

УДК 624.01

TECHNICAL INSPECTION AND CALCULATION OF THE WOODEN FRAME OF THE BUILDING FOR LOADING CAPACITY

S.M. Romanenko¹, Senior Lecturer of the Department of Construction,
ORCID ID: 0000-0002-0443-3896

Ya.P. Andriievskaya², Assistant of the Department of Construction,
ORCID ID: 0000-0003-3052-2515

¹ SHEI «Kherson State Agrarian University», Kherson, Ukraine

² SHEI «Kherson State Agrarian University», Kherson, Ukraine

romanesko666@gmail.com

yanaandrievska321@gmail.com

Problem statement. One of the priority tasks in the development of Ukraine is the implementation of the energy independence program, the main goal of which is to ensure energy security and the transition to energy efficient, energy-saving use and consumption of energy resources.

Today, an effective solution for business entities and production is the installation of solar power plants on the roof of buildings and structures.

In the construction of agricultural, public and industrial buildings, solid or glued wood is a common and basic building material for roof structures.

Domestic and foreign experience has shown that it is most advisable to use wooden rafterstructures, supporting structures in the form of half-trusses or half-frames, trusses and frames during construction, due to the small mass of structures and low mechanization when assembling frames.

During operation, wooden structures lose strength, deformation, heat and sound insulation properties, and are also subject to decay, fungal diseases, and therefore, in order to extend their service life, it is necessary to take a number of measures to eliminate the above disadvantages.

Due to changes in loads, changes in the characteristics of the material and the possible development of cracks at the operational stage, wooden building structures of the coating of buildings and structures need to be strengthened or completely replaced.

Analysis of recent studies. Works of scientists V. Dereviagin, G. Carlsen, M. Kagan, V. Ivanov, V. Kochenov, Yu. Ivanov, V. Fursov, I. Barrett, R. Foci, P. Crossman, L. Nielsen and P. Hoffmeier and others have significantly enriched the science in the field of wooden structures. In these scientists, the issues of theoretical and experimental research of the long-term strength and durability of solid wood were considered.

S. Lekhnitsky, A. Mitinsky, S. Ambartsumyan, Yu. Sobolev, J. Goodman, Z. Khashin, A. Hoffman, K. Norris, the theoretical

substantiation of numerical methods for calculating wooden structures was carried out and finite element models were investigated taking into account the anisotropy of the properties of wood.

Scientists have carried out a tremendous amount of work to identify various types of defective conditions of wooden structures in use, the reasons for their appearance, as well as to develop various methods and methods for restoring and strengthening wooden structures. The main results of this work are reflected in the works of M. Boiko, V. Bolshakova, I. Guskova, G. Zubarev, V. Ivanova, A. Kalugin, G. Carlsen, Kúdela J., Slaninka R., Escalantea M.R. [1], Brandon D., Samoilenko E.V. [2], Smorchkov A.A. [3], Jian Jiao [4], Ulrike Dackermann [5], Chunhui Liao, Paulo B. Lourenço [6], Mariapaola Riggio [7] and other scientists.

Formation of the goals of the article (problem statement). The aim of research is to examine the warehouse building to determine the bearing capacity of wooden structures after long-term operation and taking into account the installation of solar panels on the roof based on cadmium telluride of the American company First Solar, proposals for strengthening the structures and calculation in the Lira CAD 2013 software package, which is algorithmically based on the finite element method.

Research objectives:

- analyze wooden structures after long-term operation;
- development of a design model of a wooden frame;
- develop recommendations for restoring the bearing capacity of wooden structures;
- analyze the results obtained after verification calculations.

Main part. According to the results of the engineering and technical survey of the building, the general characteristics of the building are presented. [8-10]

The object of the survey is the building structures of a one-storey building of a grain warehouse No. 2 with overall dimensions in terms of 34.1 x 20.1 m. The warehouse is located in the agricultural complex of the PrJSC "Kherson bakery plant" at the address: Kherson region, Bilozerka district, Mykilske village, Reprynska str., 2-A.

Constructive diagram of grain warehouse No. 2 – incomplete frame. The cross-section of a building is a transverse frame consisting of a wooden inner frame. Elements of the wooden frame are made of beams and round logs.

The rafter legs, made of rectangular timber, are installed in 60 cm increments. The rafter leg is foldable. The joint of the two elements of the rafter legs is made in the places of support of the columns.

The lower ends of the rafter legs rest on the outer walls. The rafter legs are supported by a system of girders, struts, struts.

The outer walls of the building are made using 750 mm thick limestone rubble masonry. The masonry of the walls is dense, durable, there is no weathering of the masonry mortar.

