

Д. А. ПАНФИЛОВ  
Н. А. ИЛЬИН  
С. С. МОРДОВСКИЙ  
Я. А. БУЗОВСКАЯ

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ИЗГИБ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

### EXPERIMENTAL TEST INSTALLATION OF BENDING REINFORCED CONCRETE BEAM ELEMENTS

В статье представлено новое устройство экспериментальной установки для проведения экспериментальных исследований параметров прочности и деформативности железобетонных балочных элементов в условиях статического изгиба. Экспериментальная установка включает в себя сборно-разборный стенд, нагружающий механизм, силоизмерительное устройство, упорный элемент и хомуты-тяги. Упорный элемент выполнен составным и содержит основание в виде швеллера и усиленный элемент в виде двутавра. Хомуты-тяги выполнены в виде туго закрепленных анкерных тяжей, оборудованных катковыми опорами. В качестве нагружающего устройства применены домкраты, установленные в ручей-паз швеллера и закрепленные установочными винтами к основанию упорного элемента. Предложенная экспериментальная установка, компактная, простая и легкая, характеризуется повышенной надежностью работы силового устройства, натяжных хомутов и катковых опор испытываемого на изгиб железобетонного образца.

**Ключевые слова:** железобетонные балочные элементы, исследовательские испытания на изгиб, экспериментальная установка, сборно-разборный стенд, нагружающий механизм, упорный элемент установки, хомуты-тяги

Испытания железобетонных конструкций осуществляются в значительных объемах и с разнообразными целями. По назначению испытания конструкции подразделяют на контрольные, вновь запроектированные, эксплуатационные, научно-исследовательские [1–3].

Контрольные испытания конструкций проводятся при серийном изготовлении конструкций и изделий. Цель испытания – контроль заводской продукции по ГОСТ 8829 [1, 4].

Испытания вновь запроектированных конструкций осуществляются с целью проверки соответствия новых конструкций проектным и нормативным требованиям по несущей спо-

The article outlines a new technical solution related to the field of construction, in particular to the testing technique, the testing of materials and structures, and the application for conducting experimental studies of the strength and deformability parameters of reinforced concrete beam elements under static bending conditions. The experimental installation includes a pre-assembled booth, a loading mechanism, a force measuring device, a thrust element and a strap clamp. In this case, the stand contains a stop element, jacks, tensioning clamps, test specimen. The supporting element is composite and contains a base in the form of a channel and an amplifier in the form of a two-lobe. Clamping hooks are made in the form of tight fastened anchorages, equipped with roller supports. As a loading device, jacks are installed in the crevice-slot of the channel and secured by mounting screws to the base of the thrust element. The compact, simple and easy experimental installation with the increased reliability of the power device, tensioning clamps and roller bearings of the subject under bending of the concrete sample is offered.

**Keywords:** reinforced concrete beam elements, bending research tests, experimental installation, assembly and assembly boom, loading mechanism, thrust element of installation, clamping joints

собности, жесткости, трещиностойкости и огнестойкости. На эти испытания разрабатываются программы с обоснованием принятых рабочих схем опирания и загрузки железобетонных конструкций [5–8].

Испытания эксплуатационных железобетонных конструкций проводятся для выяснения фактической несущей способности, жесткости, трещиностойкости и огнестойкости при необходимости увеличения нагрузки на несущие конструкции или при их повреждении, ремонте, усилении [6, 9, 10].

Научно-исследовательские испытания проводятся для экспериментального изучения

на образцах конструкций положений по совершенствованию теории и методики расчета новых железобетонных конструкций. Исследовательские испытания являются составной частью экспериментально-теоретических и проектно-конструкторских разработок [1, 3, 4].

В процессе эксперимента изучается взаимная работа бетона и арматуры, влияние количества, качества и расположения арматуры на несущую способность, деформации, трещиностойкость, огнестойкость и огнесохранность конструкций, напряженное состояние в сечениях элементов, влияние стыковых соединений сборных элементов на выбор расчетной схемы и другие вопросы [3, 4, 10].

Научно-исследовательские испытания предусматривают разработку специальной рабочей программы испытаний, изготовление новой измерительной аппаратуры, стенов и необходимого оборудования [4, 5, 9].

Испытательные стенды относятся к основным видам при статических испытаниях железобетонных конструкций на изгиб. Различают стенды временные сборно-разборные и стационарные [4, 11].

