

5. Тешаев, Э.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог с использованием программы *plateia* [Текст] / [Э.А. Тешаев, С.Д. Дуйшеев, М.М. Жалалдинов и др.] // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2016. – №1. – С. 16 – 22.

DOI:10.54834/16945220_2021_1_5

Поступила в редакцию 10. 01. 2022 г.

УДК.624.073.02

Маруфий А.Т.*д.т.н., профессор Ошского технолог. универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика***Цой А.В.***к.т.н., доцент Ошского технолог. универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика***Муминов С.М.***магистрант Ошского технолог. универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика*

УСТУНДУН ПАРАМЕТРЛЕРИНЕ ЖАНА ТОПУРАК КАТМАРЫНЫН КОЭФФИЦИЕНТИНЕ ЖАРАША СЕРПИЛГИЧТҮҮ НЕГИЗДИН САЛЫШТЫРМАЛУУ КАТУУЛУК КОЭФФИЦИЕНТИНИН МААНИЛЕРИН АНЫКТОО

Бул макалада изилдөөнүн предмети болуп имараттардын жана курулмалардын тилкелүү пайдубалдарынын конструкцияларынын реалдуу ишине жакыndoого мүмкүндүк берген кээ бир факторлорду карап чыгуу болуп саналат. Макалада жүргүзүлгөн изилдөөнүн негизги максаты пайдубалдын устунунун узундугуна, туурасынан кесилишинин өлчөмдөрүнө жана топурак катмарынын салыштырмалуу катуулугунун коэффициентинин (β) маанилерин аныктоо болуп саналат. Серпилгичтүү негиздин салыштырмалуу катуулугунун коэффициентинин мааниси аныкталуучу көз карандылыктардын негизинде Delphi чөйрөсүндө эсептөө программасы түзүлүп, AutoCAD системасынын жардамы менен графиктер көрсөтүлгөн. Макалада жүргүзүлгөн талдоодон улам, алынган натыйжалар алардын реалдуу иштерин эске алуу менен ар кандай пайдубал схемаларынын эсептөөлөрүн андан ары тактайт. Мунун илимий жана практикалык зор мааниси бар. Макалада жүргүзүлүп жаткан изилдөөлөр келечекте имараттардын жана курулмалардын астындагы кыртыштын бузулуу учурларын (фундаменттик конструкциялардын негиз менен толук эмес байланышын) эсепке алууга мүмкүндүк берет, бул чөгүүчү негизге пайдубалдарды долбоорлоонун шарттарында актуалдуу маселе болуп саналат.

Негизги сөздөр: салыштырмалуу катуулуктун коэффициенти; Винклердик серпилгичтүү негиз; топурак катмарынын коэффициенти; тилкелүү фундамент.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ УПРУГОГО ОСНОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ БАЛКИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОСТЕЛИ ГРУНТА

Предметом исследования в данной работе является учет некоторых факторов, позволяющих приблизиться к реальной работе конструкций ленточных фундаментов зданий и сооружений. Основной целью исследования проведенного в статье, является определение значений коэффициента относительной жесткости грунтового основания (β) в зависимости от размеров поперечного сечения, длины пролета фундаментной балки и коэффициента постели грунта. На основе зависимостей из которых определяется величина коэффициента относительной жесткости упругого основания, составлена программа расчета в среде Delphi, а вывод графиков осуществлен с помощью системы AutoCAD. Из анализа, проведенного в статье

следует, что полученные результаты в дальнейшем позволят уточнить расчеты различных схем фундаментов с учетом их реальной работы. Это имеет важное научное значение и практическую значимость. Проведенные в статье исследования позволят в перспективе учесть случаи провала грунтов под зданиями и сооружениями (неполный контакт конструкций фундаментов с грунтом), что является актуальной задачей в условиях проектирования фундаментов на просадочных грунтах.

Ключевые слова: коэффициент относительной жесткости; винклеровское упругое основание; коэффициент постели грунта; ленточный фундамент.

