

Вопросы достаточности инженерно-геологических изысканий на подрабатываемой территории для устройства оснований силовых полов и фундаментов логистического центра

В.В. Подтелков, А.В. Прокопенко, Д.С. Зеленков, М.А. Пишдаток

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар

Аннотация: Нагрузки на силовые полы и фундаменты колонн современных логистических центров могут достигать $6-9 \text{ т/м}^2$ и 1000 т соответственно. При этом шаг сетки изыскательских скважин на подрабатываемых территориях не позволяет отразить на геологических разрезах точную геометрию залегания слабых, не слежавшихся грунтов обратных засыпок котлованов. Применение способа усиления техногенных грунтов с помощью вдавливания сборных призматических свай позволило компенсировать недостающие сведения инженерно-геологических изысканий путем контроля усилий вдавливания и определения таким образом отметок залегания более прочных грунтов основания.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, подрабатываемая территория, техногенные грунты, усиление грунтов сваями, геологический разрез.

Современные логистические центры (ЛЦ) – это мощные производственно-складские комплексы с огромным ежегодным и суточным грузооборотом. Для обеспечения грузооборота в сотни тысяч тонн в год, здания ЛЦ имеют значительную высоту и размеры в плане. Хранение продукции, поступающей от поставщиков, а также подготовленной к отправке, осуществляется на многоуровневых стеллажах с верхним ярусом на высоте до $12,5 \text{ м}$. С целью оптимального размещения стеллажей и обеспечения проезда погрузочно-разгрузочной техники между ними, сетка основных колонн склада составляет, как правило, $12 \times 24 \text{ м}$ или $18 \times 24 \text{ м}$. При таком шаге несущих конструкций нагрузка на фундамент колонны от снега и веса покрытия может составлять 100 тонн и более. Равномерно распределенная нагрузка на силовую плиту пола, исходя из технологических потребностей, находится в интервале $6-9 \text{ т/м}^2$, а сосредоточенная сила от опорной пятки стеллажа – до 12 т . В ряде случаев технология хранения и переработки требует наличия железобетонной 3-х уровневой антресоли с

полезной нагрузкой на перекрытия до 2 т/м². При таких нагрузках и максимальном шаге сетки колонн 12x12 м, усилие, передаваемое колонной на фундамент, может достигать 1000 тонн. Как видим, воздействие на основание силовых полов и фундаментов от постоянных и технологических нагрузок довольно значительное [1].

Расчетные габариты фундаментов колонн в данной ситуации могут иметь размеры в плане до 6,0 x 6,0 м, а нижняя граница сжимаемой толщи (НГСТ) грунтов основания – глубину до 18-20 м от подошвы [2]. Зачастую площадка строительства ЛЦ размещается на месте бывших промышленных предприятий или на подрабатываемой территории. Горные выработки обычно заполнены не пригодным для строительства грунтом, вперемешку со строительным мусором.

Логистический центр «Адыгея-2» расположен юго-западнее города Адыгейска, вдоль трассы «М-4 Дон» (рисунок 1). В отчете по инженерно-геологическим изысканиям площадка характеризуется, как средней сложности (II категория) с опасными инженерно-геологическими процессами (сейсмичность по карте А ОСР-2016 составляет 7 баллов), расположена на II надпойменной правобережной террасе р. Чейтук. В геологическом строении территории, в том числе, принимают участие техногенные образования, представленные суглинками, глинами темно-бурыми, темно-серыми, измененными в результате хозяйственной деятельности, перемещенными с мест естественного залегания, с включением строительного и бытового мусора [3].

Исходя из предполагаемого типа фундамента, глубины заложения и глубины сжимаемой толщи, инженерно-геологические изыскания выполнены до глубины 20 м, расстояние между выработками – до 30 м (для зданий и сооружений II уровня ответственности при II категории сложности инженерно-геологических условий).



Рис. 1. – Схема размещения участка инженерно-геологических изысканий

Схема расположения горных выработок на участке строительства приведена на рисунке 2.