К сборно-разборным стендам для испытания балочных элементов на изгиб относят простейшие стенды, которые содержат две опоры (в пределах пролета располагают страховочные опоры), высота опор 60–100 см, испытательная нагрузка – кирпич, бетонные изделия. Загрузка длиномерных балок весовыми грузами является трудоемкой работой. При испытании на изгиб возможно нагружение конструкций гидродомкратами [1, 2, 4].

Стационарные стенды применяются при испытаниях на изгиб двух видов – стенды с вертикальным или горизонтальным расположением испытываемой железобетонной конструкции [7, 8].

Основной частью испытательной установки является массивная железобетонная силовая плита, которая воспринимает усилие плиты от гидродомкрата. Усилие развивается тяговым домкратом, передается через тязи и траверсы на испытываемую конструкцию.

В целях снижения трудоемкости испытания конструкций применяются многоручьевые механизированные стенды [1, 3, 4].

В результате проведенного тематического патентного поиска по устройству стенов для испытания железобетонных конструкций на изгиб проведен анализ следующих патентов на изобретения и полезные модели: № 72 761 [12]; № 100855 [13], № 143 660 [14]; № 2 436 063 [15]; № 2 511 712 [16]; № 2530 470 [17].

В настоящей статье предложена компактная, простая и легкая экспериментальная

установка с повышенной надежностью работы силового устройства, натяжных хомутов и катковых опор испытываемого на изгиб железобетонного образца. Установка включает в себя сборно-разборный стенд, нагружающий механизм, силоизмерительное устройство, упорный элемент и хомуты-тяги.

Каждая шарнирная опора содержит каток в виде отрезка круглого сечения диаметром 20–40 мм, длиной  $l_k \geq l_0$  (здесь  $l_0$  – ширина испытываемого образца, мм) и стальную опорную пластинку толщиной 6–10 мм, шириной 30–50 мм, укладываемую на испытываемый образец на строительном растворе. Круглый стальной стержень катковой неподвижной опоры испытываемого образца прикреплен к стальной опорной пластине при помощи одностороннего сварного шва. Гидродомкраты приняты облегченными грузоподъемностью 50–100 кН каждый. Гидродомкраты установлены и закреплены в пазу-ручье швеллера, который является основанием составного упорного элемента установки.

Переносной сборно-разборный стенд обеспечивает возможность проведения исследовательского испытания образца как в горизонтальном, так и вертикальном положении установки.

Компактная автономная и универсальная экспериментальная установка для испытания на изгиб железобетонных балочных образцов изготовлена без использования силового пола, упорный элемент установки выполнен составным из эффективных элементов стального проката (швеллер и двутавр), расстояние между упорным элементом и испытываемым образцом принято минимальным в зависимости от высоты облегченных гидродомкратов малой грузоподъемности (50–100 кН), с заглублением домкрата в паз-ручей основания упорного элемента (швеллера). Передача нагрузки на испытываемый образец осуществляется непосредственно от гидродомкратов вместо специально сконструированной системы катков [4]. Применение натяжного хомута, тязи которого проходят через направляющие трубки, приваренные попарно к основанию упорного элемента, повышает надежность работы экспериментальной установки.

Экспериментальная установка для исследовательского испытания на статический изгиб железобетонного балочного элемента включает в себя стальной составной упорный момент 1, натяжной хомут 2, стопорные гайки натяжения 3, пружинные шайбы 4, направляющие стальные трубки 5, сварные швы 6, упорные гайки 7, подвижные катковые опоры 8, испытываемый образец 9, неподвижную катковую опору

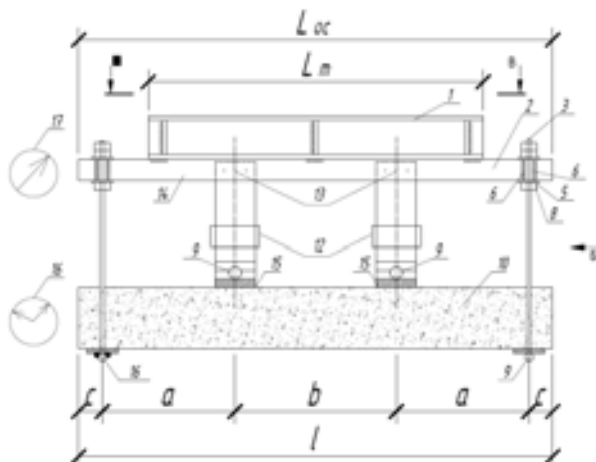


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследовательского испытания железобетонного балочного элемента на изгиб. Вид спереди

