



К РАСЧЕТУ ПРОЧНОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ С ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ СТАЛЬНЫМ ПРОФИЛИРОВАННЫМ НАСТИЛОМ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРОЙ

А. И. Давиденко¹, А. А. Давиденко², М. А. Давиденко³, Е. В. Давиденко⁴

ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный
университет им. К. Е. Ворошилова»,

Российская Федерация, Луганская Народная Республика,

291008, г. о. Луганский, г. Луганск, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, д. 1.

E-mail: ¹ a.davidenko57@yandex.ru, ² alikdave88@yandex.ru, ³ redav1d@yandex.ru,

⁴ elena_davidenko@rambler.ru

Получена 07 мая 2024; принята 24 мая 2024.

Аннотация. В статье предложены конструктивное решение и расчетные зависимости определения прочности нормальных сечений сталебетонных плит с внешним армированием стальным профилированным настилом и стержневой предварительно напрягаемой арматурой при способе натяжения «на бетон». Приведены предпосылки деформационной методики расчета прочности нормальных сечений предварительно напряженных сталебетонных элементов с внешним армированием. В качестве основной предпосылки расчета прочности принята зависимость между напряжениями и деформациями материала в виде диаграммы Прандтля. Приведены уравнения расчета прочности плиты в случае расположения нейтральной оси в полке плиты. Использование гипотезы плоских сечений позволило сократить число неизвестных до двух: высота сжатой зоны и несущая способность. Показано, что применение предварительного напряжения стержневой арматуры в многопустотной ребристой плите и анкеровка стального профилированного настила в пролете плиты позволяют увеличить расчетный пролет конструкции до 6–12 м. Эффективность предложенного конструктивного решения характеризуется снижением собственного веса плиты и увеличением удельной несущей способности.

Ключевые слова: прочность, бетон, предварительное напряжение, стальной профилированный настил, арматура, плита.

TO CALCULATE THE STRENGTH OF STEEL CONCRETE SLABS WITH EXTERNAL REINFORCEMENT WITH PROFILED STEEL FLOORING AND PRESTRESSED CORE REINFORCEMENT

Alexander Davidenko¹, Alexey Davidenko², Mikhail Davidenko³, Elena Davidenko⁴

FSBEI HE «Lugansk Voroshilov State Agricultural University»,

Russian Federation, Lugansk, Artemovskiy district, ter. LNAU, 1.

E-mail: ¹ a.davidenko57@yandex.ru, ² alikdave88@yandex.ru, ³ redav1d@yandex.ru,

⁴ elena_davidenko@rambler.ru

Received 07 May 2024; accepted 24 May 2024.

Abstract. The article proposes a design solution and calculation dependencies for determining the strength of normal sections of steel-concrete slabs with external reinforcement with steel profiled flooring and prestressed rod reinforcement using the «on concrete» tension method. The prerequisites for the deformation method for calculating the strength of normal sections of prestressed steel concrete elements with external



reinforcement are presented. The relationship between stresses and strains of the material in the form of a Prandtl diagram is taken as the main prerequisite for calculating strength. The equations for calculating the strength of the slab are given in the case of the location of the neutral axis in the flange of the slab. Using the hypothesis of flat sections made it possible to reduce the number of unknowns to two: the height of the compressed zone and the load-bearing capacity. It is shown that the use of prestressing rod reinforcement in a hollow-core ribbed slab and anchoring a steel profiled deck in the span of the slab make it possible to increase the design span of the structure to 6–12 m. The effectiveness of the proposed design solution is characterized by a decrease in the dead weight of the slab and an increase in the specific load-bearing capacity.

Keywords: strength, concrete, prestressing, profiled steel, reinforcement, slab.

Введение

Применение конструкций из предварительно напряженного железобетона связано с уменьшением прогибов и повышенной трещиностойкостью преднапрягаемых элементов по сравнению с обычными ненапрягаемыми при одинаковой прочности, что позволяет перекрывать большие пролеты при равном сечении элементов. Отсутствие нормативных документов по расчету прочности нормальных сечений предварительно напряженных элементов с внешним армированием профнастилом сдерживает их внедрение в практику проектирования. Учитывая, что увеличение пролетов плит с внешним армированием и напрягаемой арматурой напрямую связано со снижением количества стальных балок настила, вопросы конструирования и оценки их прочности представляются актуальными.

