УДК 624.011.1+004.9

doi:10.31650/2707-3068-2021-25-5-12

ГОЛОВНІ НАПРЯМКИ СУЧАСНОГО РОЗВИТКУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

¹Білик С. І., д.т.н., професор
vartist@ukr.net ORCID: 0000-0001-8783-5892

¹Білик А.С., к.т.н., доцент,
artem.bilyk@gmail.com ORCID: 0000-0002-9219-920X

¹Київський національний університет будівництва і архітектури
пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна

Анотація. Розвиток технологій виготовлення і проектування металевих конструкцій разом з розвитком комп'ютерних технологій обумовлює можливість підвищення продуктивності праці як при виготовленні, так і при монтажі будівельних конструкцій. Аналіз та узагальнення таких факторів дозволив виділити основні тенденції і напрямки створення і удосконалення металевих конструкцій з урахуванням автоматизації процесів їх виготовлення, використання BIM-технологій тощо. Виділені тенденції дозволяють показати, як напрямки розвитку наукових досліджень, так і напрямки розробки практичних методологій визначення закономірностей напружено-деформованого стану конструктивних систем з використанням металу.

Ключові слова: металеві конструкції, тенденції розвитку наукових досліджень, конструктивні системи, інформаційні моделі конструктивних систем, розрахункові схеми, напруження.

Вступ. Рівень розвитку держави визначається використанням металевих конструкцій індустріального виготовлення у будівництві. Такий об'єктивний процес обумовлений можливістю підвищення продуктивності праці як при виготовленні, так і при монтажі. Наразі у багатьох галузях народного господарства намітилися зміни, які не можна назвати інакше як революційні. Галузь металевих конструкцій не є виключенням. Визначення головних факторів і напрямків сучасного розвитку металевих конструкцій будівель і споруд є важливим з позицій наукових досліджень, так і розробки практичних методологій визначення закономірностей напружено-деформованого стану конструктивних систем з використанням сталі.

Аналіз останніх досліджень. Удосконалення виробництва і проектування [1] металевих конструкцій тісно пов'язане із новими етапами технологічного розвитку та впровадженням більшого рівня автоматизації та роботизації при виготовленні металевих конструкцій, BIM-технологій (Building Information Modeling) [1,2,3,4,5,19], як в проектуванні, у виробництві металоконструкцій, і при їх монтажі. Це відкрило можливість виготовляти нові класи металевих конструкцій, такі, як балки з гофрованою стінкою, гофровані арки і оболонки, легкі сталеві тонкостінні конструкції (ЛСТК), зварні елементи змінного перерізу [1,6,7,10,5,19,20], підійти до вирішення ряду проблем просторових конструкцій [7,8,12] тощо. Важливим також є розвиток теорії розрахунку і оптимального проектування для стрижневих конструкцій складних просторових форм і тонкостінних конструкцій, в тому числі з урахуванням стиснутого крутіння [10, 16,17].

Створення повної цифрової моделі конструктивної системи будівлі або споруди відкриває нові можливості з уточнення напружено-деформованого стану конструкцій, та максимально-можливої автоматизації і роботизації для конструкцій, трудомістких при виготовленні. Розвиток програмних комплексів з розрахунку металевих конструкцій дозволив підняти на новий рівень також розуміння роботи вузлових з'єднань металевих стрижневих і рамних конструкцій, особливо уточнити роботу фланцевих з'єднань для різних типів конструктивних рішень [7, 12,18].

Орієнтація та наближення на будівельні нормативні документи дозволили провести ряд досліджень роботи металевих конструкцій з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій [1,8,9,11], автоматизувати цей процес [3,5,11] і виявити ряд проблемних питань, що потребують впровадження в нормативні документи [20,21,22].

Удосконалення розрахункового апарату металевих конструкцій дозволило проектувальникам і науковцям вийти на вирішення нових кардинальних проблем таких, як живучість конструкцій, регулювання життєвого циклу при різних умовах навантаження експлуатації будівель і споруд [4,12,13,14,15] з урахуванням фізичної і геометричної нелінійної роботи і т.п.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є узагальнення тенденцій розвитку будівельних конструкцій та визначення напрямків подальших досліджень ефективних конструктивних форм. Проведений аналіз наукових праць дає підстави виділити напрямки розвитку теорії розрахунку металевих конструкцій та визначити задачі у новітній час.

