



УДК 69.057.62:621.886.646

А. А. ОЛЕНИН¹, вед. инженер-конструктор; **Н. В. КРАСИЛЬНИКОВ¹**, гл. технолог; **Д. М. ЛОБОВ²**, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций; **А. С. ТОРОПОВ²**, доц. кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КЛИНОВЫХ ЛЕСОВ. ЧАСТЬ 2

¹ООО «АЛЬТУМ». 606016, Россия, Нижегородская область, г. Дзержинск, пр-т Ленина, д. 117, пом. П21, оф № 26.

Тел: 8 (800) 234-99-55; эл. почта: altum@altumsf.pro

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-80; эл. почта: dmlobov@nngasu.ru

Ключевые слова: строительные клиновые леса, методика испытаний строительных лесов, надежность строительных лесов.

В статье выполнена разработка методик экспериментального исследования по оценке прочности и надежности узловых соединений строительных клиновых лесов. Поставлены цели и задачи для дальнейшего исследования по результатам обработки экспериментальных данных.

Введение

В статье [1] выполнен обзор нормативной [2-7] и научной [8-14] литературы в области оценки прочности и надежности строительных клиновых лесов. По результатам проведенного анализа было установлено, что на текущий момент времени нет единого нормативного документа, регламентирующего все виды испытаний. В отечественной нормативной документации [6-8] отсутствуют требования и методики по оценке надежности узловых соединений строительных клиновых лесов. Целью данного исследования является разработка методик по оценке прочности и надежности узловых соединений элементов конструкции, позволяющих определять напряженно-деформированное состояние узлового соединения, выполнять контроль качества продукции, на основании проведенных испытаний осуществлять снижение материалоемкости продукции.

Материалы и методы

Для исследования прочности и надежности узла сопряжения ригель-стойка строительных клиновых лесов осуществлялось испытание на различные виды воздействий: продольного усилия, изгибающего момента, крутящего момента, вертикального и поперечного усилия. Данный набор испытаний позволяет выполнить оценку поведения узла в составе конструкции и получить исходные данные для учета в расчетной модели конструкции. Соединение ригеля и стойки состоит из оголовка ригеля, клина и участка стойки с розеткой. Испытание на воздействие продольного усилия проводится для оценки равнопрочности составных частей узла и определения характера и мест возникновения пластической деформации.

Испытание узлового соединения на растяжение осуществляется на разрывной машине с применением специализированной оснастки, позволяющей

осуществлять крепление образца в захваты разрывной машины. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на растяжение представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на растяжение

Испытание на воздействие изгибающего момента моделируют основной вид нагружения при прогибе горизонтальных несущих элементов и дают значения податливости узла. Испытание узлового соединения на воздействие изгибающего момента позволяет оценить характер разрушения узлового соединения, построить диаграмму деформирования узлового соединения, определить коэффициент жесткости узлового соединения.

Испытание узлового соединения осуществляется на испытательном прессе на сжатие с применением специализированной оснастки, преобразующей действующее сжимающее усилие в изгибающий момент.

В процессе проведения испытаний на каждом этапе приложения нагрузки фиксируется прогиб консоли. Значение нагрузки, прикладываемой на консоль, пересчитывается в значение действующего изгибающего момента, прогиб консоли пересчитывается в угол наклона оси элемента. По полученным данным строится диаграмма работы узлового соединения в осях изгибающий момент-угол наклона. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Коэффициент жесткости узлового соединения характеризуется соотношением изгибающего момента к углу наклона ригеля, может быть применен для расчета конструкций строительных клиновых лесов при моделировании в специализированных программных комплексах узла конечной жесткости. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на изгибающий момент представлен на рис. 2.

Моделирование поведения узла при разнонаправленном перекосе конструкции проводится при испытаниях на воздействие крутящего момента. Испытание узлового соединения на воздействие крутящего момента позволяет оценить характер разрушения узлового соединения, построить диаграмму



деформирования узлового соединения, определить коэффициент жесткости узлового соединения.