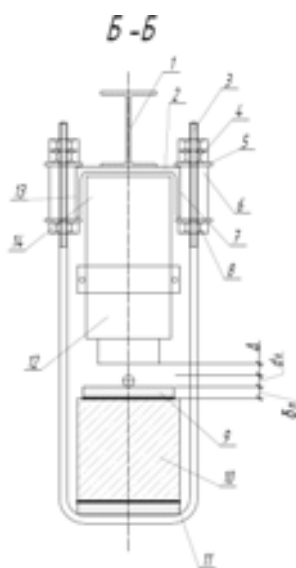


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для испытания на изгиб железобетонного балочного элемента. Вид сбоку (условные обозначения приведены на рис.1)

ру 10, гидродомкраты 11, установочные винты 12, ограничители 13, систему элементов для передачи нагрузки на испытываемый образец, металлические опорные пластины 14 и катки из круглой стали 8, 10 (рис. 1, 2).

Экспериментальная установка для испытания образца на изгиб работает следующим образом. На боковую поверхность испытываемого образца 9 и на торцы катковых опор 8, 10 наносят центрирующие риски 17. В пазы швеллера упорного элемента 1 устанавливают гидродомкраты 11 и закрепляют их установочными винтами 12; на опорные части тяжёлых хомутов 2 устанавливают испытываемые об-

разцы 9, натяжными хомутами 2 огибают испытываемый образец с упорным элементом 1 экспериментальной установки; навинчиванием стопорных натяжных 3 и упорных 7 гаек плотно прижимают хомуты 2 к упорному элементу 1 и испытываемому образцу 9; на образец прикладывается нагрузка, регулируемая по ее величине и скорости нагружения; прочностные и деформативные параметры образца 9 измеряют в заданном интервале времени.

Детали составного упорного элемента экспериментальной установки приведены на рис. 3.

**Выводы.** 1. Компактная автономная и универсальная экспериментальная установка для испытания на изгиб железобетонных балочных образцов изготовлена без использования силового пола. Упорный элемент установки выполнен составным из эффективных элементов стального проката (швеллер и двутавр). Расстояние между упорным элементом и испытываемым образцом принято минимальным в зависимости от высоты облегченных

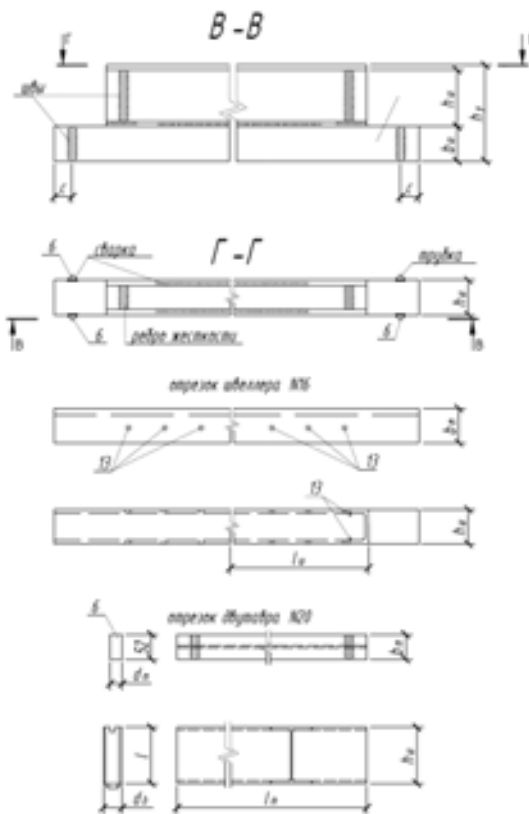


Рис. 3. Детали составного упорного элемента экспериментальной установки:

$h$  – высота двутавровой балки;  $b$  – ширина полки двутавра;  $l_1$  – длина отрезка двутавровой балки, мм;  $h_{ш}$  – высота швеллера;  $b_{ш}$  – ширина полки швеллера;  $l_{ш}$  – длина швеллера, мм; 5 – направляющая трубка

гидродомкратов малой грузоподъемности (50–100 кН), с заглублением домкрата в паз-ручей основания упорного элемента (швеллера).

2. Применение натяжного хомута, тяжи которого проходят через направляющие трубки, приваренные попарно к основанию упорного элемента, повышает надежность работы экспериментальной установки.