Об'єкт дослідження – робота сучасних металевих конструкцій при різних умовах експлуатації, їх розрахунок на базі сучасних технологій проектування та пошуку оптимальних рішень.

Основний матеріал та результати досліджень. Аналіз публікацій і наукових праць за різними тематиками та конференції і публікації дозволив сформулювати 5 основних тенденцій розвитку металобудівництва.

1) Цифровізація галузі. Використання BIM-технологій у проектуванні і виробництві металевих конструкцій суттєво впливає на перетворення галузі металобудівництва на сучасну постіндустріальну галузь. Окрім того, технології доповненої і віртуальної реальності все більше втілюються на майданчиках і заводах, що прискорює складні етапи монтажу, дозволяє уникнути переробок тощо, і підвищує точність якості конструктивних рішень. На сьогодні провідні організації як Український центр сталевих будівництва (УЦСБ), ТОВ "УКРІНСТАЛЬКОН ім. В.М. Шимановського" та кафедра МДК КНУБА працюють над створенням нових нормативних документів для впровадження в практику проектування металевих конструкцій з використанням BIM-технологій.

2) Автоматизація і роботизація проектних та виробничих процесів. Відомо, що будівельна галузь наразі залишається найменш продуктивною. За даними Всесвітньої асоціації по сталі (WorldSteel), загальна тенденція свідчить, що ручна праця стає все дорожчою, а вартість трудомістких ручних операцій – зростає. У таких умовах знаходять все більше застосування високоточні верстати з числовим управлінням, 3Д-принтери по сталі, тим самим зростає точність операцій і точність виготовлення складних деталей. Комплексність поставки, «будівля із коробки» являють собою мабуть досягнення вершини стандартизації і уніфікації елементів.

3) Наукоємність галузі. Високоміцні сталі, композитні матеріали, товстолистові конструкції, нові технології зварювання – результат нових наукових розробок, і позначають новий етап розвитку будівництва. Комплексність критеріїв вибору рішень дозволяє враховувати технологічні, конструктивні, економічні і екологічні обмеження при виборі конструктивних форм. Важливим критерієм раціонального вибору конструктивних рішень є зменшення термінів будівництва, а відповідно і зменшення терміну циклу, в якому залучені кредитні або інвестиційні кошти.

4) Екологізація галузі. Будівництво наразі відповідає понад за третину всіх викидів парникових газів і забруднюючих речовин на планеті. Загальний рух до зменшення згубного впливу глобального потепління зумовив прийняття у багатьох країнах законопроектів що обмежують викиди і заохочують до екологізації будівельних матеріалів та виробів. Для сталі це означає все більше використання брухту, екологічні технології плавки сталі (водневий метод, відновлювальні джерела енергії і т.п.), запровадження екологічної сертифікації, екологічних декларацій продуктів (EPD), податкових стимулів тощо. Серед сучасних підходів прийняття рішень із вибору конструктивної форми стає важливим урахування факторів

життєвого циклу будівлі і споруди, вибір ефективної конструктивної форми при забезпеченні проектної живучості.

5) Комплексна оптимізація вирішень. Зростання комп'ютерних потужностей, розвиток комп'ютерних технологій, удосконалення програмного забезпечення, відбувається наразі стрімкими темпами. Це дозволяє вирішувати задачі із оптимізації конструктивних форм на новому до того недоступному рівні деталізації і багатокритеріальності. Результат вибору при цьому наближається до глобального оптимуму, так як використовує методи повного перебору або глибокої евристики.

Висновки. Виділені вище фактори окреслюють також і перспективи розвитку галузі, тісно пов'язані з існуючими науково-технічними проблемами, які обумовлені не тільки економічними критеріями, а залежать від появи нових конструктивних форм, які необхідно досліджувати, і поява яких пов'язана із створенням нових технологій і нових за призначенням і та формами будівель і споруд. Такі тенденції на наш погляд тісно пов'язані із рядом важливих завдань:

1) Створення і використання сталей високої міцності С960 та більше шляхом використання ТМСП прокату, мікролегування, структурування торсійними генераторами, створення нового покоління жаростійких і жароміцних, корозійностійких сталей тощо. Дослідження міцності і стійкості конструкцій із високоміцних сталей і введенні результатів цих досліджень.

2) Удосконалення автоматизованих і роботизованих процесів виготовлення деталей і зварювання сталей надвисокої міцності при різних товщинах металу від 4 до 100 мм.