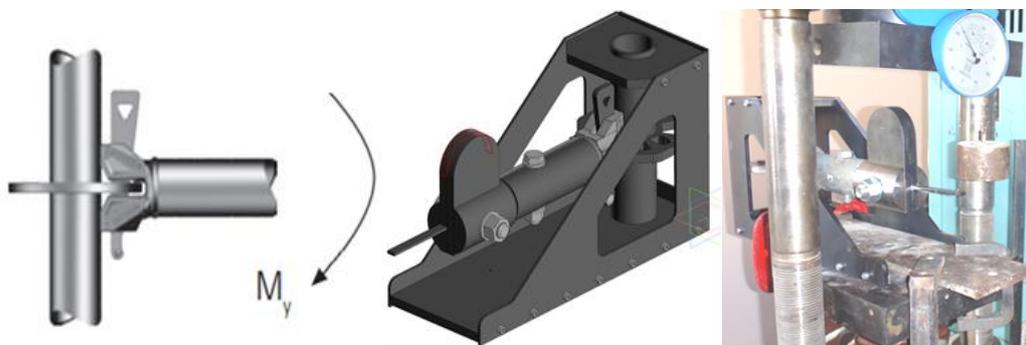


Рис. 2. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на изгибающий момент

Испытание узлового соединения осуществляется на испытательном прессе на сжатие с применением специализированной оснастки, преобразующей действующее сжимающее усилие в крутящий момент. В процессе проведения испытаний на каждом этапе приложения нагрузки фиксируется угол закручивания трубы ригеля. Значение нагрузки, прикладываемой на консоль, пересчитывается в значение действующего крутящего момента. По полученным данным строится диаграмма работы узлового соединения в осях крутящий момент-угол закручивания. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Коэффициент жесткости узлового соединения характеризуется соотношением крутящего момента к углу закручивания ригеля. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на крутящий момент представлен на рис. 3.

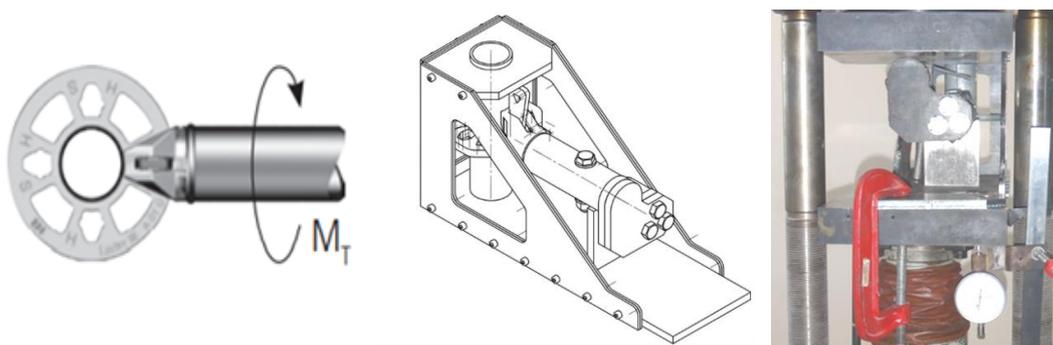


Рис. 3. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на крутящий момент

Испытание на воздействие вертикального и поперечного усилия моделирует работу узла при аварийной нагрузке в плоскости и из плоскости клинового соединения. Испытание узлового соединения ригель-стойка на воздействие вертикального поперечного усилия производится в двух плоскостях с целью получения несущей способности на перерезывающие усилие в плоскости и из плоскости клинового узлового соединения. Испытание производилось на прессе,



для выполнения данного вида испытаний осуществлялась разработка специализированной оснастки.

По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на воздействие вертикального поперечного усилия в плоскости лесов представлен на рис. 4, из плоскости лесов представлен на рис. 5.