Цель, задачи и актуальность исследования

Цель исследований – проектирование большепролетных преднапряженных плит с внешним армированием. Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач: разработка конструктивного решения преднапряженной плиты и способа расчета прочности плиты по нормальному сечению.

Конструкции с внешним армированием применяются в сооружениях объектов гражданского, транспортного строительства, атомной энергетики в виде плит, ригелей, подкрановых балок [1, 2]. При этом, во многих случаях, особенно, в зданиях с укрупненными пролетами по функциональным, экономическим требованиям поперечные сечения элементов конструкций необходимо принимать пониженной высоты, составляющей $1/20$ – $1/40$ пролета. Опыт проектирования предварительно-напряженных железобетонных изгибаемых

элементов пониженной высоты показал, что требуемая по расчету стержневая арматура, зачастую не может быть размещена в пределах сечения [3].

Одним из способов расширения возможностей железобетона, получившим распространение в отечественной и зарубежной практике является применение внешнего армирования элементов с использованием листовой и профильной стали. Внешнее армирование, в основном, используется в продольном направлении [4, 5, 6, 7, 8], а в случае анкеровки стального профнастила в пролете, может служить и поперечной арматурой [9].

Расположение в ребрах сталебетонных элементов с внешним армированием дополнительных предварительно напряженных арматурных стержней, с одной стороны, соответствует требованиям огнестойкости конструкции плит [10], а с другой – уменьшается расход стали за счет использования арматуры высокой прочности, снижается прогиб элемента, увеличивается изгибная жесткость, устраняется появление трещин, увеличивается срок службы при эксплуатации.

Материалы и методы исследования

Ниже приведены некоторые предложения по изготовлению и оценке прочности сталебетонных элементов с внешним армированием и предварительно напрягаемой стержневой арматурой на основе деформационной модели.

Экспериментальные образцы фрагментов плит были изготовлены в несущей опалубке из профнастила Н 57-750-0,7. Каналы для преднапрягаемой арматуры А800 были выполнены из полипропиленовых гофрированных труб 35 мм. Форма состояла из днища, образованного стальным профилированным настилом и закрепленных по периметру деревянных стенок. Полипропиленовые гофрированные трубы укладывали в

гофры профнастила со стороны растянутой зоны плиты и закрепляли винтами – саморезами, рис. 1. В сжатую зону полки плиты укладывали металлическую сетку с диаметром проволоки 3 мм с шагом 100×100 мм. Разделение плиты в форме на отдельные фрагменты выполняли с помощью специальных металлических пластин, закрепленных по торцам формы и поперечных реек (рис. 1). В качестве напрягаемой арматуры использовали проволоку $\varnothing 6$ Вр 1 400.

Фрагмент плиты с каналом для предварительного напряжения арматуры после изготовления приведен на рис. 2.

В качестве способа преднапряжения, использовали способ натяжения «на бетон» после достижения бетоном передаточной прочности. На

концах стержней арматуры нарезали резьбу. Арматуру пропускали в каналы, которые затем заполняли мелкозернистым бетоном с использованием отсева щебня. После заполнения каналов, арматуру натягивали, закручивая усиленные длинные гайки динамометрическим ключом до начального контролируемого напряжения. Под усиленные гайки подкладывали шайбы большого диаметра для уменьшения смятия бетона, рис. 2.

Наиболее эффективным с точки зрения удельной несущей способности представляется конструктивное решение многопустотной ребристой плиты, образованной размещением труб – пустотообразователей из картонной тары в пространстве между гофрами профнастила в растянутой зоне (рис. 3).



Рисунок 1 – Опалубка фрагментов плит с внешним армированием.



Рисунок 2 – Фрагмент плиты до и после предварительного напряжения арматуры.



Рисунок 3 – Пустотно ребристая плита после преднапряжения арматуры.

