

РЕКОНСТРУКЦІЯ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ ЗІ СТАЛЕВИМ КАРКАСОМ

Голоднов О.І., д.т.н., проф.,
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна,
golodnow@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9722-9164;

Ткачук І.А., к.т.н.,
ТОВ «Ост-Вест Експрес», м. Київ, Україна,
igortkachyk26@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6587-8354.

Анотація. Реконструкція існуючої будівлі зі сталевим каркасом виконана у зв'язку з необхідністю переобладнання необігрованих виробничих приміщень під склад з метою підвищення тепло- та енергоефективності.

Було проведено обстеження несучих сталевих конструкцій існуючої виробничої будівлі, визначено їх технічний стан, виконано комп'ютерне моделювання, розрахунки і проектування конструкцій реконструйованої будівлі відповідно до вимог чинних нормативних документів і зроблено висновок про можливість проведення реконструкції будівлі. Існуючі конструкції були частково демонтовані. Виготовлені та змонтовані конструкції посилення та заміни.

Ключові слова: існуюча будівля, сталеві несучі конструкції, технічний стан, реконструкція, проектування, виготовлення, монтаж конструкцій.

Вступ. Постановка проблеми. Необхідність у проведенні обстеження конструкцій існуючої будівлі виникла у зв'язку зі зміною функціонального призначення, необхідністю збільшення об'єму, заощадження тепла та енергоефективністю, а також із заміною окремих конструктивних елементів, утепленням стінового огороження і покрівлі.

Виробнича будівля являла собою прямокутну в плані одноповерхову споруду зі сталевим каркасом, яку побудовано в 70-х роках минулого століття. Документація по будівлі відсутня. Будівля мала розміри в осях 46,5х13,1 м, висота до низу кроквяних конструкцій становила 6,2 м (рис. 1, 2).



Рис. 1 – Загальний вигляд будівлі



Рис. 2 – Загальний вигляд основних несучих конструкцій будівлі

Конструктивна система будівлі – каркасна. Колони наскрізного перерізу виконано зі сталевих швелерів №20. Габаритні розміри перерізу колон – 200х400 мм. Колони з'єднано з окремими залізобетонними фундаментами за допомогою анкерних болтів.

Покрівлю будівлі виконано з прокатних профілів. Як несучі елементи покрівлі використано сталеві арки, на верхні пояси яких обпирались прогоны.

Стінове огороження і покриття виконано зі сталевих листів. Утеплення конструкцій було виконано шляхом устрою внутрішніх стін з пінобетону товщиною 100 мм. Покрівлю не утеплено, було виконано підвісну стелю.

Просторова жорсткість конструкцій будівлі забезпечувалась сумісною роботою жорстко з'єднаних з фундаментами колон, кроквяних конструкцій, системою вертикальних в'язів по колонах, горизонтальними розпірками по колонах, прогонами та системою горизонтальних і вертикальних в'язів по покриттю.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Разом з новим будівництвом все частіше виникає необхідність в проведенні робіт по відновленню експлуатаційної придатності будівельних конструкцій будівель та споруд, а також добудови у зв'язку зі зміною функціонального призначення або необхідністю покращення експлуатаційних і тепло- та енергоефективних показників будівлі. При цьому необхідно вирішувати питання, пов'язані з визначенням напружено-деформованого стану і виконанням робіт із продовження терміну експлуатації споруд.

Вказані роботи необхідно вирішувати в комплексі, тобто прогнозу можливого продовження терміну експлуатації конструкцій будівель та споруд повинні передувати роботи, пов'язані з оцінкою їхнього технічного стану. Ці роботи виконуються відповідно до вимог чинних нормативних документів [1, 2].

Формулювання мети та методів дослідження. Мета цієї роботи полягає в розробці взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів технічного стану експлуатованих будівельних конструкцій і будівлі в цілому, обґрунтуванні можливості реконструкції існуючої будівлі у зв'язку зі зміною функціонального призначення та необхідністю покращання експлуатаційних показників будівлі.