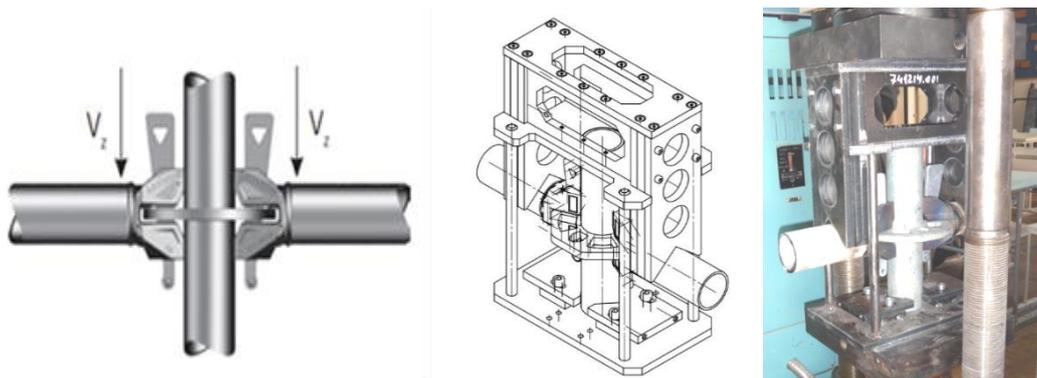


Рис. 4. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на воздействие вертикального поперечного усилия в плоскости лесов

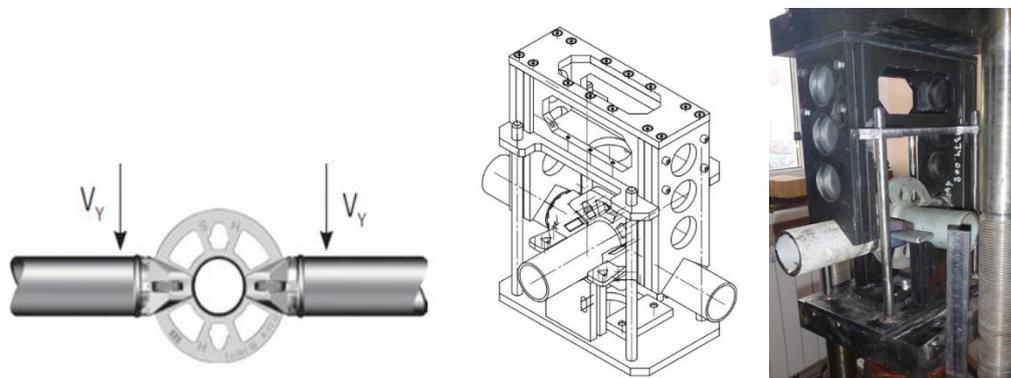


Рис. 5. Общий вид образца узлового соединения ригель-стойка при испытании на воздействие вертикального поперечного усилия из плоскости лесов

При исследовании работы диагонали в составе конструкции из строительных лесов моделировалась работа диагонали в составе консольного выноса и диагональной связи клетки лесов. Диагональ работает как на сжатие, так и на растяжение. Место соединения диагонали со стойкой имеет подвижное соединение, состоящее из оголовка диагонали и заклепки. Для оценки прочности и характера возникновения мест деформации в первую очередь были проведены испытания узла на растяжение. Характер работы узла на сжатие можно получить расчетным методом с пересчетом на длину диагонали, определяющим фактором на больших длинах диагоналей станет параметр устойчивости.

Для исследования прочности и надежности узла сопряжения диагональ-стойка осуществлялось испытание на воздействие продольного усилия. Испытание узлового соединения на растяжение осуществляется на разрывной машине с применением специализированной оснастки, позволяющей осуществлять крепление образца в захваты разрывной машины. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Общий вид образца узлового соединения диагональ-стойка при испытании на растяжение представлен на рис. 6.



Рис. 6. Общий вид образца узлового соединения диагональ-стойка при испытании на растяжение

Узел основания, состоящий из домкрата и стартового элемента, испытывает нагрузку от всей конструкции лесов и имеет возможность вертикальной регулировки путем перемещения гайки относительно основания. Испытания проводились на трех уровнях. Высота выкрутки гайки непосредственно влияет на момент потери устойчивости домкрата и возможность дальнейшей его эксплуатации. Для исследования соединения домкрат – стартовый элемент – стойка на воздействие статической вертикальной нагрузки испытание узлового соединения осуществляется на испытательном прессе на сжатие. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Общий вид образца узлового соединения домкрат – стартовый элемент – стойка при испытании на сжатие представлен на рис. 7.