Предлагаемая конструкция отличается снижением трудоемкости изготовления: нет необходимости в специальном оборудовании касет-пустотообразователей, изготовлении корытообразных сеток и каркасов, постановке поперечной арматуры, роль которой выполняют гофры стального профилированного настила (СПН). Совместная работа СПН и бетона в пролете плиты осуществляется с помощью винтов – саморезов, которые одновременно выполняют роль фиксаторов пустотообразователей в стальном профилированном настиле при изготовлении плиты. Плита пролетом 6 м после изготовления и распалубки приведена на рис. 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Для расчёта прочности преднапрягаемых сталебетонных элементов использовали деформационную модель, рекомендуемую сводом правил [11]. Деформационный метод расчета перекрытий с внешним армированием стальным профнастилом без преднапряжения был предложен ранее в работе [12]. Ниже приведено развитие данного метода для преднапрягаемых сталебетонных элементов. Для этого в уравнения (3 и 4) введены дополнительные слагаемые: усилие и статический момент в предварительно напрягаемой арматуре.

Оценка напряженно-деформированного состояния сечения элемента основывается на зависимости, связывающей напряжения в сечении, его деформации и действующие усилия. Для учета развития пластических деформаций в бетоне сжатой зоны может быть принята диаграмма Прандтля либо реальная диаграмма деформирования бетона, позволяющая учитывать развитие пластических деформаций. Использование диаграммы Прандтля в стальном профилированном настиле, позволяет учитывать упругопластические свойства профилированного настила, распределяемые по высоте сечения плиты. Учет физической нелинейности деформирования материалов позволяет с достаточной степенью точности оценивать деформации и несущую способность элементов [13].

Основные предпосылки, позволяющие сформулировать расчетные зависимости и выполнить расчет прочности предварительно напряженных ребристых плит, армированных стальным профилированным настилом:

- расчетное сечение плиты в пролете принимается в виде таврового сечения, приведенного на рис. 4;
- потеря несущей способности сталебетонного элемента наступает при напряжениях в стальном профилированном настиле, меньше расчетного сопротивления R_n ;
- эпюра напряжений в стальном профилированном настиле принимается в виде упругопластической диаграммы Прандтля (рис. 4);
- эпюра напряжений в сжатой зоне сечения плиты в момент предшествующий разрушению принимается в виде трапеции высотой x , имеющей условно-пластическую (x_1) и условно упругую зоны – ($x - x_1$); напряжения в условно-пластической зоне равны R_b (рис. 4);
- практически до момента разрушения считается справедливой гипотеза плоских сечений, при которой деформации крайней фибры сжатого бетона полки плиты достигают предельной сжимаемости бетона;
- деформации бетона на уровне границы условно пластической и условно упругой зон вычисляются по формуле:

$$\varepsilon_{bel} = \frac{R_b}{E_b},$$

где E_b – начальный модуль упругости бетона.

- за критерий разрушения принимается достижение значений предельных деформаций крайним сжатым волокном $\varepsilon_{b1} = \varepsilon_{bu}$ или крайним растянутым волокном:

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_b (h - x) / x \leq \varepsilon_{nu}$$

Принятие эпюры напряжений в форме трапеции не означает наличие идеальных упругих и пластических зон, а является лишь аппроксимацией реальной криволинейной эпюры распределения напряжений. Использование гипотезы плоских сечений является приближением, позволяющим удовлетворить все условия равновесия, которые дают вполне сопоставимые результаты вычисления несущей способности при сравнении их с опытными значениями. Вид принятой эпюры напряжений сжатого бетона в нормальном сечении предварительно напряженной железобетонной балки подтверждается анализом напряженно-деформированного состояния, выполненного средствами механики деформируемого твердого тела [14].