DETERMINATION OF THE VALUES OF THE RELATIVE RIGIDITY COEFFICIENT OF THE ELASTIC FOUNDATION DEPENDING ON THE PARAMETERS OF THE BEAM AND THE COEFFICIENT OF THE GROUND BED

The subject of the study in this article is to take into account some factors that make it possible to get closer to the real work of structures of strip foundations of buildings and structures. The main purpose of the study carried out in the article is to determine the values of the coefficient of relative stiffness of the soil base (β) depending on the dimensions of the cross section, the span length of the foundation beam and the soil bed coefficient. Based on the dependencies from which the value of the coefficient of relative rigidity of the elastic foundation is determined, a calculation program was compiled in the Delphi environment, and the graphs were displayed using the AutoCAD system. Based on the dependencies from which the value of the coefficient of relative rigidity of the elastic foundation is determined, a calculation program was compiled in the Delphi environment, and the graphs were displayed using the AutoCAD system. From the analysis carried out in the article, it follows that the results obtained will further refine the calculations of various foundation schemes, taking into account their real work. This is of great scientific and practical importance. The research carried out in the article will make it possible in the future to take into account cases of soil failure under buildings and structures (incomplete contact of foundation structures with the soil), which is an urgent task in the conditions of designing foundations on subsiding soils.

Key words: relative stiffness coefficient; Winkler elastic foundation; soil bed coefficient; strip foundation.

Введение. В процессе проектирования ленточных фундаментов часто встречаются случаи неполного контакта конструкций фундаментов с грунтовым основанием. Это явление происходит при проектировании зданий и сооружений на просадочных грунтах в виде лёссовых отложений. Эти грунты при замачивании теряют несущую способность, поэтому в процессе эксплуатации зданий при попадании влаги под ними может образоваться провал грунта (неполный контакт с основанием).

Основной целью исследований является исследование зависимости коэффициента относительной жесткости грунтового основания от размеров поперечного сечения, длины конструкции ленточного фундамента и коэффициента постели грунтового основания. Необходимо учитывать, что величина коэффициента относительной жесткости деформируемого основания влияет на напряженно-деформированное состояние различных схем балок на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием, т.к. (β) входит в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки, эти результаты будут использованы в дальнейших исследованиях [1].

Метод исследования. На основе зависимостей из которых определяется величина коэффициента относительной жесткости грунтового основания, составлена программа расчета в среде Delphi, а вывод графиков осуществлен с помощью системы AutoCAD [10,11]. Полученные результаты в дальнейшем позволят уточнить расчеты различных

схем фундаментов с учетом их реальной работы, что имеет научное значение и практическую значимость.

В работах [1-7] на основе метода обобщенных решений с использованием интегральных преобразований Фурье проведены исследования задач изгиба различных схем балок и плит на деформируемом основании с учетом неполного контакта их с основанием.

Рассмотрим конечную балку со свободными краями, лежащей на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием (рисунок 1).

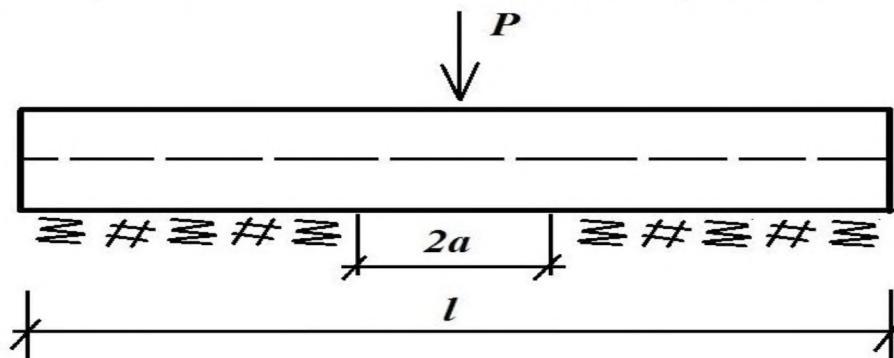


Рисунок 1.- Конечная балка со свободными краями, лежащей на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием.

