



УДК 69.057.62, УДК 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; **Д. А. ЛАМЗИН²**, канд. техн. наук, зав. кафедрой железобетонных, каменных и деревянных конструкций

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КЛИНОВЫХ ЛЕСОВ. ЧАСТЬ 1

¹ООО «АЛЬТУМ». 606016, Российская Федерация, 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 проведен анализ научной и нормативной документации в области исследования надежности строительных клиновых лесов. Обозначены проблемы нормативной документации в рассматриваемой области. Поставлены цели и задачи для разработки методов экспериментального исследования для оценки надежности строительных клиновых лесов.

Строительные леса как вид временных пространственных каркасных сборно-разборных систем используют очень давно. Изначально использовались древесные материалы, в дальнейшем по мере развития технологии обработки металла появились конструкции из металла оцинкованные, алюминиевые, из нержавеющей сталей. Стоит отметить, что в Китае по сей день распространены конструкции из легкого и экологичного возобновляемого материала – бамбука. Однако использование таких материалов, как дерево бамбук, накладывает определенные ограничения по пожарной безопасности оборудования и сужает их сферы применения. Также конструкции из таких материалов имеют короткий срок службы и применяются однократно. Модульные клиновые леса имеют в своей структуре сборно-разборный клиновой узел, обеспечивающий быстроту сборно-разборных операций. Модульность конструкции позволяет гибко подходить к проектированию конструкции из элементов системы.

Перед тем как рассмотреть вопрос исследования надежности строительных лесов, необходимо пояснить определение самого понятия «строительные леса». Строительные леса – это временная опорная структура, собранная из многоэтажных элементов, предназначенная для временной передачи нагрузок, вызванных людьми, строительными материалами или оборудованием при возведении строительных или инженерных объектов.

Эксплуатация строительных лесов и обеспечение безопасности их использования зависит от многих факторов, таких как технологические решения, применяемые в производстве, качество применяемых материалов и качество



сборки элементов. От надежности отдельных элементов будет зависеть возможность дальнейшей эксплуатации строительных лесов. Широкий спектр нормативной базы, более 20 европейских не менее 8 российских стандартов обусловлено тем, что строительные леса играют очень значительную роль в строительной инженерии, и их функциональность и несущая способность определяют безопасность людей.

В данной статье описана методика исследования надежности узлов и основных несущих элементов системы. В разработке методики основывались на требованиях стандартов [1-4]. Три части стандарта EN 12811-1:2007, EN 12811-2:2008 и EN 12811-3:2003 касаются всех типов строительных лесов. В стандарте [1] можно найти номенклатуру отдельных элементов строительных лесов, классы ширины рабочих зон, классы нагрузки, правила формирования рабочих строительных лесов, правила их проектирования.

Стандарт [2] содержит информацию о свойствах материалов, из которых могут быть выполнены строительные леса, а именно о стали, чугуне, алюминиевом сплаве, фанере и дереве.

Основным документом, на основании которого проводятся лабораторные испытания строительных лесов, является последняя часть стандарта [3], в соответствии с названием, регулирует правила проведения исследований отдельных элементов. В стандарте описаны типы исследований, а также способ анализа полученных результатов.

Российские стандарты [5-7] в основном аналогичны требованиям европейских норм EN 12811. Однако, в указанных стандартах не описаны требования к испытаниям отдельных узлов системы строительных лесов.

Конструкция модульных строительных лесов состоит из основных несущих элементов:

- вертикальные опорные элементы (стойки, регулировочные домкраты совместно со стартовым элементом);
- горизонтальные опорные элементы (ригели, усиленные ригели);
- элементы рабочей площадки (настилы);
- диагональные связи (диагонали).

Общий вид строительных клиновых лесов показан на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид строительных клиновых лесов



Фиксация ригелей и раскосов (диагоналей) в розетке стойки выполнена через забивку клина. Передача усилий в узле происходит за счет возникающих сил трения между клином и розеткой. Узлы служат для передачи продольных и поперечных сил, а также изгибающих и крутящих моментов. Впоследствии результаты экспериментального исследования по определению жесткостных характеристик узла используются при выполнении численного моделирования строительных лесов для определения фактического напряженно-деформированного состояния конструкции.

В статье [8] проведено изучение напряженно-деформированного состояния узла соединения ригеля-стойки, в работе описана постановка натурального испытания модели узла, приближенного по характеристикам к реальной конструкции. Уточнение жесткостных характеристик узла сопротивлению изгибающему моменту оказывает значительную роль при расчете пространственной стержневой модели.

