



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

№4, ТОМ 14 (2008) 253-262

УДК 624.014.2

(08)-0171-0

ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК РАЦІОНАЛЬНИХ КОМБІНОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

М.В. Гоголь

Національний університет «Львівська політехніка»,

12, вул. Степана Бандери, 79646, м. Львів, Україна.

E-mail: artbud-zahid@ukr.net

Отримана 20 жовтня 2008; прийнята 27 жовтня 2008

Анотація. У статті на основі узагальнення досвіду регулювання зусиль в металевих комбінованих конструкціях показано, що найбільш раціональним методом регулювання є розрахунковий – в процесі проектування. Такий метод не вимагає ніяких додаткових матеріальних витрат. Підкреслено, що проблема розрахунку будівельних конструкцій, в тому числі комбінованих, насамперед повинна ставитись як проблема їх раціонального проектування. Розроблена узагальнена математична модель розрахунку комбінованих конструкцій на основі енергетичного підходу з врахуванням деформованого стану балки жорсткості. Показана суть розрахунку: спочатку на основі методу декомпозиції системи розділяємо систему на дві підсистеми – головну і допоміжну. Після цього, використавши синтез системи, розраховується її напружено-деформований стан. Представлений алгоритм регулювання напружено-деформованого стану системи. Показана ефективність такого регулювання і приклади впровадження таких раціональних конструкцій. Одержані результати можуть бути використані у промисловому та цивільному будівництві.

Ключові слова: модель, метод, комбіновані конструкції, рівнонапруженість, раціональне проектування, регулювання, ефективність.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

М.В. Гоголь

Національний університет «Львівська політехніка»,

12, вул. Степана Бандери, 79646, г. Львів, Україна.

E-mail: artbud-zahid@ukr.net

Получена 20 октября 2008; принята 27 октября 2008

Аннотация. В статье на основании обобщенного опыта регулирования усилий в металлических конструкциях показано, что наиболее рациональным методом регулирования есть расчетный – в процессе проектирования. Такой метод не требует никаких дополнительных материальных затрат. Подчеркнуто, что проблема расчета строительных конструкций, в том числе комбинированных, изначально должна ставиться как проблема их рационального проектирования. Разработана обобщенная математическая модель расчета комбинированных конструкций на основе энергетического подхода с учетом деформированного состояния балки жорсткости. Показана суть расчета: сначала на основании метода декомпозиции системы разделяем систему на две подсистемы – главную и вспомогательную. Далее, используя синтез системы, рассчитываем ее напряженно-деформированное состояние. Представлен алгоритм регулирования напряженно-деформированного состояния системы. Показана эффективность такого регулирования и примеры внедрения таких рациональных конструкций.

Ключевые слова: модель, метод, комбинированные конструкции, равнонапряженность, рациональное проектирование, регулирование, эффективность.

DESIGN AND CALCULATION OF RATIONAL COMBINED METAL STRUCTURES

M.V. Gogol'

National University «Lvov Politekhnik» , 12, Stepana Bandera Str., Lvov 79646, Ukraine.

E-mail: artbud-zahid@ukr.net

Received 20 October 2008; accepted 27 October 2008

Abstract. On the basis of a generalized practice of controlling efforts in metal structures there is shown that calculation is the most rational method of controlling in the process of designing. This method requires no additional financial costs. As emphasized, the problem of calculating building structures, including combined ones, should initially be considered as the problem of their rational design. There was developed a generalized mathematical model of calculating combined structures on the base of an energy approach, a deformed state of the rigidity of a girder being taken into account. There is given an essence of calculation: on the base of a system decomposition method the system is divided into two subsystems, the main and auxiliary ones. Then, with the help of the system synthesis one can calculate its stress-strained state. There is given an algorithm of controlling a system stress-strained state, an efficiency of such a control and cases of introducing such rational structures are shown.

Keywords: model, method, combined structures, equi-stress, rational design, control, efficiency.

Актуальність проблеми

Сучасні тенденції розвитку будівництва в Україні гостро ставлять проблему підвищення ефективності будівельних металевих конструкцій, які були б конкурентоздатними порівняно з зарубіжними аналогами. Одним із методів вирішення цієї проблеми є використання регулювання зусиль в легких металевих комбінованих конструкціях в процесі проектування, що не вимагає ніяких додаткових матеріальних витрат [1-4]. Це, в свою чергу, вимагає розробки нових методів розрахунку і конструктивних форм, які б відповідали цим вимогам [5-8].