Уравнение изгиба балки имеет вид обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка:

$$\frac{d^4 W(x)}{dy^4} + 4\beta^4 W(x) = \frac{q(x)}{EJ}, \quad (1)$$

где: $W(x)$ - величина прогиба (перемещения), (м);

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4EJ}} = \sqrt[4]{\frac{K_0 v}{4EJ}} - \text{коэффициент относительной жесткости грунтового основания, } 1/\text{м};$$

$$K(x) = -K_0 v W(x) - \text{интенсивность реакции упругого основания, } \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right);$$

K_0 - коэффициент постели грунта, $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^3}\right)$;

v - ширина балки(м);

h - высота поперечного сечения балки, (м);

$q(x)$ -распределенная нагрузка;

E - модуль упругости материала балки, (Па);

J - осевой момент инерции поперечного сечения балки, (м^4);

EJ - жесткость при изгибе балки, (Нм^2).

Исходные данные балки прямоугольного сечения (рисунок 2) длиной l (рисунок 1): с модулем упругости $E = 21,0 \cdot 10^3$ (МПа), при $v=0,4\text{м} \div 1,25\text{м}$, $h=0,6\text{м} \div 1,25\text{м}$, $l=6\text{м} \div 18\text{м}$ и значениях коэффициента постели $K_0 = 5\text{МН}/\text{м}^3 \div 150\text{МН}/\text{м}^3$.

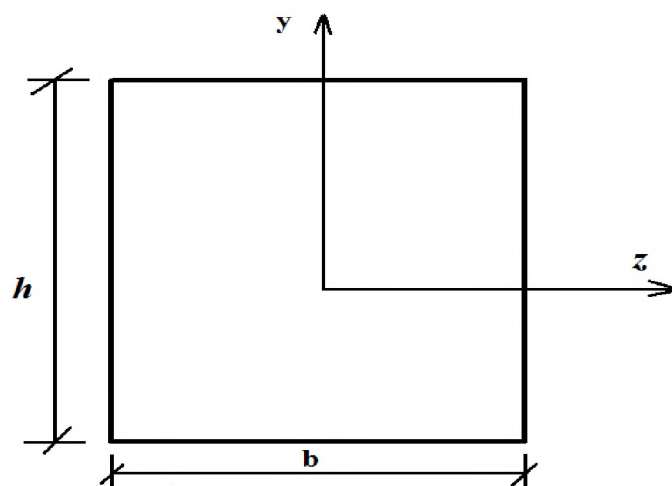


Рисунок 2.- Прямоугольное поперечное сечение балки.

С целью исследования влияния параметров балки и коэффициента постели грунта на значения коэффициента относительной жесткости грунтового основания, составлена программа расчета в среде Delphi, а вывод графиков осуществлен с помощью системы AutoCAD [9,10,11]. Исследование осуществлено при различных значениях размеров поперечного сечения, длины балки и коэффициента постели грунтового основания. Результаты исследований приведены в таблица 1 и 2.

Таблица 1. - Результаты значений коэффициента относительной жесткости упругого основания β в зависимости от размеров поперечного сечения балки.

| h, м | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| b м | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,25 |
| Ко, МН/м ³ . | | | | | | |
| 5 | 0,2404 | 0,1934 | 0,1631 | 0,1433 | 0,1271 | 0,1210 |
| 10 | 0,2851 | 0,2302 | 0,1942 | 0,1701 | 0,1514 | 0,1434 |
| 15 | 0,3164 | 0,2541 | 0,2154 | 0,1882 | 0,1672 | 0,1591 |
| 20 | 0,3392 | 0,2734 | 0,2313 | 0,2023 | 0,1801 | 0,1713 |
| 30 | 0,3753 | 0,3021 | 0,2561 | 0,2234 | 0,1993 | 0,1890 |
| 40 | 0,4034 | 0,3253 | 0,2754 | 0,2401 | 0,2140 | 0,2031 |
| 50 | 0,4263 | 0,3441 | 0,2912 | 0,2542 | 0,2261 | 0,2144 |
| 60 | 0,4461 | 0,3602 | 0,3044 | 0,2654 | 0,2360 | 0,2241 |
| 70 | 0,4644 | 0,3743 | 0,3161 | 0,2761 | 0,2464 | 0,2332 |
| 80 | 0,4801 | 0,3871 | 0,3273 | 0,2851 | 0,2541 | 0,2414 |
| 90 | 0,4941 | 0,3982 | 0,3372 | 0,2940 | 0,2620 | 0,2482 |
| 100 | 0,5073 | 0,4093 | 0,3461 | 0,3024 | 0,2692 | 0,2553 |
| 150 | 0,5612 | 0,4522 | 0,3834 | 0,3340 | 0,2971 | 0,2822 |