Методи досліджень:

- аналіз даних, що містяться в наданих Замовником матеріалах;

- виконання обмірних робіт, натурне візуальне та інструментальне обстеження несучих конструкцій будівлі, виявлення та фотофіксація дефектів і пошкоджень;
- комп'ютерне моделювання, виконання необхідних розрахунків конструкцій;
- оцінка технічного стану на основі проведених досліджень;
- висновок про можливість подальшої експлуатації за умови реконструкції з можливістю добудови (за необхідності);
- проєктування, виготовлення, транспортування і монтаж конструкцій посилення (добудови).

Основний матеріал і результати. Обстеження, оцінку технічного стану конструкцій, розрахунки, підготовку висновку про технічний стан і обґрунтування можливості реконструкції виробничої будівлі виконано відповідно до вимог чинних нормативних документів [1, 2, 3, 4].

Відповідно до поставлених задач було проведено такі роботи:

- ознайомлення з об'єктом досліджень;
- візуальне й інструментальне обстеження конструкцій;
- обмірні роботи з розробкою обмірних креслень;
- розробка комп'ютерної моделі і виконання необхідних розрахунків конструкцій з урахуванням результатів обстеження конструкцій будівлі, обґрунтування рекомендацій щодо утеплення стінового огороження і покрівлі будівлі;
- оцінка технічного стану конструкцій на основі результатів проведених візуального й інструментального обстеження;
- підготовка висновку про технічний стан конструкцій, обґрунтування можливості реконструкції будівлі;
- розробка технічної документації на реконструкцію будівлі;
- демонтаж окремих конструкцій, виготовлення і монтаж конструкцій.

Обстеження з метою визначення технічного стану конструкцій будівлі проведено після вилучення стінового огороження та покрівлі шляхом проведення візуального та інструментального обстеження з фотофіксацією виявлених дефектів і пошкоджень. В ході обстеження було виявлено наступні характерні дефекти та пошкодження:

- руйнування захисного антикорозійного покриття на окремих ділянках конструкцій;
- з'єднання елементів в'язів і розпірок з колонами виконано з відступами від типових проєктних рішень;
- відсутність болтів в з'єднаннях, контргайок або інших заходів проти саморозгвинчування гайок в частині болтових з'єднань;
- відсутність круглих шайб під гайками в частині болтових з'єднань;
- корозію метизів у болтових з'єднаннях;
- відсутність окремих горизонтальних в'язів в покритті;
- відсутність окремих вертикальних в'язів в покритті.

Подальша надійна експлуатація конструкцій будівлі можлива за умови заміни несучих конструктивних елементів у зв'язку зі зміною функціонального призначення, ремонту окремих конструкцій і заміни стінового огороження і покрівлі (утеплення стінового огороження і покрівлі у відповідності з вимогами чинних норм). Під час проведення ремонту існуючих конструкцій було запропоновано виконати наступні заходи:

- в місцях руйнування захисного антикорозійного покриття зачистити поверхню металу від корозії, виконати захисне антикорозійне покриття у відповідності з вимогами чинних нормативних документів;
- в місцях, де відсутні болти в болтових з'єднаннях, а також в місцях, де болти піддано корозії, встановити нові оцинковані болти, гайки та шайби із забезпеченням заходів проти саморозгвинчування у відповідності з вимогами чинних нормативних документів;
- з'єднання елементів в'язів і розпірок з колонами виконати без відступів від типових проєктних рішень у відповідності з вимогами чинних нормативних документів.

Проєктування сталевих конструкцій було виконано у відповідності з вимогами чинних

нормативних елементів [1, 2, 3, 4 та ін.].

Основні вимоги щодо проєктування сталевих конструкцій викладено в розділі 5 ДБН В.2.6-198:2014 [3]. При проєктуванні були враховані наступні вимоги [5, 6, 7, 8, 9]:

- забезпечити надійність конструкцій за рахунок виконання вимог до вибору матеріалів, конструювання та розрахунків;
- прийняти конструктивні рішення, що забезпечують міцність, жорсткість, стійкість і просторову незмінюваність конструкцій і будівлі в цілому та їхніх окремих елементів під час транспортування, монтажу та експлуатації, при цьому передбачаючи в'язі залежно від основних параметрів будівлі та режиму її експлуатації (конструктивної схеми, прольотів, типів обладнання та режимів їх роботи, температурних впливів тощо);
- передбачити заходи щодо забезпечення довговічності конструкцій та захисту їх від корозії, впливу вогню і тепла, зносу та старіння;
- врахувати вимоги чинних нормативних документів стосовно забезпечення міцності та стійкості несучих конструкцій в умовах пожежі;
- передбачити технологічність виготовлення та монтажу конструкцій;
- забезпечити складальність конструкцій розрахунком точності геометричних параметрів зі встановленням необхідності контрольного чи загального складання або використанням регулювальних пристроїв;
- врахувати відхилення від проєктних розмірів і геометричної форми елементів конструкцій, які допускаються під час виготовлення та зведення;
- встановити методи та обсяги контролю під час виготовлення та зведення конструкцій, а також у процесі їхньої експлуатації, включаючи, за необхідності, виконання випробувань окремих елементів, вузлів, з'єднань і конструкцій у цілому, а також, за необхідності, встановлення контрольно-сигнальних систем чи інших засобів моніторингу;
- передбачити можливість огляду, обстеження та діагностики, а також проведення профілактичних і ремонтних робіт. Для нормальних умов експлуатації будівлі передбачені ходові сходи та площадки, спеціальні пристосування (столики, провущини, фіксатори тощо) для забезпечення можливості кріплення постійних і тимчасових інженерних комунікацій, а також пристосувань для встановлення засобів діагностики технічного стану конструкцій в процесі експлуатації.

Кліматичні дані району будівництва (для м. Києва) прийнято згідно з вимогами розділу 11 ДБН В.1.2-2:2006 [4]. Розрахункові технологічні температури встановлено завданням на розроблення будівельної частини проєкту.

Згідно з розділом 11 ДБН В.1.2-2:2006 [4], температурні кліматичні впливи являють собою змінні впливи, для яких встановлено три розрахункові значення:

- граничне розрахункове значення;
- експлуатаційне розрахункове значення;
- квазіпостійне розрахункове значення.

Визначення параметрів температурного впливу виконано у відповідності до вимог розділу 11 ДБН В.1.2-2:2006 [4, 5].

Через все вищевикладене передбачено, що йдеться про розрахунок і застосування посилення (добудови) будівлі за цілком певною схемою із заздалегідь заданими параметрами і при відомих впливах на неї. Підтвердженням правомірності прийнятої схеми посилення або добудови будівлі є результати моделювання конструкцій будівлі з використанням сучасних програмних комплексів методу скінченних елементів для розрахунку конструкцій і постійного моніторингу будівель у відповідності з вимогами ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 [6].

Для оцінки технічного стану конструкцій використано [5, 6, 7, 8, 9]:

- критерій відповідності конструкції (споруди) технічній документації, отриманій при обмірних роботах (розміри, конструктивні особливості, засоби захисту від агресивних впливів оточуючого середовища, вогнестійкості тощо);

- критерій відповідності конструкції (споруди) визначальним параметрам технічного стану та вогнестійкості (наявність або відсутність неприпустимих дефектів, відповідність застосованих матеріалів і засобів вогнезахисту вимогам проєкту та чинних нормативних документів України тощо) і задоволення вимогам розрахунку за граничними станами.

Оцінку технічного стану конструкцій (споруди) проведено шляхом зіставлення контрольованих параметрів, які визначено в ході виконання обмірних робіт, візуального та інструментального обстежень, з відповідними проєктними параметрами, а також за результатами перевірочних розрахунків.

На основі проведених досліджень було розроблено проєктну документацію на реконструкцію будівлі. План будівлі наведено на рис. 3, розріз 1-1 – на рис. 4.

Відповідно до вимог нормативних документів конструкції будівлі були об'єднані в просторовий каркас зі створенням жорсткого конструктиву.

На підставі виконаних розрахунків було визначено зусилля в елементах комп'ютерної моделі та встановлено необхідні перерізи елементів колон, ферм, прогонів тощо. Всього було запроєктовано безліч типорозмірів конструкцій ферм, колон, а також інших елементів (прогонів, в'язів, розпірок, елементів покрівлі тощо).

Було виконано конструювання ферм і колон із виходом на проєктну позначку низу конструкцій. По верху існуючих колон виконано горизонтальну розпірку по всій довжині будівлі. Обпирання конструкцій покрівлі виконано на верхню частину нарощених сталевих конструкцій. Покрівлю виконано двоскатною, що дозволило відводити атмосферні опади за межі забудови.