Основна задача при проектуванні будівельних конструкцій, з якою зустрічається інженер, є одержання рівномірної конструкції, тобто найбільш раціональної системи. Основним методом, на даний час, для одержання такої конструкції є метод наближень. Кількість наближень може досягати великого числа і залежить в першу чергу від досвіду і інтуїції конструктора, при яких рідко досягається мета. Тому проблема розрахунку будівельних конструкцій, в тому числі комбінованих, насамперед повинна ставитись як проблема їх раціонального проектування. Отже,

раціональне проектування є актуальною проблемою, вирішення якої приведе до значного економічного ефекту, а це спільно складає велику і важливу наукову проблему.

В даній роботі розвивається метод [9], який дозволяє одночасно з вирішенням оберненої задачі - раціонального проектування, одержати і вирішення прямої задачі розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) конструкції. В якості критерія раціональності виступає енергетичний критерій раціонального проектування, а також вимоги до НДС: рівнонапруженість, рівномоментність, максимальна жорсткість, або мінімальна маса конструкції.

Основною перевагою комбінованих конструкцій є концентрація матеріалів та можливість проектування їх малоелементними [10]. В більшості металевих комбінованих конструкцій основна (65-85%) маса матеріалу зосереджена в балці жорсткості, від умов проектування і металоємності якої значною мірою залежать техніко-економічні показники усієї системи. Розрахунок кожного виду таких конструкцій існуючим методом [11] має свої особливості. Результати таких розрахунків дають нерівномірний напружений стан по довжині

основного елемента – балки жорсткості, який полягає у суттєвій різниці опорних і пролітних моментів. Це робить існуючі комбіновані конструкції на завжди раціональними [1,6,8]. Тому удосконалення методу розрахунку комбінованих металевих конструкцій, який відображав би їх дійсну роботу, є на даний час актуальною проблемою.

Мета роботи

Метою роботи є удосконалення існуючих методів розрахунку комбінованих конструкцій з врахуванням їх дійсного напружено-деформованого стану та його регулювання. Задачами дослідження є: а) розробка методу регулювання напружено-деформованого стану балки жорсткості по її довжині для отримання рівних напружень в розрахункових опорних і пролітних перерізах; б) визначення раціональної топології комбінованих конструкцій; в) розробка єдиного методу їх розрахунку.

Виклад основного матеріалу

Такі системи вимагають в свою чергу розробки як розрахункового методу регулювання зусиль, так і методу розрахунку таких комбінованих конструкцій з врахуванням деформованого стану балки жорсткості [5,10]. Суть розрахунку: спочатку на основі методу декомпозиції системи розділимо систему на дві підсистеми – головну і допоміжну. Головною підсистемою будемо вважати балку жорсткості на пружних опорах, які моделюють систему підкріплення. Пружними опорами вважаються елементи (вертикальні і похилі) комбінованої конструкції (системи). Допоміжною підсистемою вважаємо конструкцію шпренгеля або ванта. При цьому для розрахунку використано не статичні принципи, а енерго-варіаційні, зокрема принцип Лагранжа. Надалі, використавши синтез системи, розраховуємо її напружено-деформований стан. Для запропонованої розрахункової моделі математична модель описується на основі повної потенційної енергії системи.

Запропонований метод проектування і розрахунок раціональних комбінованих конструкцій зводиться до врахування впливу деформативності проміжних опор балки жорсткості на співвідношення опорних і пролітних мо-

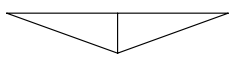
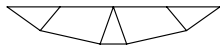


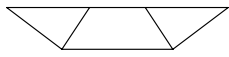
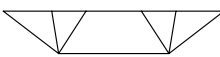
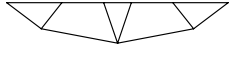
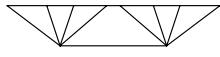
ментів[5]. При цьому раціональність комбінованої конструкції в цілому залежить як від жорсткості проміжних опор шпренгельної системи, так і від топології. На першому етапі регулюють деформований стан та моменти у балці жорсткості. На другому етапі знаходять зусилля “N” у елементах системи підкріплення, яка при цьому стає статично визначеною, і визначають їх перерізи, які відповідають відрегульованому стану балки жорсткості, що забезпечує «сумісність деформацій» балки жорсткості і комбінованої системи, в якій є ця балка жорсткості [5].