В (таблица 1) приведены результаты значений коэффициента относительной жесткости упругого основания β в зависимости от размеров поперечного сечения балки на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта их с основанием,

значений коэффициента постели грунта от $K_0=5\div 150$ МН/м^3 и размерах поперечного сечения балки $h=1,5\text{м}$; $b=1,25\text{м}$.

Анализ результатов расчета приведенных таблица 1 и рисунок 3 показывает, что с увеличением размеров поперечного сечения балки, значения коэффициента относительной жесткости грунтового основания уменьшаются. В частности, если при поперечном сечении балки $b=0,4\text{м}$, $h=0,6\text{м}$ коэффициент равен $\beta = 0,2404$, то при $b=1,25$; $h=1,5\text{м}$ он равен $\beta = 0,1210$, т.е. уменьшается в 1,99 раза.

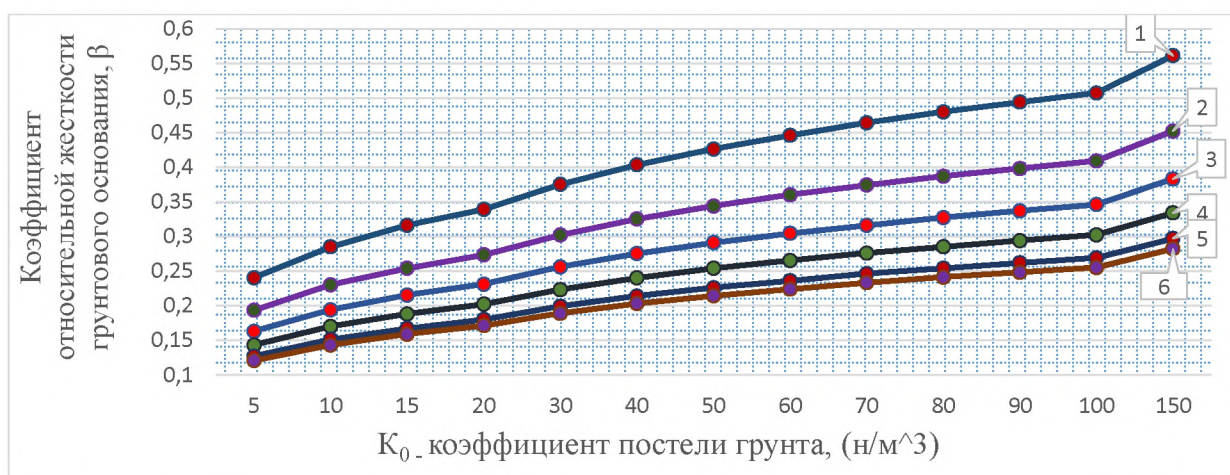


Рисунок 3.- График результатов значений коэффициента относительной жесткости упругого основания β зависимости от размеров поперечного сечения балки:

1- $h=0,6; b=0,4$ 2- $h=0,8; b=0,6$ 3- $h=1,0; b=0,6$
 4- $h=1,2; b=0,8$ 5- $h=1,4; b=1,0$ 6- $h=1,5; b=1,25$

Таблица 2.- Результаты значений коэффициента относительной жесткости упругого основания β в зависимости от размеров длины балок l .