3) Розвиток та удосконалення теорії розрахунку тонкостінних і комбінованих конструкцій. Визначення дійсного ресурсу металоконструкцій після довготривалої експлуатації.

4) Впровадження у практику створення нових конструкцій підходів раціонального і оптимального проектування із урахуванням вимог довготривалої експлуатації і життєвого циклу, здешевлення вогнезахисту та антикорозійного захисту сталевих конструкцій. Створення економічних вогнезахисних систем сталевих конструкцій із збереженням несучої здатності при пожежі до 3 годин, забезпечення живучості при пожежі.

5) Удосконалення будівельних норм і правил проектування металевих конструкцій; імплементація провідних закордонних норм і досвіду; підготовка сучасних професійних інженерів та техніків.

6) Широке застосування та розвиток сучасних методів розрахунку і моделювання складних конструкцій та визначення їх дійсного напружено-деформованого стану; розвиток експериментально-теоретичних досліджень натурних зразків конструкцій на базі створення високоточних інформаційних моделей конструктивних систем.

Всі оголошені напрямки і завдання вбачаються актуальними для найближчих 5 років і потребують активного впровадження і розвитку. Для цього потрібні як потужна постійна підтримка держави, так і зусилля виробників металевих конструкцій, науковців та інших учасників галузі. Головною метою вбачається поєднання розвитку наукових досліджень, використання сучасних технологій проектування і виробництва, це створює умови сталого розвитку, де сталь як природний та на 98% перероблюваний матеріал – має перспективи використання в Україні і значний експортний потенціал.

Література

1. Металеві конструкції: підручник / Нілов О.О., Пермяков В.О., Олександр Віталійович Шимановський О.В., Білик С.І., Лавріненко Л.І.; Під заг. ред. Нілов О.О., Олександр Шимановський О.В.– Вид. 2-е, перероб. та доп.– К. : Сталь, 2010.– 869 с.

2. Building Information Modeling (BIM) and Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) for Mass Timber Construction. BIM Topics Lab, University of British Columbia, 2018. 86 p.
3. Барабаш М.С., Кір'язєв П.М., Лапенко О.І., Ромашкіна М.А. Основи комп'ютерного моделювання. Навчальний посібник. К., НАУ, 2018. 492 с.
4. Барабаш М.С., Київська К.І. Концепція створення інформаційної моделі будівельного об'єкту. Проблеми розвитку міського середовища. 2016. Вип. 1 (15). С. 60–68. <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf>
5. Gorodetsky A. S, Pikul A.V. Pysarevskiy B. Y. Modelling of soil behavior in dynamic load // International Journal for computational Civil and Structural Engineering. 2017. – 13(3).- С.34-41.
6. Bilyk S.I., Bilyk A.S., Nilova T.O., Shpynda V.Z., Tsyupyn E.I. Buckling of the steel frames with the I-shaped cross-section columns of variable web height // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2018. – Issue 100. – P. 140-154. <http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/12/201604.pdf>
7. Лавріненко Л.І., Некора В.С. Дослідження нагрівання сталеві балки з гофрованою стінкою в умовах пожежі. Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип.6 (2020) С.12 – 21. doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.12-21.
8. Solodei I.I., Vabishchevich M.O., Stryhun R.L. Semianalytical finite elements method efficiency in the geometrically nonlinear elastic-plastic problems // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 103. – P. 71- 81. http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-103/07-103_solodei_i.i._vabishchevich_m.o._stryhun_r.l.pdf
9. Білик С.І. Білик А.С. Коефіцієнт стійкості центрально-стиснутих сталевих елементів з урахуванням початкових деформацій та геометричних недосконалостей / Білик С.І., Білик А.С. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. №82. - Дн-вск., ПГАСА, 2015.- С.32-37. <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/3402/1/Bilyk.pdf>
10. Расчет стальных холодноформованных профилей в соответствии с Эврокодом 3. Хэйвуд М., Уэй. Э., Беляев Н.А., Білик С.І. Білик А.С., Украинский Центр Стального Строительства, 2015 К.: Изд-во ООО «НПП «Интерсервис»», 2015, с.99.
11. Білик С. І. Рациональні сталеві каркаси малоенергоємних будівель із двотаврів змінного перерізу : дис. доктора. техн. наук : 05.23.01 /С.І. Білик – Київ, 2008. – 460 с.
12. Bilyk Sergiy, Tonkacheiev Vitaliy. Determining sloped-load limits inside von Mises truss with elastic support. Materiali in tehnologije., Ljubljana, Slovenija 52 (2018), 105-109, [doi:10.17222/mit.2016.083](https://doi.org/10.17222/mit.2016.083) <http://mit.imt.si/Revija/izvodi/mit182/bilyk.pdf>
13. Daurov M.K., Bilyk A.S. Providing of the vitality of steel frames of high-rise buildings under action of fire // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 102. – P. 62-68. <http://repository.knuba.edu.ua/bitstream/handle/987654321/4701/07-102.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. Білик А.С., Коваленко А. І. Сучасні методи моделювання прогресуючого руйнування будівель і споруд // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. научн. тр.- Днепропетровск. Серия, Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения 87/2016 – С. 35-41. <http://library.knuba.edu.ua/pdf>.
15. Лавріненко Л.І., Кієнко Є.Є. Аналіз сценарію прогресуючого руйнування стержньового купола. Містобудування та територіальне планування. КНУБА, 2017. Вип. 64. С. 108–114. Kubba. Building Information Modeling (BIM).
16. Bilyk S. I., Yurchenko V. V. Size optimization of single edge folds for cold-formed structural members // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 73-86. <http://omtc.knuba.edu.ua>.

