: Кіосак В. А., д.ф.-м.н., проф., професор кафедри вищої математики Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;

- Бербюк В. Є. д.ф.-м.н., проф., професор кафедри механіки та морських наук, Технічний університет Чалмерса, Гетеборг, Швеція;
- Ватуля Г. Л., д.т.н., проф., професор кафедри будівельної механіки та гідравліки Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна;
- Горик О. В., д.т.н., проф., завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін Полтавської державної аграрної академії, Полтава, Україна;
- Карпюк В. М., д.т.н., проф., професор кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;
- Куріазопоулос А., к.т.н., доц., професор кафедри будівництва, Університет Західної Аттики, Афіни, Греція;
- Кода Е., д.т.н., проф., декан факультету будівництва та інженерії середовища Варшавського природничого університету, Варшава, Польща;
- Кононов Ю. М., д.ф.-м.н., проф., завідувач відділу теорії керуючих систем інституту прикладної математики та механіки НАН України, Слав'янск, Україна;
- Круглов В. Є., д.ф.-м.н., проф., професор кафедри методів математичної фізики Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, Одеса, Україна;
- Кучер М. К., д.т.н., проф., завідувач відділу конструкційних матеріалів інституту проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України, Київ, Україна;
- Лесечко О. В., к.ф.-м.н., доц., завідувач кафедри вищої математики Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;
- Лещенко Д. Д., д.ф.-м.н., проф., завідувач кафедри теоретичної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;
- Ляшенко Т. В., д.т.н., проф., професорка кафедри інформаційних технологій та прикладної математики Одеської державної академії будівництва та архітектури, Одеса, Україна;
- Максимович О. В., д.т.н., проф., професорка кафедри зварювального виробництва, діагностики та відновлення металоконструкцій Національного університету "Львівська політехніка", Львів, Україна;
- Отрош Ю. А. д.т.н., проф., начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національного університету цивільного захисту України, Харків, Україна;
- Пастернак Я. М., д.ф.-м.н., проф., завідувач кафедри прикладної математики та механіки Луцького національного технічного університету, Луцьк, Україна;
- Пневматікос Н., к.т.н., доц., доцент кафедри будівництва, Університет Західної Аттики, Афіни, Греція;
- Савченко О. Г., д.ф.-м.н., проф., професор кафедри алгебри, геометрії та математичного аналізу Херсонського державного університету, Херсон, Україна;
- Трач В. М., д.т.н., проф., завідувач кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки Національного університету водного господарства та природокористування, Рівне, Україна;
- Шваб'юк В. І., д.т.н., проф., професор кафедри прикладної математики та механіки Луцького національного технічного університету, Луцьк, Україна.

Технічний редактор: Головата Злата Олександрівна

Лінгвістичний радник з англійської мови: Мар'яно Яніна Георгіївна, к.ф.н, доц.

ІТ підтримка: Вандинський Віктор Юрійович

The composition of the editorial board:

Chief Editor: Kovrov A., Ph.D., Professor, Rector of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;

Deputy Chief Editor:

Krutii Yu., Doctor of Technical Science, Professor, Pro-rector for Research of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;

Suryaninov M., Doctor of Technical Science, Professor, Head of Structural Mechanics Department, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;

Assistant Editor: Kiosak V., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Professor of Higher Mathematics Department, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;