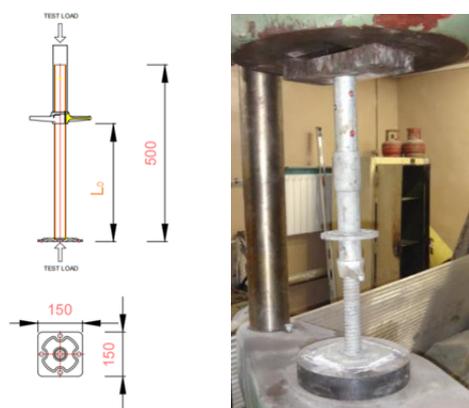


Рис. 7. Общий вид образца узлового соединения домкрат – стартовый элемент – стойка при испытании на сжатие



Элементы строительных лесов часто используются не только в опорных, но и в подвесных конструкциях. Для моделирования нагрузок, возникающих в узле, соединяющем стойки между собой, проводились испытания наконечника стойки на растяжение. Основопологающим было исследовать поведение болтового соединения в узле. Для исследования болтового соединения наконечника стойки на воздействие продольного усилия осуществлялось испытание образцов на растяжение на разрывной машине. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение разрушающей нагрузки, а также характер разрушения образца. Общий вид образца болтового соединения наконечника стойки при испытании на растяжение представлен на рис. 8.



Рис. 8. Общий вид образца болтового соединения наконечника стойки при испытании на растяжение

Заключение

В рамках текущего исследования выполнена разработка экспериментальной методики по оценке прочности и надежности узловых соединений строительных клиновых лесов, позволяющих определять напряженно-деформированное состояние узлового соединения, выполнять контроль качества продукции, осуществлять снижение материалоемкости продукции. Областью дальнейшего исследования является получение экспериментальных данных на основании разработанной методики экспериментального исследования, выполнение анализа полученных данных, уточнение методики расчета и моделирования узловых соединений строительных клиновых лесов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика исследования надежности строительных клиновых лесов. Часть 1 / А. А. Оленин, Н. В. Красильников, Д. М. Лобов, А. С. Горопов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2025. – № 1 (73). – С. 56–64.
2. EN 12811-1:2007 Оборудование для временных работ. Часть 1. Леса. Требования к рабочим характеристикам и общий дизайн. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3969042>. – Текст : электронный.
3. EN 12811-2:2008. Оборудование для временных работ. Часть 2. Информация о материалах. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4029583>. – Текст :



электронный.

4. EN 12811-3:2003 Временное рабочее оборудование. Часть 3. Нагрузочные испытания. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3931854>. – Текст : электронный.

5. EN 12810–2 2010. Фасадные леса из сборных элементов. Часть 2. Особые методы проектирования конструкций. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4003997>. – Текст : электронный.

6. ГОСТ Р 58752-2019. Средства подмащивания. Общие технические условия : дата введения 2020-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 12 с. – Текст : непосредственный.

7. ГОСТ Р 58755-2019 Подмости передвижные сборно-разборные. Технические условия. : дата введения 2020-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 19 с. – Текст : непосредственный.

8. ГОСТ Р 58758-2019 Площадки и лестницы для строительного-монтажных работ. Общие технические условия : дата введения 2020-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 21 с. – Текст : непосредственный.

9. Creating a node connection for scaffolding and studying its stress-strain state by means of a full-scale test / E. Derevyanko, G. Shmelev, L. Khaidarov, A. Antonov, I. Galimullin // IOP Conference Series : materials Science and Engineering. – 2020. – P. 890. – doi:10.1088/1757-899X/890/1/012043.

10. Błazik-Borowa, E. The numerical analysis of the modular scaffold structure with the non-typical form / E. Błazik-Borowa, A. Robak, M. Pieńko // J. of Civil Eng., Environment and Architecture. – 2011. – № 58. – P. 333–340.

11. Misztela, A. Modeling the load characteristics for connections in scaffolds / A. Misztela // Przegląd Mechaniczny. – 2011. – № 5. – P. 19–26.

12. Misztela, A. Influence of process parameters on the results of numerical analysis of nonlinear computation-al scaffolding International / A. Misztela // J. of Applied Mech. and Eng. – 2012. – № 17(3). – P. 931–940.

13. Prabhakaran, U. Analysis of scaffolds with connections containing looseness / U. Prabhakaran, R. G. Beale, M.H.R. Godley // Comp. and Structures. – 2011. – № 89. – P. 1944–1955.

14. Modelling of load-displacement curves obtained from scaffold components tests / E. Błazik-Borowa, J. Szer, A. Borowa, A. Robak, M. Pieńko // Bull. Pol. Acad. Sci. Tech. Sci. – 2019. – № 67. – P. 317–327.