Наприклад, в однопролітній балці, поставивши посередині прольоту пружну опору, можна відрегулювати жорсткість пружної опори так, щоби всі екстремуми момента мали однакові значення і були рівні між собою $-ql^2/48$. Мінімум, що можна досягнути в балці на жорсткій опорі- без регулювання зусиль, це $M_{\min} = ql^2/32$, а у випадку з регулюванням зусиль $-M_{\min} = ql^2/48$, що на 34% менше. Звідси впливає основний принцип регулювання напружено-деформованого стану комбінованих конструкцій, розрахункову схему яких можна прийняти як схему балки на «пружних» проміжних і твердих крайніх опорах.

Суть такого регулювання полягає в раціональному виборі топології конструкцій, характері закріплень на опорах, розрахунку її геометричних параметрів і жорсткісних характеристик стержневих елементів. В процесі збільшення зовнішнього навантаження в ній відбувається попередньо розрахований раціональний перерозподіл внутрішніх зусиль між елементами з одержанням НДС аналогічного, як від дії попереднього напруження. Такі прийоми дозволяють регулювати розподіл внутрішніх зусиль і деформацій в будь-яких системах, що дозволяє вважати їх універсальними. На основі чого нами запропонований і запатентований [13-15] номенклатурний ряд ефективних нових легких, малоелементних шпренгельних конструкцій (табл. 1) і раціональні області їх використання.

Такі конструктивні схеми є найбільш раціональними з точки зору регулювання зусиль і концентрації металу в балці жорсткості. Аналогічно розроблені нові конструктивні форми великопролітних шпренгельних висячих

Таблиця 1. Номенклатурний ряд комбінованих малоелементних шпренгельних ферм.

№ п\п	Схема комбінованої системи	Область використання, величина прольотів в м	№ п\п	Схема комбінованої системи	Область використання, величина прольотів в м
1		6,9,12	5		12,18,24
2		9,12,18	6		9,12,18
3		9,12,18,24	7		12,18,24,30
4		12,18,24	8		18,24,30,36,42

вантових металевих систем, сталобетонних і металодерев'яних, а також способи посилення [16-18].

Отже, задаємось науковою гіпотезою, що відрегулювати напружено-деформований стан балкових конструкцій можна лише застосовуючи пружні опори, а балка на пружних проміжних опорах і твердих крайніх є узагальненим типом всіх можливих типів балок, і математична модель такої балки може стати узагальноною для всіх відомих і нових типів балок. Доведемо обґрунтованість такої гіпотези поетапно – спочатку на схемі фізичної моделі, а потім і на математичній моделі. Для цього зобразимо схему фізичної моделі такої балки (рис.1) [5].

При розробці методики розрахунку математичної моделі – для узагальноної розрахункової моделі, поданої на рис.1, приймемо такі допущення [5]: Прогин балки у будь-якій точці не перевершує допустимого нормами значення $[f]$ і всі проміжні пружні опори розміщені регулярно по довжині балки. Причому деформація пружних опор визначається за теорією Вінклера.

У розробленому методі розрахунку – математичній моделі – використаємо енергетичний підхід, застосувавши варіаційне рівняння

Лагранжа [11], яке базується на принципі варіації переміщень за умови задоволення рівнянь статки, тобто

$$\delta E = 0, \quad (1)$$

де E – повна енергія системи.

При цьому повна енергія E системи складається із потенційної енергії U внутрішніх сил та потенційної енергії Π зовнішніх сил, тобто

$$E = U + \Pi.$$

Для стійкості рівноваги за принципом Діріхле [11] необхідно, щоби повна потенційна енергія E системи була мінімальною, тобто щоби виконувалась нерівність

$$d^2 E = d^2 (U + \Pi) > 0.$$

Потенційна енергія U деформації системи, як відомо, залежить від деформації всіх елементів системи. Отже, для наших умов повна потенційна енергія E системи запишеться так

$$\varepsilon = U + \Pi = \frac{1}{2} \int_0^l EJ \left(\frac{d^2 v}{dx^2} \right)^2 dx + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} K_i v_i^2 - \int_0^l V q dx - \frac{1}{2} \frac{\Delta l^2}{l} EA, \quad (2)$$