3. Предложенный вариант экспериментальной установки, в отличие от известных, не требует наличия силового пола, имеет упрощенную конструкцию упорного элемента и системы подачи нагрузки на испытываемый образец, наиболее близко моделирует действительную работу испытываемых элементов за счет конструкции натяжного хомута.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обследование и испытание сооружений / под ред. О.В. Лузина. М., 1987. 212 с.
2. Патент № 2351910 RU, МПК G1 № 3/10. Экспериментальная установка для испытания балочных конструкций / В.И. Колчунов, Е.А. Скобелева, заяв. Орел ГТУ: 13.11.2007, опублик. 10.04.2009. Бюл. № 10.
3. Золотухин Ю.Д., Юарбакадзе В.Ш., Герасимов И.Д., Страбахин Н.И. Испытание сооружений / под общ. ред. Ю.Д. Золотухина. Минск: Высшая школа, 1992. 272 с.: ил.
4. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Мониторинг возводимых и эксплуатируемых железобетонных конструкций неразрушающими методами: монография. Минск: БНТУ, 2016. 331 с.
5. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций, зданий и сооружений. СПб.: Издательский дом КН+, 2000. 140 с.
6. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. М.: АСВ, 2001. 173 с.
7. Добромислов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. М.: АСВ, 2008. 72 с.
8. Balayssac J.-P., Garnier V. (Eds.) Non-destructive Testing and Evaluation of Civil Engineering Structures ISTE Press – Elsevier, 2018. 369 p/ (structures Durability in Civil Engineering Set).
9. Малахова А.Н., Малахов Д.Ю. Оценка несущей способности строительных конструкций при обследовании технического состояния зданий. М.: МИСИ – МГСУ, 2017. 200 с.
10. Юдина Л.В. Испытание и исследование строительных материалов. М.: АСВ, 2010. 200 с.
11. Матюнин В.М. Оперативная диагностика механических свойств конструкционных материалов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 100 с.
12. Патент на полезную модель RU № 72 761, G 01 N 3/00. Стенд для испытания на трехточечный изгиб и сжатие /Костанов А.С., Иванов В.Н., Поспелов А.Б., заяв. 12.12.07; опублик. 07.04.08. Бюл. № 12.

13. Патент на ПМ RU № 100 255, G 01 N 3/00. Стенд для испытания ж/б элементов на поперечный изгиб / Плевков В.С., Балдин И.В., Уткин Д.Г. и др., заяв. 23.04.2010, опублик. 10.12.10. Бюл. № 22.

14. Патент на ПМ RU № 143 660, G 01 N 3/08. Стенд для статических испытаний железобетонных элементов на изгиб / Плевков В.С., Однокопылов Г.И., Кудачков К.Х., и др., заяв. 07.04.14; опублик. 27.07.14. Бюл. № 21.

15. Патент RU № 2 436 063, G 01 N 3/20. Стенд для испытания образцов при многоточном изгибе/ Лодус Е.В., Накифоров А.В., Полухин О.А., заяв. 02.08.10, опублик. 10.12.11. Бюл. № 34.

16. Патент RU № 2 511 718, G 01 N 3/20. Стенд для испытания длинномерных образцов при изгибе /Лодус Е.В., Цирель С.В., заяв. 07.08.12; опублик. 10.04.14. Бюл. № 10.

17. Патент RU № 2 530 470, G 01 N 3/20 (3/32). Способ испытания конструкций и установка для его осуществления / Анпилов С.М., Мурашкин В.Г., Латышева Е.В., и др., заяв. 09.01.13; опублик. 10.10.14. Бюл. № 28.