При определении несущей способности неизвестными являются высота сжатой зоны x ,

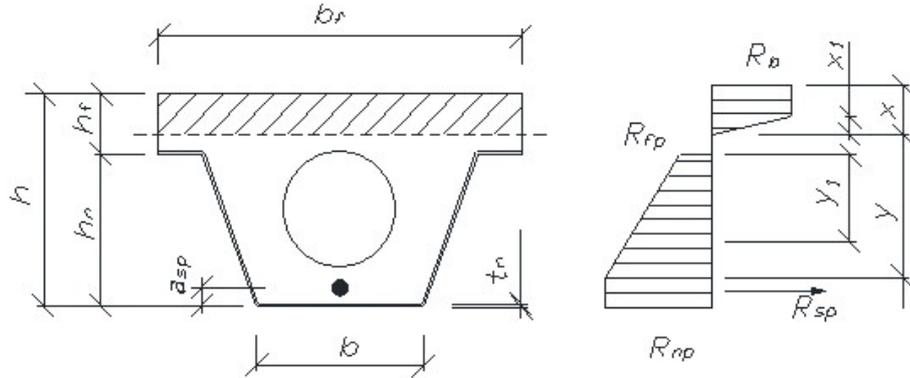


Рисунок 4 – Распределение напряжений в сечении плиты ($x \leq h_f$).

напряжения в профилированном настиле и стержневой арматуре, высота упругой части сжатой зоны x_1 и несущая способность M (рис. 4).

Высота упругой части сжатой зоны может быть получена на основании гипотезы плоских сечений:

$$x_1 = \eta \cdot x, \quad (1)$$

где
$$\eta = \frac{R_b}{E_b \varepsilon_{bu}}; \quad (2)$$

С учетом (1, 2) число неизвестных сводится к двум (высота сжатой зоны x и несущая способность), определяемые из условий равновесия в зависимости от расположения нейтральной оси. Один из видов расположения нейтральной оси в сечении плиты при ($x \leq h_f$), приведен на рис. 4.

При расположении эпюры напряжений полностью в пределах верхней полки ($x \leq h_f$) (рис. 4) высота сжатой зоны определяется из уравнения (3):

$$\begin{aligned} & \frac{R_b b_f}{2} \chi(2 - \eta) - t_n [R_{fp} \cdot (b_f - b) + \\ & + R_{np} \cdot b + 2 \cdot R_{wel}(x + y - h_f) + \\ & + 2 \cdot R_{wpl} \cdot (h - x - y)] + R_{sp} A_{sp} = 0; \end{aligned} \quad (3)$$

Проверка прочности сечения выполняется из условия (4):

$$\begin{aligned} M \leq & R_b \cdot b_f \cdot x^2 \frac{2 - \eta + 0,5 \cdot (1 - \eta)^2}{3} + \\ & + t_n [R_{fp} \cdot (b_f - b) \cdot (h_f - x) + R_{np} \cdot b \cdot (h - x) + \\ & + 2 \cdot R_{wel}(x + y - h_f) \cdot (h_f - x + y_1) + \\ & + R_{wpl} \cdot (h - x - y) \cdot (h - x + y)] + \\ & + R_{sp} A_{sp} (h - x - a_{sp}) \end{aligned} \quad (4)$$

В формулах (3) и (4):

– напряжения в верхней полке профнастила:

$$R_{fp} = \frac{E_n \cdot R_b \cdot (h_f - x)}{E_b \cdot (\eta \cdot x)}; \quad (5)$$

– напряжения в нижней полке профнастила:

$$R_{np} = \frac{E_n \cdot R_b \cdot (h - x)}{E_b \cdot (\eta \cdot x)} \leq R_n; \quad (6)$$

– напряжения в стенках профнастила в случае их расположения в упругой зоне:

$$R_{wel} = \frac{R_{fp} + R_{np}}{2}; \quad (7)$$

– напряжения в стенках профнастила, расположенных в пластической зоне:

$$\begin{aligned} & \text{при } (y + x) < h \quad R_{wpl} = R_n; \\ & \text{при } (y + x) > h \quad R_{wpl} = 0; \end{aligned} \quad (8)$$

– вычисление расстояния от верхней полки профнастила до центра тяжести эпюры напряжений в стенке в упругой зоне выполняется по формуле:

$$y_1 = \frac{(x + y - h_f) \cdot (R_{fp} + 2 \cdot R_n)}{3 \cdot (R_{fp} + R_n)}; \quad (9)$$

– с использованием гипотезы плоских сечений определяется расстояние от нейтральной оси до точки излома эпюры напряжений в профнастиле:

$$y = \frac{R_n E_b \eta \cdot x}{E_n R_b}. \quad (10)$$

Высота сжатой зоны в уравнении (3) определяется подбором. После выполнения условия равновесия (3), проверяем условие прочности (4):

$$M \leq M_{вн}.$$

Решение нелинейного алгебраического уравнения (3) и уравнения (4) легко выполняются в программе Excel.