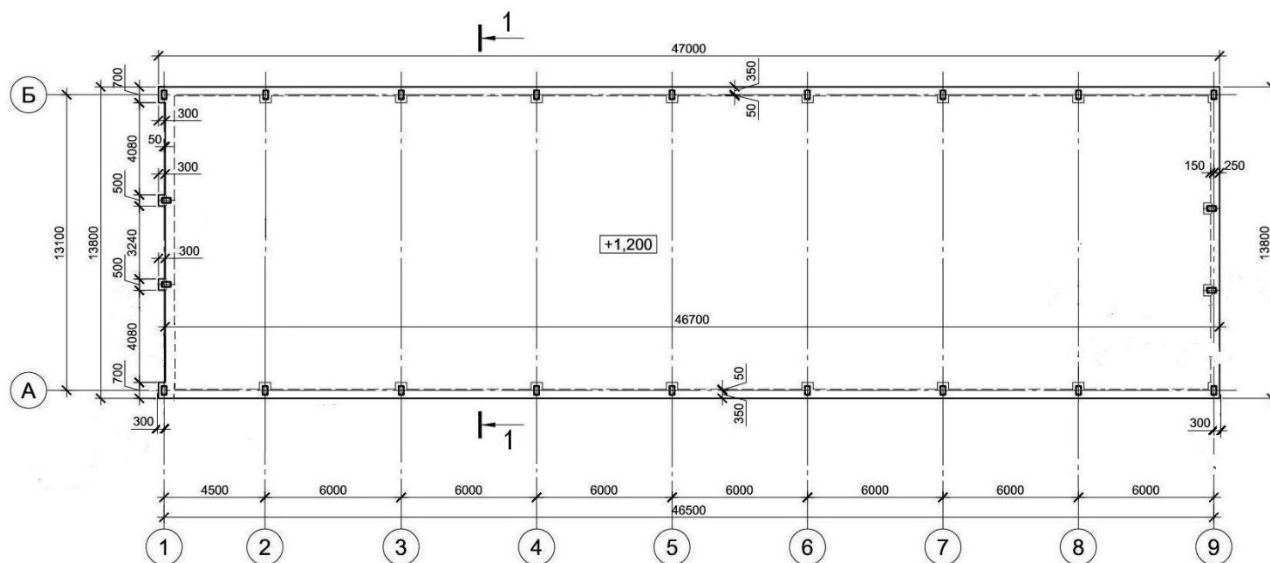
Конструкцію стіни прийнято з сандвіч панелей товщиною 140 мм. Утеплювач – мінвата товщиною 140 мм. Конструкцію покриття прийнято з сандвіч панелей товщиною 180 мм. Товщину утеплювача прийнято з урахуванням вимог чинних нормативних документів.

Виконано посилення фундаментів. Після цього конструкції були виготовлені, транспортовані та змонтовані (рис. 5, 6).

З початку роботи (виїзд на місце, ознайомлення з об'єктом, обмірні роботи) до здачі об'єкту в експлуатацію пройшло трохи більше за 120 днів.

Висновки. За результатами проведених досліджень зроблено наступні висновки.

1. Удосконалено методику оцінювання технічного стану конструкцій виробничої будівлі на етапі експлуатації. Розроблено методи обстеження, розрахунку конструкцій, оцінки їх технічного стану та можливості реконструкції з посиленням та заміною окремих конструкцій.



Примітка. Розріз 1-1 наведено на рис. 4.