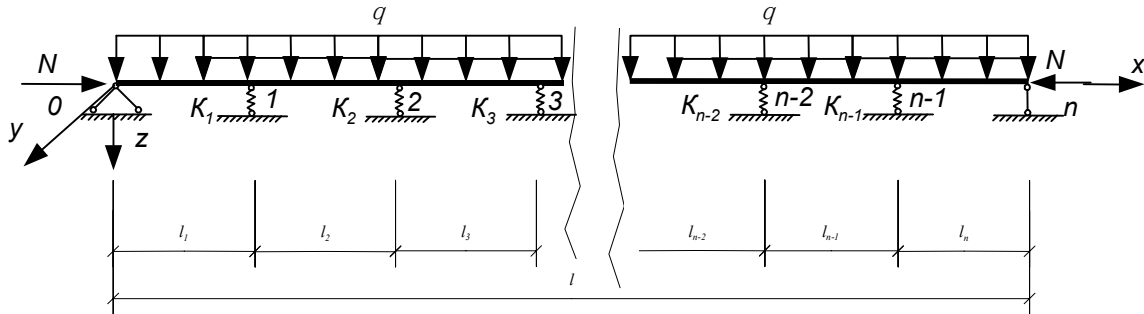


Рис. 1. Фізична модель балки на пружних опорах.

де Δl – поздовжня деформація стержня (балки), v – функція прогинів балки у всіх точках по її довжині.

Розв’язання поставленої проблемної задачі можливе двома шляхами – методами неперервної математики, які вважаються точними, та методами дискретної математики, які вважаються наближеними. При “точному” розрахункові функцію $V_x = f(x)$ задають так,щоби вона задовільняла граничні та краєві умови і характер деформації системи. Тоді повну енергію E системи можна записати як функціонал

$$E = \int_0^l F(x, v, v', v'') dx .$$

Щоби інтеграл одержав екстремальне значення, функція F повинна задовільняти рівняння Ейлера-Лагранжа.

$$\frac{\partial F}{\partial v} - \frac{d}{dx} \cdot \frac{\partial F}{\partial v'} + \frac{d^2}{dx^2} \cdot \frac{\partial F}{\partial v''} = 0 .$$

В результаті одержимо диференційне рівняння складного згину балки у вигляді

$$EJ \frac{d^4 v}{dx^4} - N \frac{d^2 v}{dx^2} + K v = q .$$

Інтегруючи дане рівняння із забезпеченням граничних та краєвих умов балки, одержимо рівняння осі деформованої балки (епюру прогинів балки), тобто одержимо розв’язок задачі у замкненій формі. Але при наявності ЕОМ “точний” метод втратив свою актуальність - дискретні наближені методи стали зручнішими у розрахунках, тим більше, що вони дозволяють розбити балку по довжині на які завгодно малі

відтинки, такі, що $\Delta x = dx$, і одержати таку ж точність, як і методами неперервної математики, але значно простіше. Збільшений обсяг обчислень при цьому для ЕОМ не має принципового значення.

Скористаємося методом Тимошенко-Рітца. За цим методом функцію $v_{(x)}$ задамо рядом

$$v_x = \sum_{i=1}^{n-1} a_i \varphi_i , \tag{3}$$

де a_i – шукані параметри функцій $\varphi_i (i = \overline{1, n-1})$; φ_i – задані функції, що задовільняють граничні та краєві умови.

Підставивши функцію (3) у формулу (2) і виконавши подані там операції, одержимо повну енергію e системи у вигляді функції

$$E = E (a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-1}, P),$$

де P – узагальнене зовнішнє навантаження.

Тоді умова (1) запишеться так

$$\delta E = \frac{\partial E}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial E}{\partial a_2} \delta a_2 + \dots + \frac{\partial E}{\partial a_{n-1}} \delta a_{n-1} = 0 \tag{4}$$

При довільних і незалежних варіаціях $\delta a_i (i = \overline{1, n-1})$ залежність (4) може бути виконана лише за умови

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial E}{\partial a_1} = \frac{\partial U}{\partial a_1} + \frac{\partial \Pi}{\partial a_1} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial a_2} = \frac{\partial U}{\partial a_2} + \frac{\partial \Pi}{\partial a_2} = 0 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{\partial E}{\partial a_{n-1}} = \frac{\partial U}{\partial a_{n-1}} + \frac{\partial \Pi}{\partial a_{n-1}} = 0 \end{array} \right.$$