Приведенные формулы позволяют определить несущую способность преднапряженных плит перекрытия, армированных профилированным настилом.

Выводы

1. Применение предварительного напряжения стержневой арматуры в многопустотной ребристой плите и анкеровки профнастила в пролете позволяют значительно увеличить

расчетный пролет конструкции до 6–12 м. Эффективность предложенного конструктивного решения характеризуется снижением собственного веса плиты и увеличением удельной несущей способности.

2. Приведенные уравнения расчета прочности нормальных сечений, предварительно напряженных многопустотных ребристых плит, армированных стальным профилированным настилом наиболее полно отражают напряженно-деформированное состояние конструкции по первой группе предельных состояний и могут быть использованы для расчета большепролетных конструкций.

Литература

1. Бабалич, В. С. Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России / В. С. Бабалич, Е. Н. Андросов. – Текст : непосредственный // Успехи современной науки. – 2017. – № 4. – С. 205–208.
2. Настоящий, В. А. История возникновения и практика применения сталежелезобетонных конструкций для объектов дорожного и гражданского строительства / В. А. Настоящий, В. В. Дариенко. – Текст : непосредственный // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2014. – № 1. – С. 467–470.
3. Замалиев, Ф. С. Натурные испытания и численные эксперименты сталежелезобетонного перекрытия / Ф. С. Замалиев, В. А. Морозов. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2016. – № 11. – С. 58–67.
4. СП 52-102-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Предварительно напряженные железобетонные конструкции = Prestressed concrete structures : издание официальное : утверждено и введен в действие письмом Госстроя России от 24.05.2004 № ЛБ-473/9 : введен впервые : дата введения 2004-05-24 / разработан Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона (ГУП «НИИЖБ») Госстроя России. – Москва : ФУП ЦПП, 2005. – 43 с. – Текст : непосредственный.
5. Теплова, Ж. С. Прочность сталежелезобетонных образцов при центральном сжатии / Ж. С. Теплова, Н. А. Виноградова. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 5(32). – С. 29–38.
6. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования : издание официальное : утверждено и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-

References

1. Babalich, V. S.; E. N. Androsov. Steel-reinforced concrete structures and the prospect of their application in the construction practice of Russia. – Text : direct. – In: *Advances in modern science*. – 2017. – № 4. – P. 205–208. (in Russian)
2. Nastoyashchiy, V. A.; Darienko, V. V. The history of the emergence and use of steel-reinforced concrete structures for the construction of road and nearby construction. – Text : direct. – In: *Modernization and scientific research in the transport complex*. – 2014. – № 1. – P. 467–470. (in Russian)
3. Zamaliev, F. S.; Morozov V. A. Full-scale tests and numerical experiments of steel-reinforced concrete floors. – Text : direct. – In: *Bulletin of MGSU*. – 2016. – № 11. – P. 58–67. (in Russian)
4. SP 52-102-2004. Set of rules for design and construction. Prestressed concrete structures : official publication : approved and put into effect by letter of the State Construction Committee of Russia dated May 24, 2004 № LB-473/9 : introduced for the first time : introduction date 2004-05-24 / developed by the Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete (SUE «NIIZhB») Gosstroy of Russia. – Moscow : FUP TsPP, 2005. – 43 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Teplova, Zh. S.; Vinogradova, N. A. Strength of steel-reinforced concrete specimens under central compression. – Text : direct. – In: *Construction of buildings and structures*. – 2015. – № 5(32). – P. 29–38. (in Russian)
6. SP 266.1325800.2016. Steel-reinforced concrete structures. Design rules. official publication : approved and put into effect by order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Minstroy of Russia) dated December 30, 2016 № 1030/pr : introduced for the first time: date of introduction

- коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 30 декабря 2016 г. № 1030/пр: введен впервые : дата введения 2017-07-01 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Издательство стандартов, 2016. – 133 с. – Текст : непосредственный.
7. Du, Y. Flexural Behaviour of Carbon Textile-Reinforced Concrete with Prestress and Steel Fibres / Y. Du, X. Zhang, L. Liu. – Текст : электронный // *Polymers*. – 2018. – № 10(98). – P. 1–19. – URL: <https://www.scihub.ru/10.3390/polym10010098?ysclid=lwq687tw2x318667715> (дата обращения: 07.03.2024). – DOI:10.3390/polym10010098.
 8. СТО АРСС 11251254.001-018-4. Руководство по проектированию сталежелезобетонных конструкций : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом генерального директора Ассоциации «Объединения участников бизнеса по развитию стального строительства» от 25 августа 2018 г. № 10/02 : введен впервые : дата введения 2018-11-01 / разработан Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций им. В. А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко) ; институт АО НИЦ «Строительство». – Москва : АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2018. – 116 с. – Текст : непосредственный.
 9. Трубчато-ребристая железобетонная плита со стальным профилированным настилом: конструктивное решение и расчет прочности / А. И. Давиденко, М. А. Давиденко, С. Ю. Беляева [и др.]. – Текст : непосредственный // *Современные строительные конструкции из металла и древесины : сборник научных трудов : в 2-х частях : часть 1*. – 2005. – С. 62–67.
 10. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384 : [принят Государственной думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года]. – Москва : Кремль, 2009. – 33 с. – Текст : непосредственный.
 11. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр : введен впервые : дата введения 2019-06-20 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Стандартинформ. – 2019. – 138 с. – Текст : непосредственный.
 12. Давиденко, А. И. Несущая способность плит безрулонной кровли и плит перекрытия с внешним армированием стальным профилированным настилом 2017-07-01 / prepared by the Department of Urban Planning and Architecture Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia). – Moscow : Standards Publishing House, 2016. – 133 p. – Text : direct. (in Russian)
 7. Du, Y.; Zhang, X.; Liu, L. [et al.]. Flexural Behaviour of Carbon Textile-Reinforced Concrete with Prestress and Steel Fibres. – Text : electronic. – In: *Polymers*. – 2018. – № 10(98). – P. 1–19. – URL: <https://www.scihub.ru/10.3390/polym10010098?ysclid=lwq687tw2x318667715> (date of access: 07.03.2024). – DOI:10.3390/polym10010098.
 8. STO ARSS 11251254.001-018-4. Guidelines for the design of steel-reinforced concrete structures: official publication: approved and put into effect by order of the General Director of the Association «Association of Participants business for the development of steel construction» dated August 25, 2018 № 10/02: introduced for the first time : introduction date 2018-11-01 / developed by the Central Research Institute of Building Structures named after. V. A. Kucherenko (TsNIISK named after V. A. Kucherenko); Institute JSC «Research Center «Construction». – Moscow : AXIOM GRAPHICS UNION, 2018. – 116 p. – Text : direct. (in Russian)
 9. Davidenko, A. I.; Davidenko, M. A.; Belyaeva, S. Yu. [et al.]. Tubular-ribbed reinforced concrete slab with steel profiled flooring: design solution and strength calculation. – Text : direct. – In: *Modern building structures made of metal and wood: collection of scientific works: in 2 parts: part 1*. – 2005. – P. 62–67. (in Russian)
 10. Russian Federation. Laws. Technical regulations on the safety of buildings and structures : Federal Law № 384 : [adopted by the State Duma on December 23, 2009 : approved by the Federation Council on December 25, 2009]. – Moscow : Kremlin, 2009. – 33 p. – Text : direct. (in Russian)
 11. SP 63.13330.2018. Code of rules. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : official publication : approved and put into effect by order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 19, 2018 № 832/pr : introduced for the first time : date of introduction 2019-06-20 / prepared by the Department of Urban Planning and Architecture of the Ministry construction and housing and communal services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia). – Moscow : Standardinform. – 2019. – 138 p. – Text : direct. (in Russian)
 12. Davidenko, A. I.; Davidenko A. A.; Pushko, N. I. Load-bearing capacity of non-roll roofing plates and floor slabs, with the external reinforcement of steel sheet and bar reinforcement. – Text : electronic. – In: *High technology and equipment in industry and construction*. – 2023. – № 2(76). – P. 93–99. – URL: <http://sbornik.dstu.education/articles/RU/1039.pdf> (date of access: 01.04.2024). (in Russian)
 13. Niedoriezov, A. V. Stress-strain state of reinforced concrete elements with indirect reinforcement. –