Foundations – tape from limestone rubble masonry. The foundations for all-wooden posts were made separately.

Columns of the frame – wooden round solid section. The spacing of the columns in the longitudinal direction is 5.7 m. The maximum distance between the columns in the transverse direction is 8.7 m.

The roof is gable. The end of the gable roof is designed in the form of a pediment. The drain is unorganized.

The roof is made of profiled sheet of type H without paint and varnish coating according to DSTU B V.2.6-9 according to the volumetric rafter system.

A general view of the wooden frame of one of the fire compartments (grain warehouse No. 2) is shown in Fig. 1 and a cross-section of the building in Fig. 2.



Figure. 1. Internal load-bearing wooden structures of grain warehouse No2

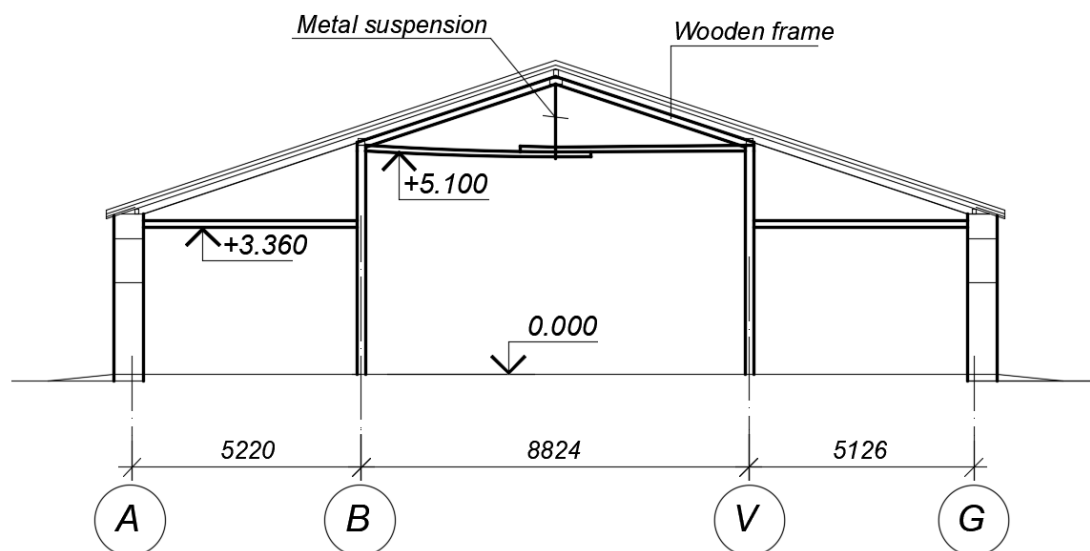


Figure. 2. Cross-section of the grain warehouse No 2

Загружение 1
Эйлера Qz
Единицы измерения - кН

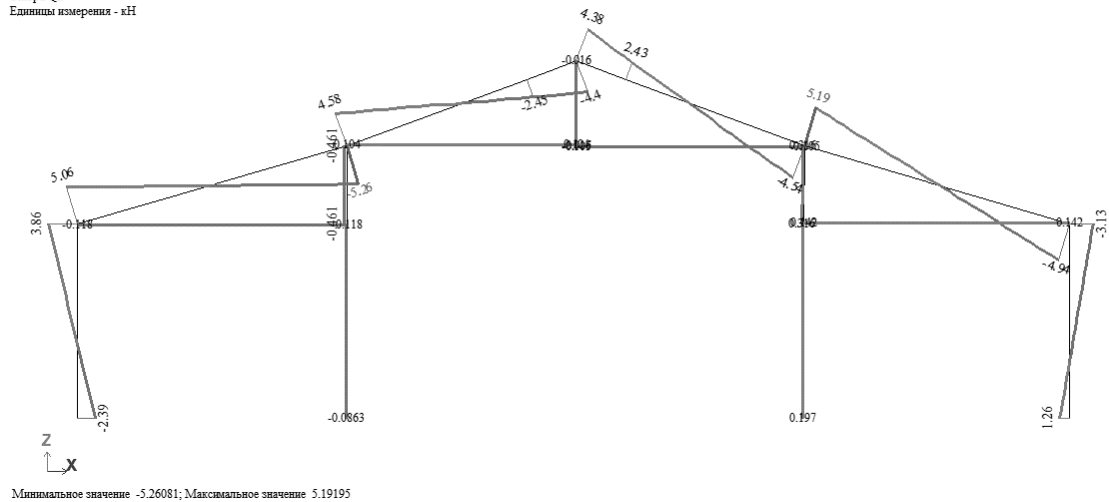


Figure 4. Diagram of transverse forces

Загружение 1
Эйлера N
Единицы измерения - кН

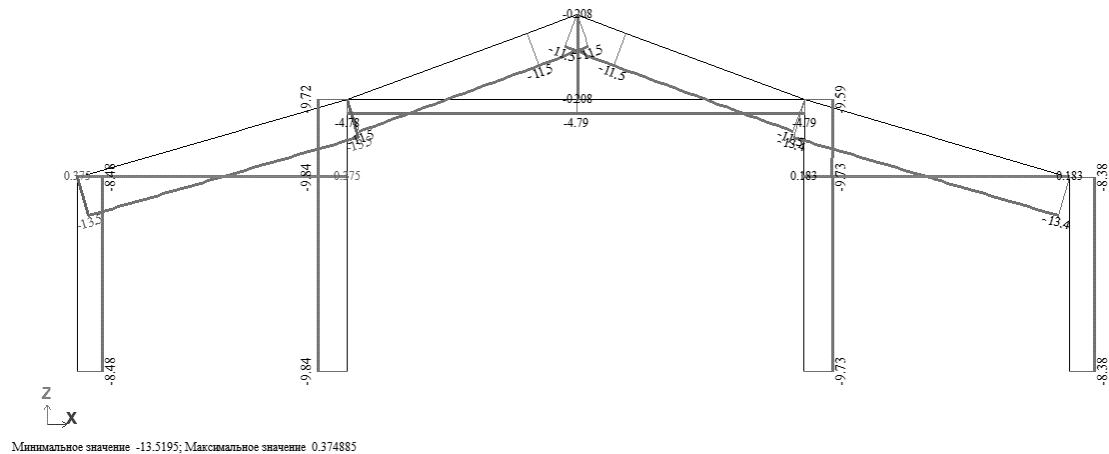


Figure 5. Diagram of longitudinal forces in the elements of a wooden frame

Conclusions. The section of the existing elements of the wooden frame satisfies according to the calculation. A decision was made to strengthen or replace the lower frame chord due to excessive deflection and replace the metal suspension.

The obtained data were introduced into construction practice during the overhaul of grain warehouse No 2.

Список використаних джерел

1. Escalantea M.R., Rougier V.C., SAMPAIO R., Rosales M. B. Buckling of wood columns with uncertain properties. *Asociación Argentina de Mecánica Computacional*. 2012. Vol. XXXI. P. 2735-2744.
2. Samoilenko E.V., Peshkov V.V. Construction and technical examination of wooden structures (on the example of a wooden country house). *Investments. Construction. Real estate: new technologies and*