| $K_0 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3} \backslash l$ | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
|---|------|------|------|------|------|
| 5 | 0,72 | 1,09 | 1,45 | 1,81 | 2,17 |
| 10 | 0,86 | 1,29 | 1,72 | 2,15 | 2,58 |
| 15 | 0,95 | 1,43 | 1,90 | 2,38 | 2,86 |
| 20 | 1,02 | 1,54 | 2,05 | 2,56 | 3,07 |
| 30 | 1,13 | 1,70 | 2,27 | 2,83 | 3,40 |
| 40 | 1,22 | 1,83 | 2,43 | 3,04 | 3,65 |
| 50 | 1,29 | 1,93 | 2,57 | 3,22 | 3,86 |
| 60 | 1,35 | 2,02 | 2,69 | 3,37 | 4,04 |
| 70 | 1,40 | 2,10 | 2,80 | 3,50 | 4,20 |
| 80 | 1,45 | 2,17 | 2,89 | 3,62 | 4,34 |
| 90 | 1,49 | 2,24 | 2,98 | 3,73 | 4,47 |
| 100 | 1,53 | 2,30 | 3,06 | 3,83 | 4,59 |
| 150 | 1,69 | 2,54 | 3,39 | 4,23 | 5,08 |

В (таблице 2) приведены результаты значений коэффициента относительной жесткости упругого основания β в зависимости от размеров длины балок l на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта их с основанием, значений коэффициента постели грунта, и при размерах поперечного сечения балки $h=1,5\text{м}$, $b=1,25\text{м}$.

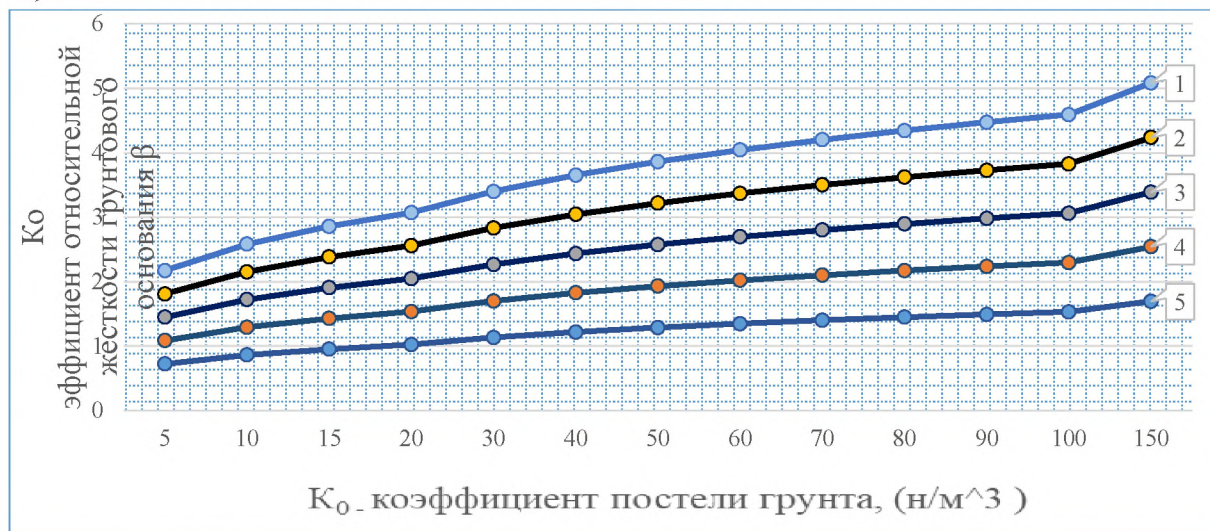


Рисунок 4.- График результатов значений коэффициента относительной жесткости упругого основания β в зависимости от размеров длины балок:

—●— 1- L=18 —●— 2- L=15 —●— 3- L=12 —●— 4- L=9 —●— 5- L=6

Выводы:

1. Анализ результатов расчета приведенных в таблице 1 и рисунок 3 показывает, что с увеличением размеров поперечного сечения балки, значения коэффициента относительной жесткости грунтового основания уменьшаются. В частности, если при поперечном сечении балки $b=0,4\text{м}$, $h=0,6\text{м}$ коэффициент равен $\beta = 0,2404$, то при $b=1,25$, $h=1,5\text{м}$ он равен $\beta = 0,1210$, т.е. уменьшается в 1,99 раза;

2. Также анализ результатов показывает, что с увеличением значений коэффициента постели грунта значения коэффициента относительной жесткости грунтового основания β также увеличивается. В частности при коэффициенте постели грунта равном $K_0=5 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$, коэффициент $\beta = 0,2404$, а при $K_0=150$, он равен $\beta = 0,5612$, т.е. увеличивается 2,34 раза;