Відомо, що потенційна енергія деформації U вимірюється роботою, яка виконується при переведенні системи із заданого деформованого стану у початковий, недеформований, тобто

$$U = A = \frac{1}{2}(P_1\Delta_1 + P_2\Delta_2 + \dots + P_n\Delta_n) = \frac{1}{2}[P_1 P_2 \dots P_n] \times \begin{bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \Delta_n \end{bmatrix} = \frac{1}{2}(\bar{P})^T \bar{\Delta} \Leftrightarrow U = \frac{1}{2}(\bar{\Delta})^T \bar{P}$$

де P_i і Δ_i – відповідно узагальнені сили, прикладені до системи у точках “ i ”, та відповідні переміщення цих точок.

Якщо на точки “ i ” накласти лінійні зв’язки, то, використавши принцип суперпозиції, зможемо записати

$$P_i = \tau_{i1}\Delta_1 + \tau_{i2}\Delta_2 + \dots + \tau_{in}\Delta_n = [\tau_{i1} \tau_{i2} \dots \tau_{in}] \times \begin{bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta_n \end{bmatrix} \quad (i = \overline{1, n}) \Leftrightarrow \bar{P} = \begin{bmatrix} \tau_{11} \tau_{12} \dots \tau_{1n} \\ \tau_{21} \tau_{22} \dots \tau_{2n} \\ \dots \\ \tau_{n1} \tau_{n2} \dots \tau_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta_n \end{bmatrix} \Leftrightarrow \bar{P} = R\bar{\Delta}$$

Підставивши значення R , одержимо

$$U = \frac{1}{2}(\bar{\Delta})^T R\bar{\Delta}.$$

Отже, для лінійної системи, а такою, за умови прийнятих нами допущень, є наша, потенційна енергія деформації U є однорідною квадратичною формою узагальнених переміщень $\Delta_i (i = \overline{1, n})$,

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n r_{ij} \Delta_j \right) \Delta_i.$$

Для однорідного поля зовнішніх консервативних сил потенціал Π залежить від переміщень $\Delta_i (i = \overline{1, n})$ лінійно. Його можемо записати так

$$\Pi = - \sum_{i=1}^n P_i \Delta_i,$$

де $P_i = q_i dx$ – елементарні зовнішні сили від рівнорозподіленого навантаження.

Таким чином, для дискретної лінійної системи з “ n ” незалежними узагальненими переміщеннями $\Delta_i (i = \overline{1, n})$ повна енергія системи запишеться так:

$$E = U + \Pi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n r_{ij} \Delta_j \right) \Delta_i - \sum_{i=1}^n P_i \Delta_i$$

Врахувавши умову (1), після деяких перетворень запишемо так:

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n r_{ij} \Delta_j - P_i \right) = 0.$$

Для наших умов, згідно із рис.1 та залежністю (3), переміщення $\Delta_i (i = \overline{1, n})$ позначимо через $a_i (i = \overline{1, n-1})$. У точках “ i ” у нас є пружні опори, в яких від зовнішнього навантаження q виникають реактивні сили $R_i (i = \overline{1, n-1})$. Тоді для наших умов рівняння запишеться так:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left(\sum_{j=1}^{n-1} r_{ij} a_j + R_{iq} \right) = 0$$

Підставивши визначені параметри $r_{ij} (i, j = \overline{1, n})$ та $R_{iq} (i = \overline{1, n})$, одержимо дійсні переміщення балки, тобто її деформований стан, чого відомі методи [11] не дають.

Маючи значення $R_i (i = 4, 8, 12, \dots, n-2)$, знаходимо зусилля у елементах підкріплюючої системи, яка при цьому є статично визначеною. Маючи зусилля у всіх елементах системи, перевіряємо їх міцність в залежності від елемента системи, який розглядаємо. Якщо міцність в якомусь елементі не витримана, збільшуємо його переріз. Правильність підібраних $A_i (i = \overline{1, \kappa})$ перевіряємо умовно деформації системи, яку визначаємо за методом Мора, враховуючи лише нормальні сили у елементах системи. При чому деформація системи є обмеженою прогинами балки жорсткості на пружних опорах. Отже, бачимо, що подана методика розрахунку дозволяє одержати у балці жорсткості поліекстремальну,



Рис. 2. Монтаж малоелементної шпренгельної ферми прольотом $L=12$ м. Санаторій «Женева», м. Трускавець, 2004 р.