Проблемы учета жесткости узлов в расчетах строительных клиновых узлов описаны в работах [9-13]. В работе [9] сравниваются результаты расчетов на статическую нагрузку модульных лесов сложной геометрии с различными типами конструкции стоечно-ригельных узлов. В расчетах учитывается влияние несовершенств и эффектов второго порядка. Показано, что значение напряжения в стойках и ригелях отличаются друг от друга при применении различных методов моделирования узлов. В статье [10] рассматривается подход к выбору характеристик работы узлов в лесах, описанных как отношения между нагрузкой узла и соответствующим перемещением, а также влияние этих характеристик на усилия в элементах. Этот же автор в продолжении своей работы описал влияние модели несовершенств и работы узлов, определенных на основе экспериментальных исследований [11]. Измерение зависимости момента поворота узлов трубных лесов и аппроксимация результатов измерения различными наборами функций описаны в работе [12]. Авторы статьи выполнили компьютерные расчеты, чтобы проверить, какой набор функций дает наилучшие результаты, и пришли к выводу, что в первой части графика лучшим решением является линейная зависимость, а в другой части графика применимы последовательной линейные функции.

По результатам анализа научной и нормативной литературы установлено, что на текущий момент времени отсутствует единый нормативный документ, содержащий в себе критерии оценки прочности и надежности строительных клиновых лесов на различные виды воздействия.

С целью оценки надежности строительных клиновых лесов была разработана программа многофакторного эксперимента, включающая в себя различные виды испытаний как отдельных элементов конструкции строительных лесов и узловых соединений, так и конструкцию в сборе.

В данной работе приведено описание первого этапа работы по разработке методики экспериментального исследования строительных клиновых лесов. На данном этапе осуществлялась разработка программы испытания конструкции в сборе строительных клиновых лесов. На следующем этапе планируется разработка программы испытаний узловых соединений на различные виды воздействий, результаты следующего этапа работы будут представлены в последующих статьях.



В процессе эксплуатации строительных лесов одним из определяющих факторов является их жесткость. В соответствии требованиями [6] предельный прогиб загруженной платформы на действие распределенной и сосредоточенной нагрузки не должен превышать 0,01 ее пролета.

С целью оценки жесткости строительных клиновых лесов выполнялись испытания на воздействие распределенной и сосредоточенной статической нагрузки. Указанные виды испытаний моделируют воздействия на рабочие площадки от людей и размещения различного оборудования при проведении ремонтно-восстановительных работ. Сосредоточенные нагрузки могут возникать при установке стойки на ригель через хомут-делитель и от диагональных связей через хомутовые соединения.

Методика испытаний образца подмостей на жесткость при воздействии распределенной статической нагрузки принималась в соответствии с п.6.5 [6]. Испытательную нагрузку прикладывают вертикально вниз в наиболее неблагоприятной зоне воздействия. Проведение испытаний осуществляется следующим образом: подмости устанавливаются в рабочее положение; прикладывают испытательную нагрузку q не менее $1,5 \text{ кН/м}^2$, равномерно распределенную на поверхности рабочей площадки в течение $180 \pm 3 \text{ с}$.

Для проведения испытаний осуществлялась сборка подмостей в проектное положение, нагружение осуществлялось через балки оснастки опирающихся на ригель строительных клиновых лесов, к которым подвешивались грузовые корзины. Нагрузка прикладывалась ступенями путем укладки гирь в грузовые корзины, на каждом этапе приложения нагрузки фиксировалось значение прогибов в середине пролета ригелей посредством индикаторов часового типа. Схема испытания строительных клиновых лесов на действие распределенной нагрузки приведена на рис. 2.