17. Peleshko I. D., Yurchenko V. V. An improved gradient-based method to solve parametric optimisation problems of the bar structures // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles* – Kyiv: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 265-288. <http://omtc.knuba.edu.ua>
18. Білик С., Білик А., Цюпин Є., Нужний В., Ключниченко Т. Удосконалення методики розрахунку зварних швів фланцевих вузлових з'єднань із врізаними ребрами жорсткості просторових сталевих ферм з труб Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип.6 (2020) С.12 – 21. doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.57-65.
19. Криксунов Э.З., Перельмутер А.В., Юрченко В.В. Расчетные модели фланцевых соединений рамных узлов металлических конструкций и их программная реализация в SCAD office /Э.З.Криксунов, А.В.Перельмутер, В.В. Юрченко // Бюллетень строительной техники. – 2010. – № 1. – С. 56–59.
20. Білик С. І. Рациональні сталеві каркаси малоенергоємних будівель із двотаврів змінного перерізу : дис. доктора. техн. наук : 05.23.01 /С.І. Білик – Київ, 2008. – 460 с.
21. Perelmuter A.V. Strength analysis in regulatory design documents and computational software // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles*. – K.: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 89-102. http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-104/02-104_perelmuter_new.pdf.
22. Bazhenov V.A., Krivenko O.P. Buckling and vibrations of the shell with the hole under the action of thermomechanical loads // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientificand-technical collected articles*. – K.: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 136-146. http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-104/05-104_bazh_kriv_new.pdf

References

- [1] Металеві конструкції: підручник / Нілов О.О., Пермяков В.О., Олександр Віталійович Шимановський О.В., Білик С.І., Лаврінченко Л.І.; Під заг. ред. Нілов О.О., Олександр Шимановський О.В.– Вид. 2-е, перероб. та доп.– К. : Сталь, 2010.– 869 с.
- [2] Building Information Modeling (BIM) and Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) for Mass Timber Construction. BIM Topics Lab, University of British Columbia, 2018. 86 p.
- [3] M.S. Barabash, P.M. Kiriaziev, O.I. Lapenko, M.A. Romashkina, *Osnovy kompiuternoho modeliuvannya: Navchalnyi posibnyk*, K., NAU, 2018.
- [4] M.S. Barabash, K.I. Kyivska, “Kontseptsii stvorennia informatsiinoi modeli budivelnogo ob'ektu”, *Problemy rozvytku miskoho seredovyscha*, vol. 1 (15), pp. 60– 68, 2016. <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf>
- [5] Gorodetsky A. S, Pikul A.V. Pysarevskiy B. Y. Modelling of soil behavior in dynamic load // *International Journal for computational Civil and Structural Engineering*. 2017. – 13(3).- C.34-41.
- [6] Bilyk S.I., Bilyk A.S., Nilova T.O., Shpynda V.Z., Tsyupyn E.I. Buckling of the steel frames with the I-shaped cross-section columns of variable web height // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles* – Kyiv: KNUBA, 2018. – Issue 100. – P. 140-154. <http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/12/201604.pdf>
- [7] L.I. Lavrinenko, V.S. Nekora, “Doslidzhennia nahrivannia stalevoi balky z hofrovanoi stinkoiu v umovakh pozhezhi”. *Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka*, vol. 6, C.12 – 21, 2020. doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.12 – 21.
- [8] Solodei I.I., Vabishchevich M.O., Stryhun R.L. Semianalytical finite elements method efficiency in the geometrically nonlinear elastic-plastic problems // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles* – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 103. – P. 71- 81. http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-103/07-103_solodei_i.i._vabishchevich_m.o._stryhun_r.l.pdf