- и стержневой арматурой / А. И. Давиденко, А. А. Давиденко, Н. И. Пушко. – Текст : электронный // Научные исследования и оборудование в промышленности и строительстве. – 2023. – № 2(76). – С. 93–99. – URL: <http://sbornik.dstu.education/articles/RU/1039.pdf> (дата обращения: 01.04.2024).
13. Недорезов, А. В. Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов с косвенным армированием / А. В. Недорезов. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2021. – Том 17, № 1. – С. 5–18. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2021-1/01_nedorezov.pdf (дата обращения: 15.04.2024).
14. Левин, В. М. Численный анализ напряженно-деформированного состояния двутавровой предварительно напряженной сборно-разборной железобетонной балки как объекта механики деформируемого твердого тела / В. М. Левин, Л. В. Стеблянка. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2020. – Том 16, № 4. – С. 159–169. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2020-4/01_levin_steblyanko.pdf (дата обращения: 01.04.2024).
- Text : electronic. – In: *Modern industrial and civil construction*. – 2021. – Volume 17, № 1. – P. 5–18. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2021-1/01_nedorezov.pdf (date of access: 15.04.2024). (in Russian)
14. Levin, V. M.; Steblyanko, L.V. Numerical analysis of the stress-strain state of the prestressed prefabricated reinforced concrete i-beam as subject of mechanics of deformed solid body. – Text : electronic. – In: *Modern industrial and civil construction*. – 2020. – Volume 16, № 4. – P. 159–169. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2020-4/01_levin_steblyanko.pdf (date of access: 01.04.2024). (in Russian)

Давиденко Александр Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования сельскохозяйственных объектов ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К. Е. Ворошилова». Научные интересы: развитие общей методологии оценки надежности элементов строительных конструкций, оценка технического состояния и проектирования железобетонных конструкций.

Давиденко Алексей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования сельскохозяйственных объектов ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К. Е. Ворошилова». Научные интересы: развитие общей методологии оценки надежности элементов строительных конструкций.

Давиденко Михаил Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования сельскохозяйственных объектов ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К. Е. Ворошилова». Научные интересы: развитие общей методологии оценки надежности элементов строительных конструкций, оценка технического состояния и проектирования железобетонных конструкций.

Давиденко Елена Викторовна – ассистент кафедры кадастра недвижимости и геодезии ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К. Е. Ворошилова». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирования железобетонных конструкций.

Davidenko Alexander – D. Sc. (Eng.), Professor of the Department of Design of Agricultural Facilities, FSBEI HE «Lugansk Voroshilov State Agricultural University». Scientific interests: development of a general methodology for assessing the reliability of building structure elements, assessment of the technical condition and design of reinforced concrete structures.

Davidenko Alexey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Design of Agricultural Facilities, FSBEI HE «Lugansk Voroshilov State Agricultural University». Scientific interests: development of a general methodology for assessing the reliability of building structure elements.

Davidenko Mikhail – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Design of Agricultural Facilities, FSBEI HE «Lugansk Voroshilov State Agricultural University». Scientific interests: development of a general methodology for assessing the reliability of building structure elements.

Davidenko Elena – assistant of the Department of Real Estate Cadastre and Geodesy, FSBEI HE «Lugansk Voroshilov State Agricultural University». Scientific interests: assessment of the technical condition and design of reinforced concrete structures.