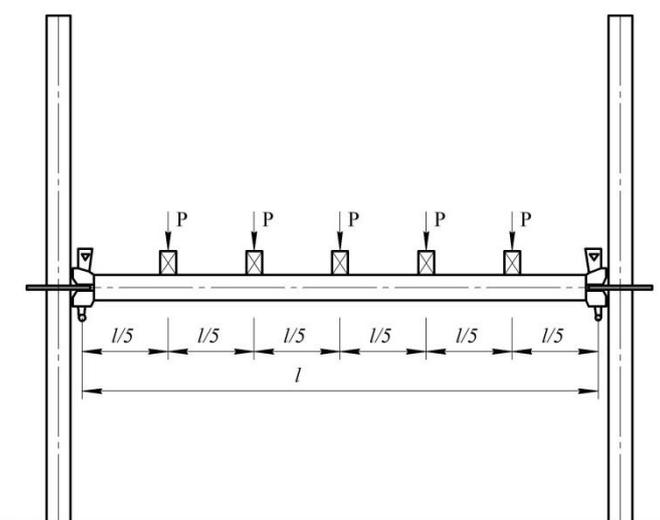


Рис. 2. Общий вид испытания строительных клиновых лесов на действие распределенной нагрузки



Изделие считается выдержавшим испытание, если после испытания отсутствуют следующие нарушения целостности конструкции: деформации опорных узлов, механические повреждения деталей; изломы конструктивных элементов, трещины в металле и сварных швах.

Методика испытаний образца подмостей на жесткость при воздействии сосредоточенной статической нагрузки в соответствии с п. 6.6 [6]. Испытательную нагрузку прикладывают вертикально вниз в наиболее неблагоприятной зоне воздействия. Проведение испытаний осуществляется следующим образом:

- подмости устанавливаются в рабочее положение; прикладывается предварительная нагрузка $0,5 \pm 0,05$ кН через подкладку размерами 200×200 мм в течение 60 ± 1 с; после снятия предварительной нагрузки устанавливается индикатор в контрольной точке; прикладывается испытательная нагрузка $1,0 \pm 0,1$ кН через подкладку размерами 200×200 мм в течение 180 ± 1 с; после снятия испытательной нагрузки записывается значение индикатора и вычисляется значение остаточной деформации;

- прикладывается предварительная нагрузка $0,5 \pm 0,05$ кН через подкладку размерами 500×500 мм в течение 60 ± 1 с; после снятия предварительной нагрузки устанавливается индикатор в контрольной точке; прикладывается испытательная нагрузка $1,5 \pm 0,1$ кН через подкладку размерами 500×500 мм в течение 180 ± 1 с; после снятия испытательной нагрузки записывается значение индикатора и вычисляется значение остаточной деформации.

После окончания проведения испытаний по методике п. 6.6 [6] осуществляется испытание подмости до момента, когда прогибы загруженной платформы достигнут значения $0,01$ от ее пролета. Нагрузка прикладывается ступенями по $0,2 \pm 0,02$ кН через подкладку размерами 500×500 мм с выдержкой каждой ступени в течение 30 ± 1 с, на каждой ступени фиксируют значение прогиба, при достижении прогиба $0,01$ от пролета испытания завершают. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение нагрузки, при которой прогиб подмости достиг своего предельного значения.

Для проведения испытаний осуществлялась сборка подмостей в проектное положение, нагружение осуществлялось через балки оснастки опирающихся на ригеля строительных клиновых лесов, к которым подвешивалась грузовая корзина. Нагрузка прикладывалась ступенями путем укладки гирь в грузовые корзины, на каждом этапе приложения нагрузки фиксировалось значение прогибов в середине пролета ригелей посредством индикаторов часового типа. Схема испытания строительных клиновых лесов на действие распределенной нагрузки приведена на рис. 3.

Изделие считается выдержавшим испытание, если при приложении испытательной нагрузки прогибы загруженной платформы не превысили $0,01$ ее пролета, после испытания отсутствуют остаточные деформации и нарушения целостности конструкции.