OLENIN Anton Andreevich¹, leading design engineer; KRASILNIKOV Nikolay Vladimirovich¹ chief technologist; LOBOV Dmitry Mikhaylovich², candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures; TOROPOV Aleksandr Sergeevich², associate professor of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures

METHODOLOGY FOR STUDYING THE RELIABILITY OF CONSTRUCTION WEDGE FORESTS. PART 2

¹LLC “ALTUM”

117, Lenina Pr., Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, 606016, Russia.

Tel.: 8 (800) 234-99-55; e-mail: altum@altumsf.pro

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-80; e-mail: dmlobov@nngasu.ru

Key words: construction wedge scaffolding, testing methods for scaffolding, reliability of scaffolding.



The article presents the development of experimental research methods for assessing the strength and reliability of nodal joints of wedge scaffolding. The goals and objectives for further research based on the results of experimental data processing are set.

REFERENCES

1. Olenin A. A., Krasilnikov N. V., Lobov D. M., Toropov A. S. Metodika issledovaniya nadezhnosti stroitelnykh klinovykh lesov. Chast 1 [Methodology for studying the reliability of construction wedge forests. Part 1]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2025, №. 1 (73), P. 56–64.
2. EN 12811–1:2007 Oborudovanie dlya vremennykh rabot. Chast 1. Lesa. Trebovaniya k rabochim kharakteristikam i obshchiy dizayn [Temporary works equipment. Part 1. Scaffolds. Performance requirements and general design]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3969042>.
3. EN 12811-2:2008. Oborudovanie dlya vremennykh rabot. Chast 2. Informatsiya o materialakh [Temporary works equipment. Part 2. Information on materials]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4029583>.
4. EN 12811–3 2003 Oborudovanie dlya vremennykh rabot. Chast 3. Ispytanie pod nagruzkoy [Temporary works equipment – Part 3: Load testing]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3931854>.
5. EN 12810–2 2010 Fasadnye lesa sbornye. Chast 2. Spetsialnye metody proektirovaniya konstruktsiy [Facade scaffolds made of prefabricated components - Part 2: Particular methods of structural design]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4003997>.
6. GOST R 58752-2019. Sredstva podmaschivaniya. Obschie tekhnicheskie usloviya [Different types of scaffolding. General specifications] : data vvedeniya 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020 12 p.
7. GOST R 58755-2019. Podmosti peredvizhnye sborno-razbornye. Tekhnicheskie usloviya [Demountable rolling scaffold. Specifications] : data vvedeniya 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020. 19 p.
8. GOST R 58758-2019. Ploschadki i lestnitsy dlya stroitelno-montazhnykh rabot. Obschie tekhnicheskie usloviya [Platforms and ladders for civil engineering works. General specifications] : data vvedeniya 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020, 21 p.
9. Derevyanko E., Shmelev G., Khaidarov L., Antonov A., Galimullin I. Creating a node connection for scaffolding and studying its stress-strain state by means of a full-scale test / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. P. 890. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012043.
10. Błazik-Borowa E., Robak A., Pieńko M. The numerical analysis of the modular scaffold structure with the non-typical form / J. of Civil Eng., Environment and Architecture. 2011. №58. P. 333–340.
11. Misztela A. Modeling the load characteristics for connections in scaffolds / Przegląd Mechaniczny. 2011. №5. P. 19–26.
12. Misztela A. Influence of process parameters on the results of numerical analysis of nonlinear computation-al scaffolding International / J. of Applied Mech. and Eng. 2012. № 17 (3). P. 931–940.
13. Prabhakaran U., Beale R. G., Godley M.H.R. Analysis of scaffolds with connections containing looseness / Comp. and Structures. 2011. № 89. P. 1944–1955.
14. Błazik-Borowa E., Szer J., Borowa A., Robak A., Pieńko M. Modelling of load-displacement curves obtained from scaffold components tests / Bull. Pol. Acad. Sci. Tech. Sci. 2019. № 67. P. 317–327.

© А. А. Оленин, Н. В. Красильников, Д. М. Лобов, А. С. Торопов, 2025

Получено: 27.01.2025 г.