- Berbyuk V., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Professor in Mechanical Systems, Division of Dynamics, Department of Mechanics and Maritime Sciences Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden;
- Vatulia G., Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Structural Mechanics and Hydraulics Department, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine;
- Goryk O., Doctor of Technical Science, Professor, Head of Basic Technical Disciplines Department, Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine;
- Karpuyk V., Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Department of Reinforced Concrete Constructions and Transport Constructions, Odessa, Ukraine;
- Kyriazopoulos A., Ph.D., Professor Department of Civil Engineering University of West Attica, Athens, Greece;
- Koda E., Doctor of Technical Science, Professor, Dean of Construction and Environmental Engineering Faculty, University of Life Sciences, Warsaw, Poland;
- Kononov Y., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Control-system Theory Division, Institute of Applied Mathematics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Slavyansk, Ukraine;
- Kruglov V., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Professor of Chair of Methods of Mathematical Physics Odessa I. I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine;
- Kucher M., Doctor of Technical Science, Professor, Head of Structural Materials Division, G. S. Pisarenko Institute for Problems of Strength, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine;
- Lesechko O., Ph.D., Associate Professor, Head of Higher Mathematics Department, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;
- Leshchenko D., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Theoretical Mechanics Department, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;
- Lyashenko T., Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Information Technology and Applied Mathematics Department, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine;
- Maksymovych O., Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Department of Welding Engineering, Diagnostics and Rebuilding of Metal Structures, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine;
- Otrosh Y., Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Civil Protection Service, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine;
- Pasternak Y., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Applied Mathematics and Mechanics Department, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine;
- Pnevmatikos N., Ph.D., Associate Professor Department of Civil Engineering University of West Attica, Athens, Greece;
- Savchenko O., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Professor of Algebra, Geometry and Mathematical Analysis Department, Kherson State University, Kherson, Ukraine;
- Trach V., Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Bridges and Tunnels, Strength of Materials and Structural Mechanics, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine;
- Shvabyuk V., Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Engineering Mechanics Department, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine.

Technical Editor: Holovata Zlata

Linguistic Adviser in English language: Maryanko Yanina, Ph.D., Associate Professor

IT Support: Vandynskyi Viktor

ЗМІСТ

I. Medved, Yu. Otrosh, N. Rashkevich, A. Kondratiev Optimization of calculations of building structures.....	6
D. Kaliuzhnyi-Verbovetskyi, V. Pivovarchik Recovering the shape of a quantum caterpillar tree by two spectra.....	14
Лещенко Д. Д., Козаченко Т. О. Еволюція руху динамічно симетричного гіростата під дією постійного моменту.....	25
Самородов О. В., Митинський В. М., Кротов О. В., Храпатова І. В Стрічковий фундамент з повздовжнім вирізом по підшві масивної підпірної стіни.....	33
Сурганова Ю. Е., Міхлін Ю. В. Регулярна та складна поведінка маятникової системи у магнітному полі.....	44
V. Fomin, I. Fomina Calculation of reinforced -concrete frame for stability under the action of aggressive environment.....	61
Сорока М. М. Граничний стан двутаврового армованого перерізу з використанням пружнопластичних діаграм деформування матеріалів.....	72
Гуртовий О. Г., Тинчук С. О. Використання симетрії для розв'язування задач деформування плит на жорсткій основі.....	84
Вашпанова Н. В., Лесечко О. В., Подоусова Т. Ю. Інфінітезимальні деформації поверхонь із заданою зміною тензора Річчі.....	97
M. Bekirova Stability of rods with initial imperfections in the form of eccentricity of load application under linear and non-linear creep conditions.....	110

CONTENT

I. Medved, Yu. Otrosh, N. Rashkevich, A. Kondratiev Optimization of calculations of building structures.....	6
D. Kaliuzhnyi-Verbovetskyi, V. Pivovarchik Recovering the shape of a quantum caterpillar tree by two spectra.....	14
D. Leshchenko, T. Kozachenko Evolution of dynamically symmetric gyrostat motion under the action of constant torque.....	25
O. Samorodov, V. Mitinskiy, O. Krotov, I. Khrapatova A strip foundation with a longitudinal cut-out in the bottom of a massive retaining wall....	33
Y. Surhanova, Y. Mikhlin Regular and complex behavior of a pendulum system in a magnetic field.....	44
V. Fomin, I. Fomina Calculation of reinforced -concrete frame for stability under the action of aggressive environment.....	61
M. Soroka Limit state of a i-reinforced section using elastoplastic diagrams of deformation of materials	72
O. Gurtovyi, S. Tynchuk Using symmetry to solve problems of deformation of plates on a rigid foundation.....	84
N. Vashpanova, O. Lesechko, T. Podousova Infinitesimal deformations of surfaces with a given change of the Ricci tensor.....	97
M. Bekirova Stability of rods with initial imperfections in the form of eccentricity of load application under linear and non-linear creep conditions.....	110