targeted development priorities-2020: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Irkutsk, Russian Federation. 2020. Vol. 880, P.2-8. DOI:10.1088/1757-899X/880/1/012018

3. Smorchkov A.A., Kereb S.A., Dubrakov S.V. The influence of continuous exploitation on the bearing capacity of wooden elements. *International research journal*. 2016. Vol. 6, P. 137-139 DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.48.011>

4. Jian Jiao, Qiuling Xia, Fei Shi Nondestructive inspection of a brick-timber structure in a modern architectural heritage building: Lecture hall of the Anyuan Miners' Club, China. *Frontiers of Architectural Research*. 2019. Vol. 8, No 3. P. 348-358. – URL:<https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.06.005>

5. Ulrike Dackermann, Keith Crews, Bohumil Kasal, Jianchun Li, Mariapaola Riggio, Frank Rinn, Thomas Tannert In situ assessment of structural timber using stress-wave measurements. *Materials and Structures*. 2014. Vol. 47, No 5. P. 787–803 DOI 10.1617/s11527-013-0095-4

6. Paulo B. Lourenço, Hélder S. Sousa, Ricardo D. Brites &, Luís C. Neves In situ measured cross section geometry of old timber structures and its influence on structural safety. *Materials and Structures*. 2013. Vol. 46, P. 1193–1208

7. Mariapaola Riggio, Dina D’Ayala, Maria Adelaide Parisi, Chiara Tardini Assessment of heritage timber structures: Review of standards, guidelines and procedures. *Journal of Cultural Heritage*. 2018. Vol. 31, P. 220-235

8. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний з 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2017. 32 с.

9. Клименко Є.В. Технічний стан будівель та споруд: монографія. Одеса: ОДАБА, 2010. 316 с.

10. Гладишев Д. Г., Гладишев Г. М. Дослідження технічного стану будівель, споруд та їхніх елементів: монографія. Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. — 303 с. ISBN: 978-617-607-201-0

11. ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд. [чинний з 2017-04-01] Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 67 с.