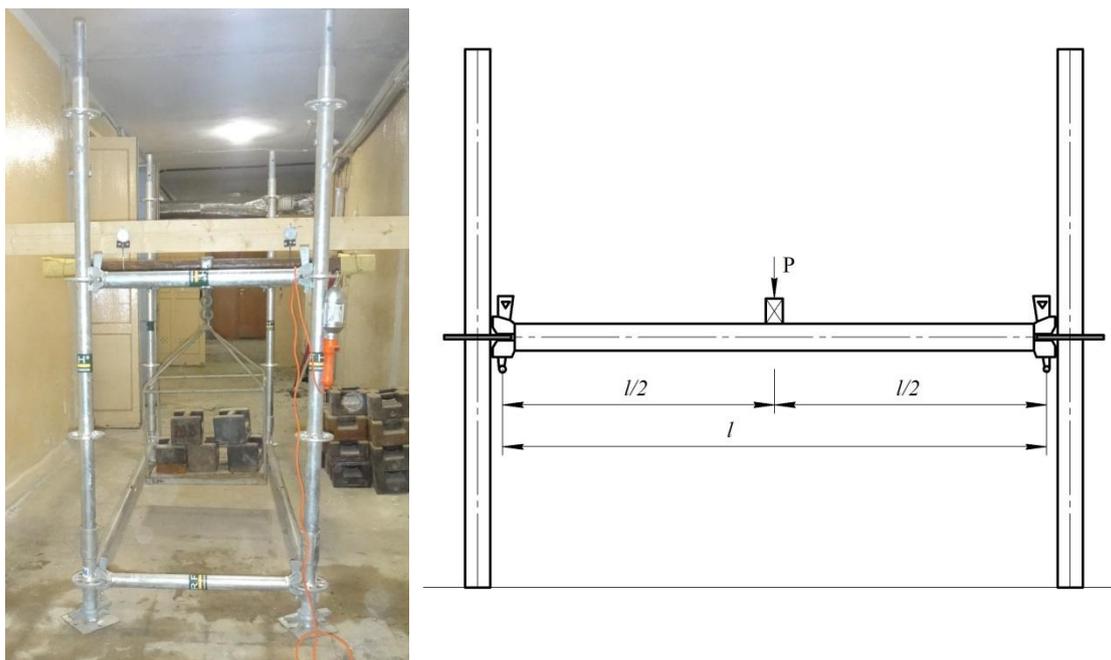


Рис. 3. Общий вид испытания строительных клиновых лесов на действие сосредоточенной нагрузки

В статье выполнен обзор научной и нормативной литературы в области оценки прочности и надежности строительных клиновых лесов. На текущий момент времени нет единого нормативного документа, охватывающего все виды испытаний. В отечественной нормативной документации отсутствуют требования и методики по оценке надежности узловых соединений строительных клиновых лесов. Областью дальнейшего 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. EN 12811-2:2008. Оборудование для временных работ. Часть 2: Информация о материалах. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4029583>. – Текст : электронный.
3. EN 12811-3:2003 Временное рабочее оборудование. Часть 3. Нагрузочные испытания. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3931854>. – Текст : электронный.
4. 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.
5. ГОСТ Р 58752-2019. Средства подмащивания. Общие технические условия. – Введ. 01.09.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 12 с. – Текст : непосредственный.
6. ГОСТ Р 58755-2019 Подмости передвижные сборно-разборные. Технические



условия. – Введ. 01.09.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 19 с. – Текст : непосредственный.

7. ГОСТ Р 58758-2019 Площадки и лестницы для строительно-монтажных работ. Общие технические условия. – Введ. 01.09.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 21 с. – Текст : непосредственный.

8. 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.

9. 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.

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

11. 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.

12. 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.

13. 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 Mikhailovich², 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; LAMZIN Dmitry Aleksandrovich², candidate of technical sciences, holder of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures

METHODOLOGY FOR STUDYING THE RELIABILITY OF CONSTRUCTION WEDGE FORESTS. PART 1

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 analyzes scientific and regulatory documentation related to the investigation of the reliability of construction wedge scaffolding. The problems of regulatory documentation in the area under consideration are identified. Goals and objectives have been set for the development of experimental research methods for assessing the reliability of construction wedge scaffolding.



REFERENCES

1. 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>.
2. 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>.
3. 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>.
4. 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>.
5. GOST R 58752-2019. Sredstva podmaschivaniya. Obschie tekhnicheskie usloviya [Different types of scaffolding. General specifications]. Vveden 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020 12 p.
6. GOST R 58755-2019. Podmosti peredvizhnye sborno-razbornye. Tekhnicheskie usloviya [Demountable rolling scaffold. Specifications]. Vveden 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020. 19 p.
7. GOST R 58758-2019. Ploschadki i lestnitsy dlya stroitelno-montazhnykh rabot. Obschie tekhnicheskie usloviya [Platforms and ladders for civil engineering works. General specifications]. Vveden 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020, 21 p.
8. 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.
9. 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.
10. Misztela A. Modeling the load characteristics for connections in scaffolds / Przegląd Mechaniczny. 2011. №5. P. 19-26.
11. 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.
12. Prabhakaran U., Beale R. G., Godley M.H.R. Analysis of scaffolds with connections containing looseness / Comp. and Structures. 2011. №89. P. 1944-1955.
13. 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,
Д. А. Ламзин, 2025

Получено: 27.01.2025 г.