UDC 624.04

OPTIMIZATION OF CALCULATIONS OF BUILDING STRUCTURES

I. Medved¹, Yu. Otrosh², N. Rashkevich², A. Kondratiev³

¹*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*

²*National University of Civil Defence of Ukraine*

³*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Abstract. Building structures are very diverse in their shapes, sizes, loading conditions, etc. Their durability depends on many factors, including how accurately the design scheme reflects the actual conditions of its operation. Because no matter how precise and complex calculation methods are used, if an incorrect calculation scheme is calculated, then the results of such calculations will not reflect the true picture. Therefore, the problem of optimization of design schemes is of great scientific and practical importance. Optimization parameters depend on specific conditions. One of the existing approaches for finding optimal solutions is based on mathematical modeling, when the model is an analytical dependence of the objective function on dependent (controlled) variables, the numerical values and range of which are set based on the actual operating conditions of this structure. The compilation of such models and the performance of appropriate calculations require a deep understanding of the essence of the phenomenon and knowledge of the mathematical apparatus. Of the existing methods, the most common and developed is linear programming, when the model is a linear function and the variables in the constraint system are also linear. The idea of the method is technically implemented in the add-in "Search for a solution" for Microsoft Excel. With its help, you can find the optimal (maximum or minimum) numerical value of the objective function contained in one cell, taking into account restrictions on the values of dependent variables in other cells. Most often, this superstructure is used in solving optimization problems of the economy (simplex method, transport problem, etc.). In the public domain, there are very few results of using this approach in the calculations of building structures at the initial design stage. In the proposed work, an attempt was made to use this add-on in the problem of optimizing the geometric dimensions of a structure, when the numerical value of the bending moment in a particular section was chosen as the optimization criterion. It is appropriate to solve such a problem at the stage of drawing up the design scheme of the structure.

Keywords: calculation scheme, line of influence, search for solutions.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Медвідь І. І.¹, Отрош Ю. А.², Рашкевич Н. В.², Кондратьєв А. В.³

¹*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

²*Національний університет цивільного захисту України*

³*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

Анотація. Будівельні конструкції різноманітні за формою, розмірами, умовами навантаження тощо. Їх довговічність залежить від багатьох факторів, у тому числі від того, наскільки точно проектна схема відображає реальні умови її експлуатації. Якими б точними і складними методами розрахунку не користувалися, якщо буде невірна схема розрахунку, то результати таких розрахунків не відобразатимуть справжньої картини. Тому проблема оптимізації проектних схем має велике наукове та практичне значення. Параметри оптимізації залежать від конкретних умов. Один із існуючих підходів до пошуку оптимальних рішень базується на математичному моделюванні, коли модель являє собою аналітичну залежність цільової функції від залежних (керованих) змінних, числові значення та діапазон яких



задаються виходячи з реальних умов роботи даної структури. Складання таких моделей та виконання відповідних розрахунків вимагають глибокого розуміння сутності явища й знання математичного апарату. Серед існуючих методів найбільш поширеним та розробленим є лінійне програмування, коли модель є лінійною функцією, змінні в системі обмежень теж лінійні. Ідея методу технічно реалізована в надбудові «Пошук рішення» для Microsoft Excel. За його допомогою можна знайти оптимальне (максимальне або мінімальне) числове значення цільової функції, що міститься в одній клітинці, з урахуванням обмежень значень залежних змінних в інших клітинках. Найчастіше ця надбудова використовується під час вирішення задач оптимізації економіки (симплексний метод, транспортна задача тощо). У відкритому доступі недостатньо результатів використання цього підходу для розрахунків будівельних конструкцій на початковому етапі проектування. У запропонованій роботі була зроблена спроба використати цю надбудову для задачі оптимізації геометричних розмірів конструкції, коли критерієм оптимізації було обрано числове значення згинального моменту в конкретному перерізі. Вирішувати таку задачу доцільно на етапі складання розрахункової схеми споруди.