12. ДБН В. 1.2-14-2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. [Чинний з 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 29 с.

13. ДБН В.1.2-9-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека

експлуатації. [Чинний з 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 21с.

14. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Учебное пособие программный комплекс Лира-Сапр 2013: учебное пособие. Москва: Электронное издание, 2013. 376 с.

15. ДБН В.2.6-161:2017 Дерев'яні конструкції. Основні положення. [Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 06.06.2017 р. № 140, чинні з першого числа місяця, що настає через 90 днів з дня їх опублікування в офіційному друкованому виданні Міністерства "Інформаційний бюлетень Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України"] Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 67 с.

16. Романенко С.М., Андрієвська Я.П. Розрахунок дерев'яної рами будівлі з урахуванням влаштування на покрівлі елементів альтернативної енергії. *Збірник наукових праць Одеської державної академії будівництва та архітектури. Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини.* Одеса, 2020. №24. С. 119-127. DOI: [10.31650/2707-3068-2020-24-119-127](https://doi.org/10.31650/2707-3068-2020-24-119-127)

References

1. Escalantea M.R., Rougier V.C., SAMPAIO R., Rosales M. B. Buckling of wood columns with uncertain properties. *Asociación Argentina de Mecánica Computacional.* 2012. Vol. XXXI. R. 2735-2744.
2. Samoilenko E.V., Peshkov V.V. Construction and technical examination of wooden structures (on the example of a wooden country house). *Investments. Construction. Real estate: new technologies and targeted development priorities-2020: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Irkutsk, Russian Federation.* 2020. Vol. 880, P.2-8. DOI: [10.1088/1757-899X/880/1/012018](https://doi.org/10.1088/1757-899X/880/1/012018)
3. Smorchkov A.A., Kereb S.A., Dubrakov S.V. The influence of continuous exploitation on the bearing capacity of wooden elements. *International research journal.* 2016. Vol. 6, P. 137-139 DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.48.011>
4. Jian Jiao, Qiuling Xia, Fei Shi Nondestructive inspection of a brick-timber structure in a modern architectural heritage building: Lecture hall of the Anyuan Miners' Club, China. *Frontiers of Architectural Research.* 2019. Vol. 8, No 3. P. 348-358. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.06.005>
5. Ulrike Dackermann, Keith Crews, Bohumil Kasal, Jianchun Li, Mariapaola Riggio, Frank Rinn, Thomas Tannert In situ assessment of

structural timber using stress-wave measurements. *Materials and Structures*. 2014. Vol. 47, No 5. R. 787–803 DOI 10.1617/s11527-013-0095-4

6. Paulo B. Lourenço, Hélder S. Sousa, Ricardo D. Brites &, Luís C. Neves In situ measured cross section geometry of old timber structures and its influence on structural safety. *Materials and Structures*. 2013. Vol. 46, P. 1193–1208

7. Mariapaola Riggio, Dina D'Ayala, Maria Adelaide Parisi, Chiara Tardini Assessment of heritage timber structures: Review of standards, guidelines and procedures. *Journal of Cultural Heritage*. 2018. Vol. 31, P. 220-235

8. DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. [Chynnyi z 2017-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP "UkrNDNTs", 2017. 32 s.

9. Klymenko Ye.V. Tekhnichni stan budivel ta sporud: monohrafiia. Odesa: ODABA, 2010. 316 s.

10. Hladyshev D. H., Hladyshev H. M. Doslidzhennia tekhnichnoho stanu budivel, sporud ta yikhnikh elementiv: monohrafiia. *Nats. un-t «Lviv. politekhnika»*. — L. : Vyd-vo Lviv. politekhniky, 2012. — 303 s. ISBN: 978-617-607-201-0

11. DSTU B V.3.1-2:2016 Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhuvalnykh budivelnykh konstruktsii ta osnov budivel ta sporud. [chynnyi z 2017-04-01] Vyd. ofits. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2017. 67 s.

12. DBN V. 1.2-14-2018 Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel ta sporud. [Chynnyi z 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2018. 29 s.

13. DBN V.1.2-9-2008 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'iektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Bezpeka ekspluatatsii. [Chynnyi z 2008-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2008. 21s.

14. Horodetskyi D.A., Barabash M.S., Vodopianov R.Iu., Tytok V.P., Artamonova A.E. Uchebnoe posobyе prohrannyyi kompleks Lyra-Sapr 2013: uchebnoe posobyе. Moskva: Elektronnoe yzdanye, 2013. 376 s.