### REFERENCES

1. Luzhin O.V., Zlochevsky A.B., Gorbunov I.A., Volokhov V.A. *Obsledovaniye i ispytaniye sooruzheniy* [Inspection and testing of buildings]. Moscow, 1987, 264 p.
2. Kolchunov V.I., e.s. *Eksperimental'naya ustanovka dlya ispytaniya balochnykh konstruktсий* [Experimental installation for testing beam structures]. Patent RF, no. 2351910, 2009.
3. Zolotukhin Yu.D., Yuarbakadze V.sh., Gerasimov I.D., Strabakhin N.I. *Ispytaniye sooruzheniy* [Testing facilities]. Minsk, High School Publ, 1992. 272 p
4. Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N. *Monitoring vozvodimyykh i ekspluatiruyemykh zhelezobetonnykh konstruktсий nerazrushayushchimi metodami* [Monitoring of constructed and operated reinforced concrete structures by non-destructive methods]. Minsk, BNTU, 2016. 331 p.
5. Grozdov V.T. *Tekhnicheskoye obsledovaniye stroitel'nykh konstruktсий, zdaniy i sooruzheniy* [Technical inspection of building structures, buildings and structures], 2000. 140 p.
6. Guchkin I.S. *Diagnostika povrezhdeniy i vosstanovleniye ekspluatatsionnykh kachestv konstruktсий* [Diagnosis of damage and restoration of performance of structures]. Moscow, 2001. 173p.
7. Dobromyslov A.N. *Otsenka nadezhnosti zdaniy i sooruzheniy po vneshnim priznakam* [Assessment of the reliability of buildings and structures on external signs]. Moscow, 2008. 72p.
8. Balayssac J.-P., Garnier V. (Eds.) Non-destructive Testing and Civil Engineering ISTE Press - Elsevier, 2018. 369 p.
9. Malakhova A.N., Malakhov D.Yu. *Otsenka nesuschchey sposobnosti stroitel'nykh konstruktсий pri obsledovanii tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy* [Assessment of the bearing capacity of building structures in the inspection of the technical condition of buildings]. Moscow, MISI - MGSU, 2017. 200 p.

10. Yudina L.V. *Ispytaniye i issledovaniye stroitel'nykh materialov* [Testing and research of building materials]. Moscow, 2010. 200 p.

11. Matyunin V.M. *Operativnaya diagnostika mekhanicheskikh svoystv konstruktsionnykh materialov* [Operational diagnostics of mechanical properties of structural materials]. Moscow, Publishing House MEL, 2006. 100 p.

12. Kostanov A.S., e.s. *Stend dlya ispytaniya na trekh-tochechnyy izgib i szhatiye* [Three-point bending and compression test bench]. Patent RF, no. 72761, 2008.

13. Plevkov V.S., e.s. *Stend dlya ispytaniya zh/b elementov na poperechnyy izgib* [Test bench for reinforced concrete elements for transverse bending]. Patent RF, no. 100255, 2010.

14. Plevkov V.S., e.s. *Stend dlya staticheskikh ispytaniy zhelezobetonnykh elementov na izgib* [Stand for static tests of reinforced concrete elements for bending]. Patent RF, no. 143 660, 2014.

15. Lodus E.V., e.s. *Stend dlya ispytaniya obraztsov pri mnogotochnom izgibe* [Multi-bend test bench]. Patent RF, no. 2436063, 2011.

16. Lodus E.V., Tsirel S.V. *Stend dlya ispytaniya dlin-nomernykh obraztsov pri izgibe* [Stand for testing long bending specimens]. Patent RF, no. 2511718, 2014.

17. Anpilov S.M., e.s. *Sposob ispytaniya konstruktsiy* [Method of testing structures and installation for its implementation]. Patent RF, no. 2530470, 2014.

Об авторах:

#### **ПАНФИЛОВ Денис Александрович**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
строительных конструкций  
Самарский государственный технический  
университет  
Академия строительства и архитектуры  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (909) 343-19-86

#### **PANFILOV Denis A.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor  
of the Building Structures Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (909) 343-19-86

#### **ИЛЬИН Николай Алексеевич**

кандидат технических наук, профессор кафедры  
водоснабжения и водоотведения  
Самарский государственный технический  
университет  
Академия строительства и архитектуры  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846)339-14-71

#### **ILIYIN Nikolay A.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor  
of the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846)339-14-71

#### **МОРДОВСКИЙ Сергей Сергеевич**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
строительных конструкций  
Самарский государственный технический  
университет  
Академия строительства и архитектуры  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846)339-56-35

#### **MORDOVSKY Sergey S.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor  
of the Building Structures Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846)339-56-35

#### **БУЗОВСКАЯ Яна Александровна**

магистрант  
Самарский государственный технический  
университет  
Академия строительства и архитектуры  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (937) 792-29-44

#### **BUZOVSKAYA Yana A.**

Master's Degree Student  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (937) 792-29-44

Для цитирования: Панфилов Д.А., Ильин Н.А., Мордовский С.С., Бузовская Я.А. Экспериментальная установка для испытания на изгиб железобетонных балочных элементов // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 3. С. 12–16. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.2.

For citation: Panfilov D.A., Iliyina N.A., Mordovskiy S.S., Buzovskaya Ya.A. Experimental Test Installation of Bending Reinforced Concrete Beam Elements // Urban Construction and Architecture. 2019. V.9, 3. Pp. 12–16. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.2.