Ключові слова: розрахункова схема, лінія впливу, пошук рішень.

1 INTRODUCTION

The reliability and durability of building structures depends on many factors: geometric dimensions, materials used, acting external loads and their combinations, etc. In this regard, appropriate calculations are performed at the design stage.

In the field of the theory of calculation of building structures, there is a constant refinement of their actual work, i.e. such design schemes are created that most accurately correspond to the actual operating conditions. Therefore, the solution of the problem of optimization of design schemes is of great scientific and practical importance.

One of the existing approaches to finding optimal solutions is considered in the course "Operations Research" [1]. The goal is a quantitative substantiation of the decisions made, and the effectiveness of the operation is estimated by the numerical value of the objective function.

Among the models used, first of all, a large class of optimization models should be noted. In general terms, the optimization problem can be formulated as follows: to find such values of controlled variables that satisfy the system of inequalities (restrictions) and turn the objective function into a maximum (or minimum).

Of all the known methods of mathematical programming, the most common and developed is linear programming [2, 3]. In addition, non-linear objective functions can be successfully used.

2 ANALYSIS OF PUBLICATIONS

Mathematical programming methods and the add-in "Search for a solution" are usually used to solve problems in economics, management, and logistics. In the public domain, there are very few results of using this approach in the calculations of building structures at the initial design stage. [4, 5, 6].

3 MATERIALS AND METHODS

This article attempts to show the possibility and expediency of using the methods of mathematical programming and the "Search for Solutions" add-on at the stage of choosing the optimal geometric parameters of design schemes for building structures.

4 RESEARCH RESULTS

Based on the results obtained in [6], we will show how to optimize the main geometric parameters of the design scheme.

Let us take, for example, the linear dimensions of the structure a , b , c as controlled variables.

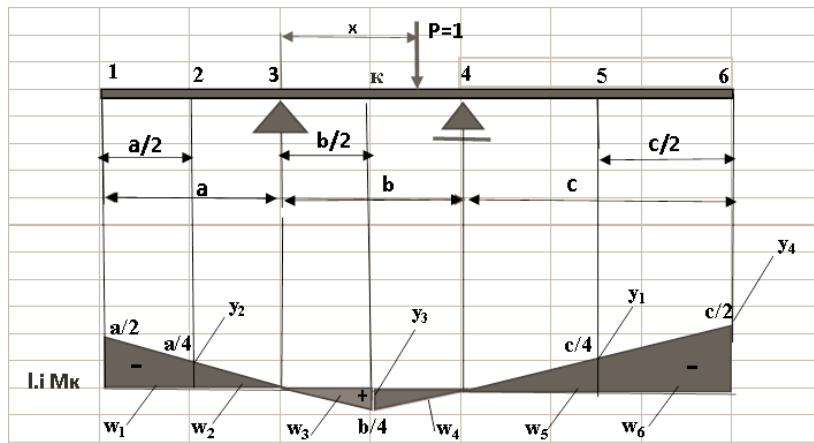


Fig. 1. Calculation scheme and line of influence of the bending moment

Of the proposed loading options (Fig. 2):