Рис.3. Малоелементні комбіновані ферми перекриття з регулюванням зусиль $L=12$ м. Бізнес-центр «Підзамче», м. Львів, 2007 р.



Рис.4. Підкрів'яна балко-ферма $L=12\text{м}$. Завод експериментальних механічних випробувань м. Львів, 2004 р.

з потрібними значеннями екстремумів, епожу M_q без попереднього напруження системи. Наведемо дані про ефективність таких систем, наприклад: навантаження рівне 24 кН/м.п. , маса малелементної шпренгельної ферми з розрахунковим методом регулювання зусиль (табл. 1, п.3) прольотом 18 м , висотою $1,8 \text{ м}$ рівна масі типової шпренгельної ферми «Молодечино», марки ФС-18-2,40 прольотом 18 м висотою $2,0 \text{ м}$ (на 10% більшою) [19], кількість елементів 14 – проти 6 , довжина зварних швів $24,1 \text{ м}$ – проти $13,8$ і вартість в «ділі» складає $86,1\%$ порівняно з типовою. Результатом роботи стало видання навчального посібника [10], рекомендацій з використання результатів проведених досліджень в конструкціях покриттів і перекриттів будинків і споруд [12]. Для використання даних результатів в проектній практиці розроблена програма і алгоритм розрахунку зусиль розрахунковим способом на ЕОМ (мова ФОРТРАН-IV). Проведені числові співставлення результатів розрахунку комбінованих систем запропонованим методом і програмними методами «Міраж» і «Scad», що ще раз підтвердило достовірність і ефективність методу. Ці результати були використані і впровад-

жені при проектуванні наступних об'єктів і споруд: завод експериментальних досліджень м. Львів, бізнес центр «Підзамче», санаторій «Женева» м. Трускавець та інші. (рис. 2-4).

Висновки

1. Подана узагальнена методика розрахунку комбінованих систем за їх деформованими схемами.
2. Подана методика розрахунку дозволяє виконувати потрібне регулювання зусиль у балці жорсткості без її попереднього напруження.
3. Запропонована методика регулювання зусиль у комбінованих системах дає системи більш вигідні, ніж відомі методики.

Література

1. Пермяков В.А., Гоголь М. В., Пелешко И. Д. Комбинированные металлические конструкции с регулированием и их оптимизация // Наука и инновации в современном строительстве. Междунар. научн.-практ. конф. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный

- университет. Санкт-Петербург, 17-19 окт. 2007 г.– Санкт-Петербург.– 2007.– С. 142-145.
2. Гоголь М.В., Пелешко І.Д., Більський М.Р. Регулювання зусиль у стержневих металевих конструкціях // Будівельні металеві конструкції: сьогодення та перспективи розвитку. V Міжнарод. наук.-техн. конф. УкрНДІпроектстальконструкція. К.,19-22 верес. 2006 р.– К., В-во „Сталь”.– 2006.– С. 93-95.
 3. Гоголь М.В., Більський М.Р., Пелешко І.Д. Проектування і розрахунок комбінованих металевих конструкцій з регулюванням зусиль // Современные строительные конструкции из металла и древесины. Сб.науч.трудов ОГАСА. Часть 1. – ОДЕСА, 2006. – С. 34-39.
 4. Gogol Myron, Peleshko Ivan, Bilskyj Mykhajlo.Gajda Olexij. New constructive forms and their reliability // Quality and Reliability in Bulding industry.IV International Scientific Conferece. 17-19 Oct.. 2006.– Levoca, Slovakia. Technical University of Kosice, 2006.
 5. Гоголь М.В. Узагальнений метод розрахунку металевих конструкцій з регулюванням зусиль // Вісник НУ “Львівська політехніка”.Теорія і практика будівництва. 2002. – №462. – С. 25-34.
 6. Гоголь М.В. Дослідження раціональних параметрів комбінованих конструкцій // Вісник НУ “Львівська політехніка”.Теорія і практика будівництва. 2007. – №. 602.– С. 14-18.
 7. Гоголь М.В. Особливості розрахунку будівельних конструкцій із регулюванням зусиль // Будівельні конструкції. – Київ: НДІБК. – 2003. – Випуск 59. – Книга 1. – С. 271-278.
 8. Пермяков В.О.,Гоголь М.В. Проблема регулювання напружено-деформованого стану плоских стержневих металевих конструкцій // Вісник НУ “Львівська політехніка”.Теорія і практика будівництва. 2004. – №.495. – С. 154-157.
 9. Пермяков В.А. Совершенствование стальных стержневых конструкций на основе решения обобщенной задачи оптимального проектирования: Дис... докт. техн. наук: 05.23.01. – К., 1993.- 461 с.
 10. Проектування раціональних комбінованих металевих конструкцій / Укл.: В.О. Пермяков, М.В. Гоголь, І.Д. Пелешко, М.Р. Більський, Б.С. Чайка // За ред. проф. В.О. Пермякова. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2005.–180 с.
 11. Баженов В.А., Гранат С.Я., Шишов О.В. Будівельна техніка. – К., 1999. – 584 с.
 12. Рекомендації з проектування раціональних металевих несучих конструкцій перекрыть та покритть для наукових працівників, аспірантів, студентів будівельних спеціальностей, інженерно-технічних працівників проектних і науково-дослідних організацій та підприємств будівельного профілю / Укл.: В.О. Пермяков, М.В. Гоголь. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2006.–24 с.
 13. Пат. 50014 А Україна, МКИ 7 Е04С3/10 В66С17/00. Балкова конструкція: Пат.50014 А Україна, МКИ 7 Е04С3/10 В66С17/00 Гоголь М.В.,Гайда О. М.(Україна) – № 99127148; Заявл. 28.12.99; Опубл. 15.10.02. – 2 с.
 14. Пат. 46983 А Україна, МКИ 7 Е04С3/10. Прогінна конструкція: Пат.46983 А Україна, МКИ 7 Е04С3/10 Гоголь М.В.,Гайда О. М.,Чайка Б.С.(Україна)– № 2001031714; Заявл. 14.03.01; Опубл. 17.06.02.–2 с.
 15. Пат. 48841 А Україна, МКИ 7 Е04С3/08. Шпренгельна балка: Пат. 48841 А Україна, МКИ 7 Е04С3/08 Гоголь М.В., Чайка Б.С., Гайда О.М., Надала І.В.(Україна) – № 2001128874; Заявл. 21.12.01; Опубл. 15.08. 02. – 2 с.
 16. Гоголь М.В. Розрахунок балко-ферми при роботі в області обмежених пластичних деформацій // Вісник НУ “Львівська політехніка”.Теорія і практика будівництва. 2005. – №.545. – С. 32-35.
 17. Гоголь М.В. Особливості роботи балко-ферм при несиметричному навантаженні // Вісник НУ “Львівська політехніка”.Теорія і практика будівництва. 2007. – №. 600.– С. 63-67.
 18. Гоголь М.В., Пенцак А.Я. Розрахунок комбінованої металодерев'яної ферми з врахуванням деформацій верхнього поясу // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць Рівненського ДТУ.– 2004. –Випуск 11. – С. 161-169.
 19. Легкие металлические конструкции одноэтажных производственных зданий / И. И. Ищенко, В.М. Спиридонов, Ю.Н. Хромец; Под ред. И.И. Ищенко.- М.: Стройиздат, 1979.- 196 с., - (Справочник проектировщика).

Гоголь Мирон Васильович працює завідувачем кафедри «Будівельне виробництво» Національного університету «Львівська політехніка». Член-кореспондент Академії будівництва України. Наукові інтереси: регулювання зусиль в будівельних конструкціях розрахунковим методом, оцінка технічного стану та проектування раціональних металевих конструкцій, посилення конструкцій.

Гоголь Мирон Васильевич работает заведующим кафедрой «Строительное производство» Национального университета «Львовская политехника». Член-корреспондент Академии строительства Украины. Научные интересы: регулирование усилий в строительных конструкциях расчетным методом, оценка технического состояния и проектирование рациональных металлических конструкций, усиление конструкций.

Gogol' Miron Vasil'yevich works as the manager of the Department «Building Production» of the National University «Lvov Politekhnik». A corresponding member of the Academy of Civil Engineering of Ukraine. Scientific interests: control of efforts in building structures by a calculated method, an estimation of the operating conditions and design of rational metal structures, strengthening of structures.