- [9] Bilyk S. I. Reduction factor for buckling of central-compressed steel elements considering initial geometrical imperfections and residual stresses / S.I. Bilyk , A.S. Bilyk // Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipropetrovsk, 2015, no. 82, pp. 32–37. (in Ukrainian).
<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/3402/1/Bilyk.pdf>
- [10] Calculation of cold-formed steel profiles in accordance with Eurocode 3. /Haywood M., Way. E., Belyaev N.A., Bilik S.I. Bilik A.S.// Ukrainian Center for Steel Construction, 2015 K. : Publishing house «Interservice», 2015, p. 99. <https://uscc.ua/ru/raschet-elementov-iz-stalnykh-kholodnoformovannykh-profiley-v-sootvetstvii-s-evrokodom-3>
- [11] Bilyk S. I. Rational steel frameworks of low-power buildings from two-stage worms: dis. the doctors. tech. Sciences: 05.23.01 /S.I. Bilyk - Kyiv, 2008. - P. 460
- [12] Bilyk Sergiy, Tonkacheiev Vitaliy. Determining sloped-load limits inside von Mises truss with elastic support. Materiali in tehnologije., Ljubljana, Slovenija 52 (2018), 105-109, doi:10.17222/mit.2016.083 <http://mit.imt.si/Revija/izvodi/mit182/bilyk.pdf>
- [13] Daurov M.K., Bilyk A.S. Providing of the vitality of steel frames of high-rise buildings under action of fire // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 102. – P. 62-68.
<http://repository.knuba.edu.ua/bitstream/handle/987654321/4701/07-102.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [14] Білик А.С., Коваленко А. І. Сучасні методи моделювання прогресуючого руйнування будівель і споруд // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. научн. тр.- Днепропетровск. Серия, Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения 87/2016 – С. 35-41. <http://library.knuba.edu.ua/pdf>.
- [15] L.I. Lavrinenko, Y.Y. Kienko, “Analiz stsenariiu prohresuiuchoho ruinuвання sterzhno-voho kupola”. Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya, KNUBA, vol. 64. P. 108– 114, 2017.
- [16] Yurchenko V. V. , Bilyk S. I. Size optimization of single edge folds for cold-formed structural members // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 73-86. <http://omtc.knuba.edu.ua>.
- [17] Peleshko I. D., Yurchenko V. V. An improved gradient-based method to solve parametric optimisation problems of the bar structures // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 265-288. <http://omtc.knuba.edu.ua>
- [18] Bilyk S., Bilyk A., Nujnyy V., Tsyupyn E., Kluchnichenko T. Improvement of the method of calculation of welds of flange joints with stiffeners of steel trusses with chs elements// Budivelnny constructions. Theory and practice. Coll. scienc. pr. rel 7. - Kyiv. MES of Ukraine, KNUCA, 2020. - P. 57–65. DOI: 10.32347/2522-4182.7.2020.57-65.
http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/18/2020/7_2020.pdf
- [19] Kriksunov E.Z., Perelmutter A.V., Yurchenko V.V. Design models of flange connections of frame joints of metal structures and their software implementation in SCAD office / E.Z. Kriksunov, A.V. Perelmutter, V.V. Yurchenko // Bulle-shadow of construction equipment. - 2010. - No. 1. - P. 56–59.
- [20] Perelmutter A.V. Strength analysis in regulatory design documents and computational software // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – K.: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 89-102. http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-104/02-104_perelmutter_new.pdf.
- [21] Bazhenov V.A., Krivenko O.P. Buckling and vibrations of the shell with the hole under the action of thermomechanical loads // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – K.: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 136-146.
http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-104/05-104_bazh_kriv_new.pdf

ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

¹Билык С. И., д.т.н., профессор
vartist@ukr.net ORCID: 0000-0001-8783-5892

¹Билык А.С., к.т.н., доцент,
artem.bilyk@gmail.com ORCID: 0000-0002-9219-920X

¹Киевський національний університет будівництва та архітектури
пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, 03037, Украина

Развитие технологий изготовления и проектирования металлических конструкций вместе с развитием компьютерных технологий обуславливает возможность повышения производительности труда, как при изготовлении, так и при монтаже. Анализ и обобщение таких факторов позволил выделить основные тенденции и направления создания и совершенствования металлических конструкций с учетом автоматизации процессов их изготовления и использования BIM-технологий. Выделенные тенденции позволяют показать новые направления развития научных исследований и разработки практических методов определения закономерностей для напряженно-деформированного состояния конструктивных систем с использованием сталей. Среди главных тенденций выделены следующие: цифровизация отрасли металлостроительства; автоматизация и роботизация производства изготовления металлических конструкций; наукоемкость проектных и производственных процессов; экологизация производства, оценка конструктивных решений с позиций экологической безопасности; комплексная оптимизация конструктивных решений. Авторы выделяют очередные важные задачи и перспективы развития создания эффективных металлических конструкций: создание и использование сталей высокой прочности до С960 и более; совершенствование автоматизированных и роботизированных процессов изготовления деталей и сварки сталей высокой и сверхвысокой прочности при различных толщинах металла; развитие и совершенствование теории расчета тонкостенных и композитных конструкций, определение действительного ресурса металлоконструкций после длительной эксплуатации; внедрение в практику создания новых подходов рационального и оптимального проектирования с учетом требований долговременной эксплуатации и срока жизненного цикла, включая прогрессивное разрушение, удешевление огнезащитных составов стальных конструкций и антикоррозионных полимерных тонких пленок; совершенствование строительных норм и правил проектирования металлических конструкций, имплементация ведущих зарубежных норм и опыта. Подготовка современных профессиональных инженеров и техников, развитие экспериментально-теоретических исследований натурных образцов конструкций на базе создания высокоточных информационных моделей конструктивных систем.

Ключевые слова: металлические конструкции, тенденции развития научных исследований, конструктивные системы, информационные модели конструктивных систем, расчетные схемы, напряжения.

MAIN DIRECTIONS OF MODERN DEVELOPMENT OF STEEL CONSTRUCTIONS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES

¹ **Bilyk S.I.** doctor of techn. sciences, Professor
vartist@ukr.net ORCID: 0000-0001-8783-5892

¹ **Bilyk A.S.**, PhD, Assistant Professor,
artem.bilyk@gmail.com ORCID: 0000-0002-9219-920X

¹ *Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture*
31, Povitroflotsky Ave., Kyiv, 03037, Ukraine

The development of technologies for the manufacture and design of steel structures, together with the development of computer technologies, makes it possible to increase productivity in the building industry.

The analysis and generalization of such factors made it possible to identify the main trends and directions of the creation and improvement of metal structures, taking into account the automation of their manufacturing processes and the use of BIM technologies. The highlighted tendencies make it possible to show both new directions for the development of scientific research and directions for the development of practical methodologies for determining the regularities of the stress-strain state of structural systems using steel. Among the main trends, the following are highlighted: digitalization of the metal construction industry; automation and robotization of the manufacturing and assembling processes; science intensity of design and production processes; greening production, evaluating design solutions from the standpoint of environmental safety; complex optimization of design solutions.

The authors highlight the next important tasks and prospects for the development of the creation of effective metal structures: the creation and use of high-strength steels C960 and more, the improvement of automated and robotic welding processes for ultra-high-strength steels with various metal thicknesses; development and improvement of the theory of calculation of thin-walled and composite structures, determination of the actual resource of metal structures after long-term operation; introduction into the practice of creating new structures of rational and optimal design approaches with the requirements of long-term operation and life cycle, including progressive collapse, reduction in the cost of fire and anti-corrosion covers for steel structures; improvement of building codes and rules for the design of metal structures; implementation of leading foreign standards and experience; training of modern professional engineers and technicians; development of experimental and theoretical studies of full-scale samples of structures on the basis of creating high-precision information models of structural systems.

Keywords: steel structures, development trends of scientific research, structural systems, information models of structural systems, calculation schemes, life-cycle, futurology.