В целях расчленения толщи грунтов в массиве на отдельные слои, оценки пространственной изменчивости свойств грунтов, количественной оценки их прочностных и деформационных характеристик в ходе изысканий детально описывался вскрываемый разрез, условия залегания грунтов и подземных вод, выполнялся отбор образцов грунтов нарушенной и ненарушенной структуры для определения их состава, состояния и свойств, а также проводилось статическое зондирование путем вдавливания в грунт стандартного зонда [4]. Зондирование грунтов осуществлено вдавливанием в грунт зонда II типа с одновременным измерением через заданные интервалы по глубине (0,2 м) показателей, характеризующих сопротивление грунта внедрению зонда – удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда и удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда [5].

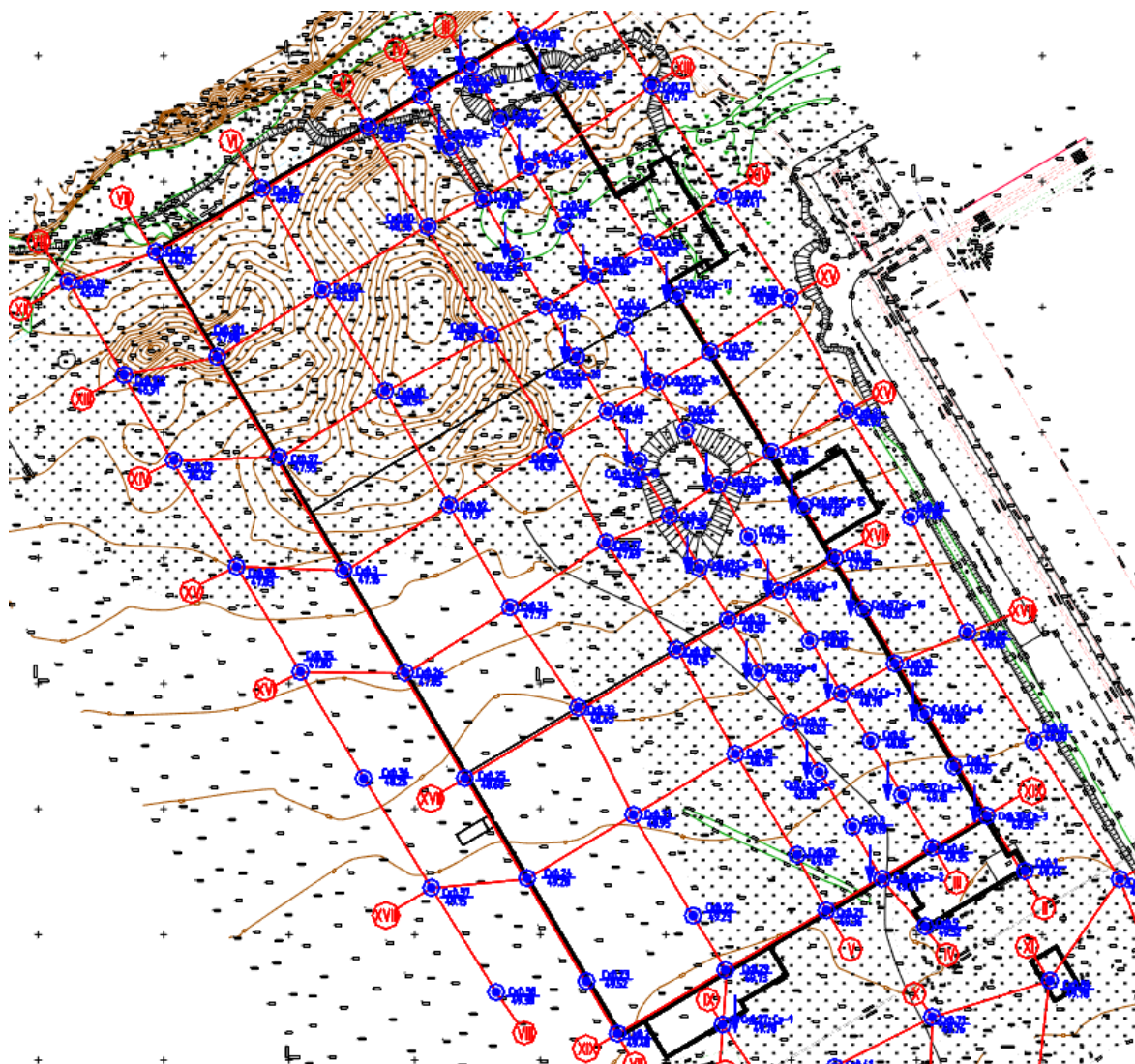


Рис. 2. – Расположение горных выработок на участке строительства логистического центра «Адыгея-2»