3. Анализ результатов расчета приведенных в табл.2 и рис.4 показывает, что для балки с поперечным сечением $h=1,5\text{м}$ и $b=1,25\text{м}$ влияние длины балки на коэффициент относительной жесткости β , что β увеличивается с увеличением длины балки, в частности при коэффициенте постели $K_0=5 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$, и длине балки $l=6\text{м}$, коэффициент $\beta = 0,72$, то при $l=12\text{м}$ $\beta = 2,17$ т.е. в 3 раза увеличивался. Аналогичное исследование проведено при коэффициенте постели грунта $K_0=150 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$, если при длине балки $l=6\text{м}$ коэффициент $\beta = 1,69$, то при $l=12\text{м}$ $\beta = 5,08$, т.е. β увеличивался также в 3 раза;

4. На основе анализов результатов исследований следует, что значения коэффициента относительной жесткости упругого основания сильно влияют на напряженно-деформированное состояние балок на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта их с основанием. Это основано на том, что β входной, в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки. Влияние β на величины внутренних усилий балки будет рассмотрено в дальнейших исследованиях.

Список литературы:

1. **Травуш, В.И.** Изгиб бесконечной плиты на упругом основании с неполным контактом основания [Текст] / В.И. Травуш, А.Т. Маруфий // Научный вестник ФерГУ.- Фергана, 1995.- №1. - С. 71-77.
2. **Маруфий, А.Т.** Расчет плит на упругом основании при отсутствии основания под частью плиты [Текст] / А.Т. Маруфий // Основания, фундаменты и механика грунтов.- Москва, 1999. - №4. - С. 27-31.
3. **Маруфий, А.Т.** Изгиб различных схем плит на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием [Текст] / А.Т. Маруфий. - М.: АСВ, 2003. - 206с.
4. **Маруфий, А.Т.** Результаты численного моделирования задачи об изгибе бесконечной плиты на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием [Текст] / А.Т. Маруфий // Вестник КГУСТА.- Бишкек, 2003. - №1. - С.119-123.
5. **Маруфий, А.Т.** Численная реализация задачи об изгибе бесконечной плиты на упругом основании с учетом влияния продольных растягивающих усилий в двух направлениях по осям x и y и неполного контакта с основанием [Текст] / А.Т. Маруфий, Ч.А. Капаров, Э.С. Рысбекова // Вестник КГУСТА.- Бишкек, 2016. - №1.- С. 256-563.
6. **Маруфий, А.Т.** Изгиб бесконечной плиты на упругом основании с неполным контактом с основанием [Текст] / А.Т.Маруфий, В.И.Травуш // Научный вестник ФерГУ. - Фергана, 1995. - №1.- С.27-31.
7. **Маруфий, А.Т.** Изгиб бесконечной балки на двухпараметрическом упругом основании с двумя траншеями, расположенными в центральной части под балкой, при действии симметрической нагрузки [Текст] / А.Т.Маруфий, А.А.Эгенбердиева // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУУ, 2018.- №1. - С. 19-28.
8. **Маруфий, А.Т.** Обзор исследований и его анализ с целью выявления актуальных задач расчета конструкции на деформируемом основании [Текст] / А.Т.Маруфий, Э.Н.Турдажиева, А.П.Алиева // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУМУ, 2021. - №1. - С. 31-37.
9. **Маруфий, А.Т.** Численная реализация задачи об изгибе бесконечной балки на деформируемом упругом основании с учетом особых условий её работы [Текст] / А.Т.Маруфий, Э.Н.Турдажиева, А.С.Калыков // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУМУ, 2021.- №3. - С 5-12.
10. **Чертик, А.А.** Программирование в среде Delphi [Текст] / А.А.Чертик // СПб. Питер. - 2008. - 400с.
11. **Соколова, Т.Ю.** Autocad -2008 [Текст] / Т.Ю. Соколова // СПб. Питер. - 2008. - 174 с.

DOI:10.54834/16945220_2021_1_12

Поступила в редакцию 11. 01. 2022 г.