15. DBN V.2.6-161:2017 Dereviani konstruktsii. Osnovni polozhennia. [Nakaz Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 06.06.2017 r. № 140, chynni z pershoho chysla misiatsia, shcho nastaiе cherez 90 dniv z dnia yikh opublikuvannia v ofitsiinomu drukovanomu vydanni Ministerstva "Informatsiinyi biuletен Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy"] Vyd. ofits. Kyiv : Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2017. 67 s.

16. Romanenko S.M., Andriievskaya Ya.P. Rozrakhunok derev'ianoj rami budivli z urakhuvanniam vlashtuvannia na pokrivli elementiv alternatyvnoji enerhii. Zbirnyk naukovykh prats Odeskoji derzhavnoji akademii budivnytstva ta arkhitektury. Suchasni budivelni konstruktsii z metalu ta derevyny. Odesa, 2020. №24. S. 119-127. DOI: 10.31650/2707-3068-2020-24-119-127

ТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ДЕРЕВ'ЯНОЇ РАМИ БУДІВЛІ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ

С.М. Романенко

Я.П. Андрієвська

Анотація. Одним із завдань розвитку України є реалізація програми енергонезалежності. Використання нових технологічних та нетехнологічних інновацій поширено, як на виробничій стороні рівняння енергії (альтернативні джерела, нові передові технології енергозбереження) та на стороні споживання.

Ефективним рішенням для суб'єктів господарювання та виробництва на сьогоднішній день є встановлення сонячних електростанцій на дахах будівель і споруд.

У статті представлені результати обстеження візуально-інструментальним методом у зв'язку з розташуванням сонячних батарей на даху існуючої будівлі складу. Схеми та параметри зовнішніх впливів на дерев'яні частини об'єкта, включаючи фактичні постійні та тимчасові навантаження, з урахуванням власної ваги матеріалів, конструктивних та технологічних особливостей об'єкта.

У зв'язку з підвищенням навантаження було проведено перевірочний розрахунок несучих дерев'яних конструкцій будівлі та розроблено розрахункову модель.

Дослідження виконано з використанням класичних розрахунків структурної механіки та методів комп'ютерного імітаційного експерименту в програмному комплексі «Lira CAD 2013».

Розрахунок дерев'яної рами проводився в такій послідовності відповідно до діючих стандартів:

- встановлення конструктивної схеми рами;
- збір та визначення, діючих навантажень;
- визначення діючих зусиль в елементах рами;
- підбір перерізів елементів.

Аналіз результатів та натурних обстежень дерев'яних конструкцій та їх елементів будівлі зернового складу №2 після експлуатації понад 75 років у змінних температурно - вологісних умовах показав, що несуча здатність та надійність несучих дерев'яних конструкцій незмінна не тільки при наявності різних пошкоджень та дефектів, але й внаслідок природного старіння деревини.

За результатами дослідження розроблено рекомендації щодо відновлення властивостей конструкцій з цільної деревини після їх тривалої експлуатації.

Ключові слова: деревина, рама, зусилля, навантаження, несуча здатність

TECHNICAL INSPECTION AND CALCULATION OF THE WOODEN FRAME OF THE BUILDING FOR LOADING CAPACITY

S.M. Romanenko

Ya.P. Andreevskaya

Abstract. One of the tasks in the development of Ukraine is the implementation of the energy independence program.

Today, an effective solution for business and production entities is the installation of alternative sources on the roof of buildings or structures.

The article presents the results of a grain storage survey for the possibility of installing solar panels on the roof of a building on existing load-bearing structures.

In connection with the increase in the effective load on the existing supporting structures (wooden frame), a design diagram of a wooden frame was developed, the design forces in the frame elements were determined, and the selection of cross-sections of the elements in the software package "Lira CAD 2013".

Analysis of the results and full-scale examinations of wooden structures and their elements in the building of the grain warehouse No. 2 showed that the bearing capacity and reliability of the load-bearing wooden structures are unchanged in the presence of various damages and defects.

Keywords: wood, frame, effort, load, bearing capacity

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННОЙ РАМЫ ЗДАНИЯ НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ

Романенко С.Н.

Андреевская Я.П.

Аннотация. В статье представлены результаты визуального и инструментального обследования несущих конструкций здания в агропромышленном комплексе в связи с расположением на крыше солнечных панелей. Определены постоянные и временные фактически действующие нагрузки на несущие конструкции с учетом собственного веса материалов, конструктивных и технологических особенностей объекта.

В связи с увеличением нагрузки разработана расчетная модель и выполнен проверочный расчет несущих конструкций деревянной рамы с применением классических расчетов строительной механики и методов компьютерного моделирующего эксперимента в программном комплексе «Лира САПР 2013».

Ключевые слова: древесина, рама, усилие, нагрузка, несущая способность