Рис. 3 – План будівлі

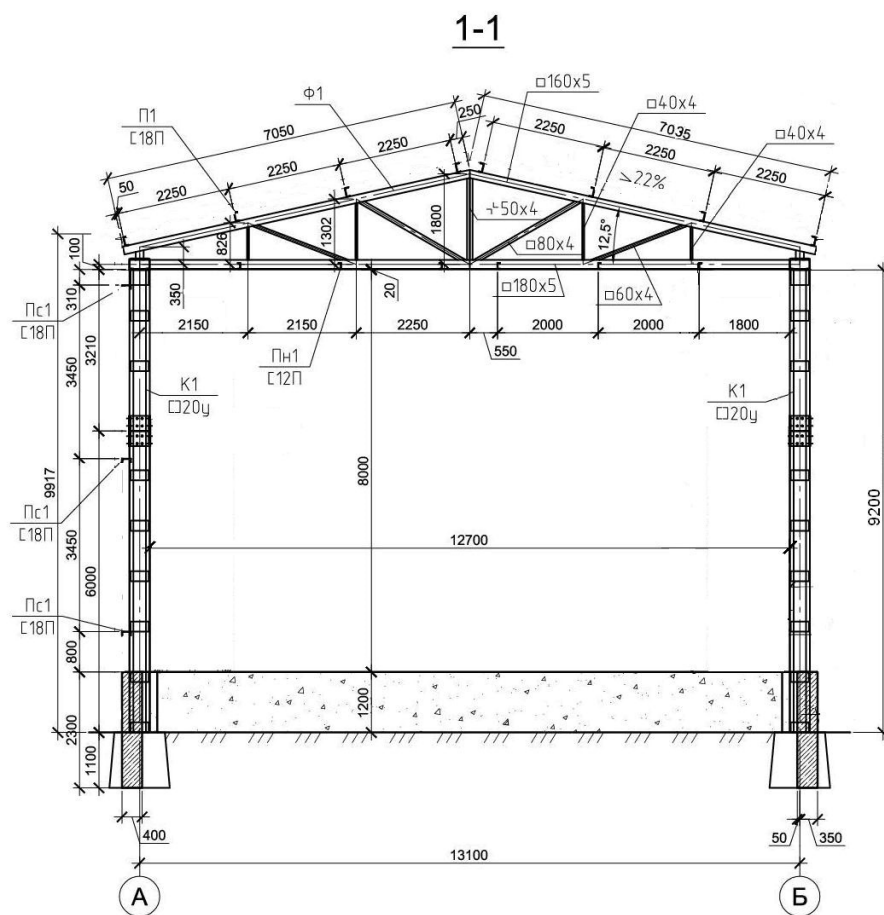


Рис. 4 – Розріз 1-1



Рис. 5 – Вигляд конструкцій будівлі під час монтажу конструкцій покриття



Рис. 6 – Вигляд будівлі після реконструкції

2. У відповідності з вимогами чинних нормативних документів [1, 2] технічний стан існуючих конструкцій визнано як непридатний до нормальної експлуатації, в т.ч. і у зв'язку з необхідністю адаптації існуючого каркасу до устрою утеплених стін і покриття.

3. За результатами розрахунків зроблено наступні висновки:

- міцність, стійкість і жорсткість елементів рами після реконструкції забезпечуються;
- подальша експлуатація конструкцій будівлі можлива за умови розробки проєкту реконструкції будівлі, в тому числі для адаптації конструкцій для устрою утеплених стін і покриття будівлі та виконання проєктних рішень в натурі.

У зв'язку з тим, що стіни і покриття будівлі мають бути утеплені згідно теплотехнічного розрахунку, прийнято варіант конструктивного рішення стін і покриття з утепленням і враховано це навантаження при подальших розрахунках каркасу будівлі. При розрахунках конструкцій враховано прийняті конструктивні рішення і навантаження згідно вимог чинних нормативних документів.

Було розроблено проєкт реконструкції будівлі і виконано роботи з виготовлення, транспортування та монтажу конструкцій в натурі.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. *Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.* (2017). – К.: ДП «УкрНДНЦ», 45.
2. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. *Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються.* (2017). – К.: Мінрегіон України, 53.
3. ДБН В.2.6-198:2014. *Сталеві конструкції. Норми проєктування.* (2015). – Київ: Мінрегіонбуд України, 199.
4. ДБН В.1.2-2:2006. *Навантаження і впливи. Норми проєктування.* (2007). – Київ: Мінбуд України, 60.
5. Голоднов, О., Антошина, Т., Отрош, Ю. (2017). Про необхідність розрахунку будівель зі сталевим каркасом на температурні впливи. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*, 20, 65–84.

6. Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I. Determination of the technical state of buildings and constructions after force and temperature influences / Technology audit and production reserves, 4/1(48), 2019, 4-10.

7. Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I., Ivanov B. Remaining resource of constructions of building and building is after different influences / Technology audit and production reserves, 5/1(49), 2019, 4-9.

8. Holodnov O., Otrosh Y., Surianinov M., Starova O. Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences / *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.

9. Голоднов О.І., Антошина Т.В. Досвід проектування та будівництва навісу над будівлею / Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини. Збірник наукових праць / Одеська державна академія будівництва та архітектури. - Одеса: ОДАБА, 2020. – №24. – С. 36-42.

References

- [1] *DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennya budivel i sporud dlya vyznachennya ta ocsinky yikh tekhnichnoho stanu.* (2017). Kyiv: DP «UkrNDNTs», 45.
- [2] *DSTU B V.2.6-210:2016. Oczinka tekhnichnogo stanu stalevikh budivelnikh konstrukcij, shho ekspluatuyutsya.* (2017). – Kyiv: Minregion Ukraini, 53.
- [3] *DBN V. 2.6-198:2014. Stalevi konstruktsiyi. Normi proektuvannja.* (2015). – Kyiv: Minregion Ukraini, 199.
- [4] *DBN V.1.2-2:2006. Navantagennja i vplyvi. Normi proektuvannja.* (2007). – Kyiv: Minbud Ukraini, 60.
- [5] Holodnov, O., Antoshina, T., Otrosh, Yu. (2017). Pro neobkhdnist rozrakhunku budivel zi stalevym karkasom na temperaturni vplyvy. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayinskoho instytutu stalevykh konstruktsiy imeni V. M. Shymanovskoho*, 20, 65–84.
- [6] Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I. Determination of the technical state of buildings and constructions after force and temperature influences / Technology audit and production reserves, 4/1(48), 2019, 4-10.
- [7] Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I., Ivanov B. Remaining resource of constructions of building and building is after different influences / Technology audit and production reserves, 5/1(49), 2019, 4-9.
- [8] Holodnov O., Otrosh Y., Surianinov M., Starova O. Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences / *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.
- [9] Holodnov, O., Antoshina, T. Dosvid proektuvannya ta budivnutstva navisu nad budivleyu / Sutchasni budivelni konstruktsii z metalu ta derevini. *Zbirnyk naukovykh prats / Odeska derjavna akademiya budivnutstva ta architekturi.* - Odesa: ODABA, 2020. – №24. – S. 36-42.

RECONSTRUCTION OF FACTORY BUILDING WITH A STEEL FRAME

Holodnov O., D.Sc., Professor,
National Aviation University, Kyiv, Ukraine,
golodnow@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9722-9164;

Tkachuk I., Ph.D.,
"Ost-West Express" LLC, Kyiv, Ukraine,
igortkachyk26@gmail.com ; ORCID:0000-0002-6587-8354.

Annotation. The reconstruction of the existing industrial building with a steel frame was carried out due to the need to convert the premises into a warehouse in order to increase the volume of the

building for the storage of medical goods. The current state of the issue is summarized, research tasks are set, and the methodology for assessing the technical condition of the building's structures in use has been developed.

The normative procedure for assessing the technical condition and load-bearing capacity of the operated structures during reconstruction and completion in order to increase the volume of the building and improve operational qualities has been adopted.

A method of obtaining the determining parameters of the technical condition of structures has been developed. It is assumed that structures and elements during the entire life cycle as a result of aging, degradation and other actions and influences can consistently be in each of the four technical states according to the requirements of current regulatory documents.

The results of the performed survey, computer modeling and assessment of the technical condition of the construction structures of the existing building are presented.

On the basis of the calculations performed using the software complex of the finite element method, the forces in the elements of the computer model were determined, the necessary cross-sections of the elements of columns, trusses, spans, and connections were established. Manufacturing, transportation and installation of structures were also performed.

The building after the reconstruction is a one-story frame structure consisting of column foundations rigidly connected to reinforced concrete structures, on which the covering structures rest. The connection of trusses with columns is hinged. The system of connections along the columns and covering ensures the spatial rigidity of the building. Strengthening of the foundations has been carried out. The thickness of the insulation of the enclosing structures is adopted in accordance with the requirements of current regulatory documents.

Keywords: existing building, steel supporting structures, technical condition, reconstruction, designing, manufacturing, structures installation.