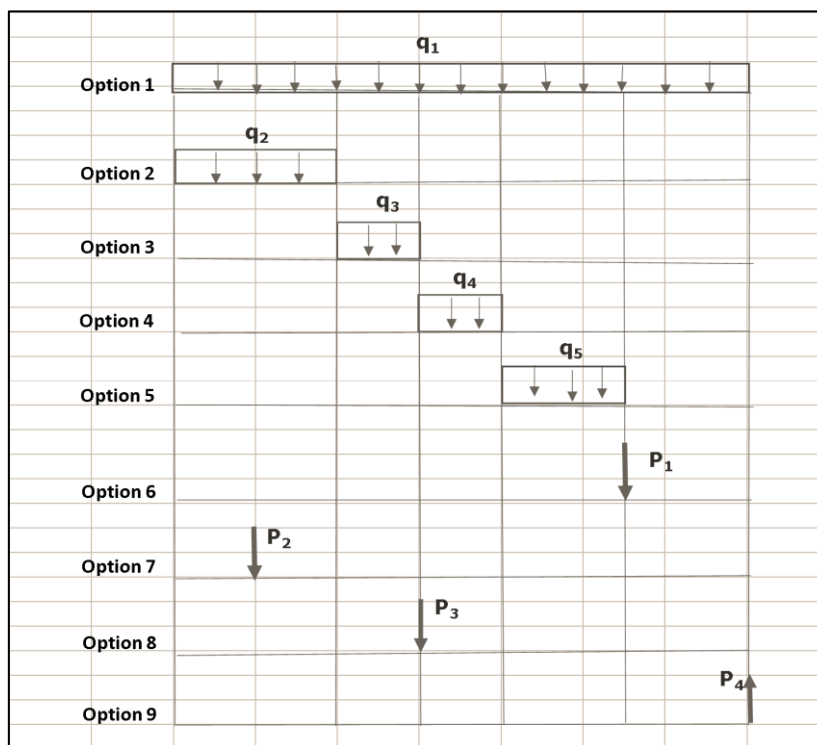


Fig. 2. Structure loading options

choose the one that corresponds to the smallest bending moment in the section "k" [6].

q1	q2	q3	q4	q5	P1	P2	P3	P4
30	20	0	0	30	100	50	150	0

Fig. 3. Numerical values of external load

The loading scheme for this case is shown in Fig.4.

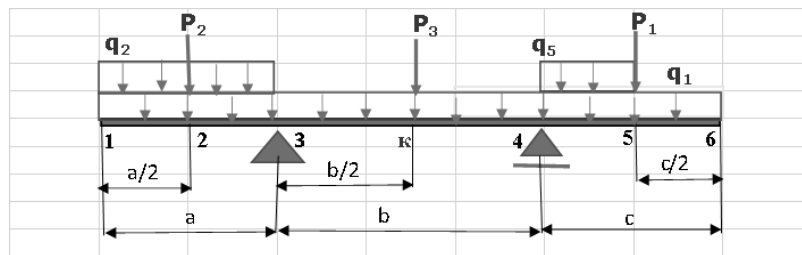


Fig. 4. Calculation scheme of the beam

Now, using the "Search for Solutions", we will determine the numerical values of the parameters a, b, c of the design scheme (Fig. 4), at which the bending moment in the section "k" takes on extreme values.

In the course of structural mechanics, a formula is known for determining the numerical value of the generalized internal force factor F along the corresponding line of influence [7–10]:

$$F = \sum q_i w_i + \sum P_i y_i + \sum M_i \tan \alpha_i \quad (1)$$

Then the target function will look like:

$$M_k = q_1(w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6) + q_2(w_1 + w_2) + q_5 w_5 + P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3. \quad (2)$$

Let us determine the areas of the corresponding sections and the ordinates of the line of influence:

$$w_1 = \frac{\left(\frac{a}{2} + \frac{a}{4}\right)}{2} \cdot \frac{a}{2} = -\frac{3 \cdot a^2}{16}, \quad w_2 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{4} = -\frac{a^2}{16}, \quad w_3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{4} = \frac{b^2}{16},$$

$$w_4 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{4} = \frac{b^2}{16}, \quad w_5 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{c}{2} \cdot \frac{c}{4} = -\frac{c^2}{16}, \quad w_6 = \frac{\left(\frac{c}{2} + \frac{c}{4}\right)}{2} \cdot \frac{c}{2} = -\frac{3 \cdot c^2}{16},$$

$$y_1 = -\frac{c}{4}, \quad y_2 = -\frac{a}{4}, \quad y_3 = \frac{b}{4}.$$

In further calculations, we will assume that the bending moment is positive if it stretches the lower fibers.

Now we introduce restrictions on the controlled variables a, b, c . Constraints define the conditions that these variables must satisfy. The type of restrictions is determined by the conditions of a particular task and the goal to be achieved. It should be noted that Search for Solutions is very sensitive to restrictions. Let us introduce, for example, the following restrictions:

$$\begin{cases} a + b + c = 7 \\ 2 \leq b \leq 3 \\ a \geq 1 \\ c \leq a. \end{cases}$$

In this case, the table of parameters for finding solutions to find the maximum bending moment will look like (Fig. 5).

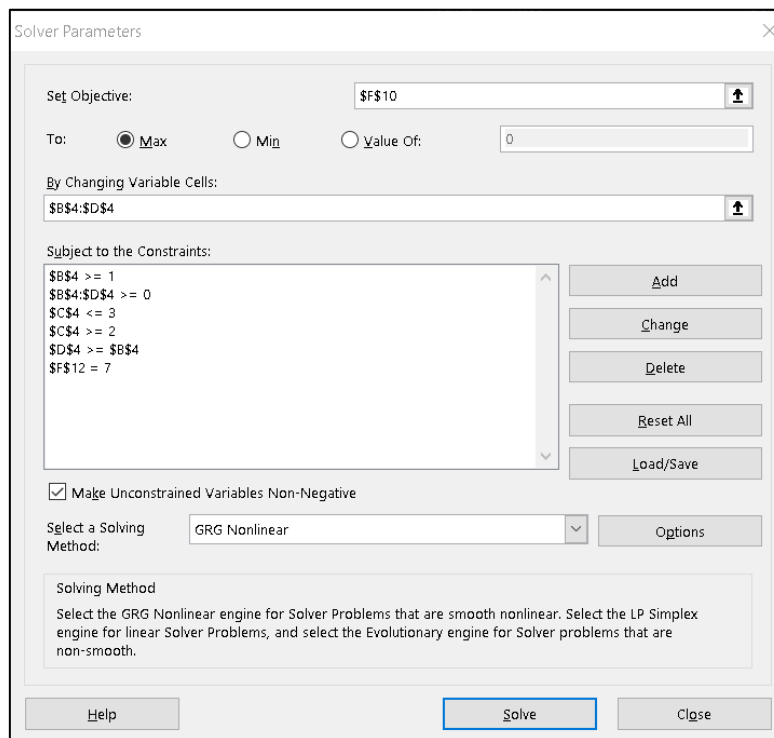


Fig. 4. Solution search options

The calculation results are shown in Fig. 5:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3		a	b	c							
4		2	3	2							
5	q,p	30	20	0	0	30	100	50	150	0	
6	w,y	-0.875	-1	0.5625	0.5625	-0.25	-0.5	-0.5	0.75	1	
7											
8											
9											
10						-16.25					Target function
11											
12						7					a+b+c

Fig. 5. Numerical values of controlled variables and target function

The value of the objective function corresponds to the value of the maximum bending moment in the section "k" ($M_k = -16.25$ kNm). Since the value is negative, the top fibers of the cross section will be stretched. If the results of the calculation are presented graphically, then we obtain the calculation scheme shown in Fig.6.

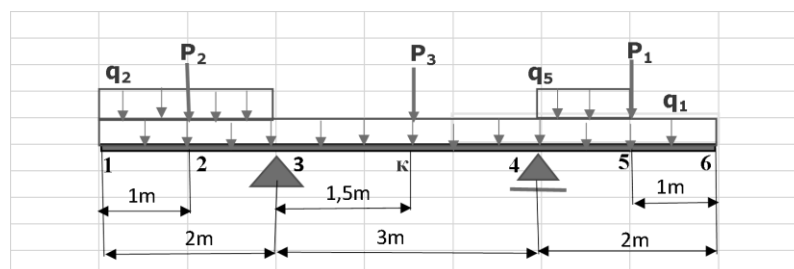


Fig. 6. Calculation scheme corresponding to $M_{k,max}$