В лаборатории выполнен полный комплекс определений физических и физико-механических свойств глинистых грунтов со сдвиговыми и компрессионными испытаниями, влажности и гранулометрического состава дисперсных несвязанных грунтов, содержания органических веществ в грунтах, химического состава воды и водной вытяжки. В ходе камеральных работ выполнены сбор и систематизация архивных материалов, обработка результатов буровых работ, статического зондирования и лабораторных исследований грунтов [6].

На основании полевых работ и лабораторных исследований, по результатам статистической обработки согласно ГОСТ 20522-2012 и в соответствии с классификацией по ГОСТ 25100-2020, грунты, встреченные на площадке проведения изысканий, выделены в 1 слой и 8 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

Слой-1. Суглинки темно-серые, темно-бурые, бурые твердые местами тугопластичные с червеходами и корнеходами, с линзами глин темно - бурых твердых, с примесью строительного и бытового мусора до 5 %. Распространены локально. Залегают в виде слоя в интервале глубин 0,0-7,2 м. Мощность слоя от 0,3 м до 7,2 м.

ИГЭ-1. Глина темно-серая гумусированная твердая с червеходами и корнеходами. Распространена практически по всему участку. Залегает в виде слоя в интервале глубин 0,0-1,5 м. Мощность слоя от 0,5 м до 1,5 м.

ИГЭ-2. Глина коричневая, буро-коричневая, легкая твердая, с включениями конкреций карбонатов. Распространена практически повсеместно. Залегает в виде слоя в интервале глубин от 0,8 м до 19,0 м. Мощность слоя от 1,5 м до 14,7 м.

ИГЭ-3. Суглинок коричневый, буро-коричневый, легкий твердый, с включениями конкреций карбонатов. Распространен практически повсеместно. Залегает в виде слоя в интервале глубин от 0,8 м до 12,4 м. Мощность слоя от 0,8 м до 9,2 м.

ИГЭ-4. Суглинок рыже-бурый, бурый, твердый, с включениями Mn и Fe. Распространен локально. Залегает в виде слоя в интервале глубин от 10,4 м до 20,0 м. Мощность слоя от 1,2 м до 8,5 м.

ИГЭ-5. Суглинок рыже-бурый, бурый, легкий тугопластичный, опесчанен, с включениями Mn и Fe. Распространен локально. Залегает в виде слоя, реже в виде линзы в интервале глубин от 13,0 м до 20,0 м. Мощность слоя от 0,7 м до 6,5 м.

ИГЭ-6. Суглинок рыже-бурый, бурый, тяжелый твердый, с включениями Mn и Fe, редкие включения карбонатов. Залегают в виде слоя, реже в виде линзы в интервале глубин от 10,4 м до 20,0 м. Мощность слоя от 0,4 м до 8,6 м.

ИГЭ-7. Суглинок рыже-бурый, бурый, легкий полутвердый, с включениями Mn и Fe, редкие включения карбонатов, местами опесчанен. Распространен локально. Залегают в виде слоя, реже в виде линзы в интервале глубин от 12,5 м до 20,0 м. Мощность слоя от 0,6 м до 4,0 м.

ИГЭ-8. Песок бурый средней крупности водонасыщенный. Распространен локально. Залегают в виде линзы в интервале глубин от 16,3 м до 20,0 м. Мощность слоя от 0,6 м до 1,3 м.

Рекомендуемые деформационно-прочностные характеристики грунтов ИГЭ, полученные по результатам испытаний различными методами (статическое зондирование, компрессионные и сдвиговые испытания), приведены в таблице 1.

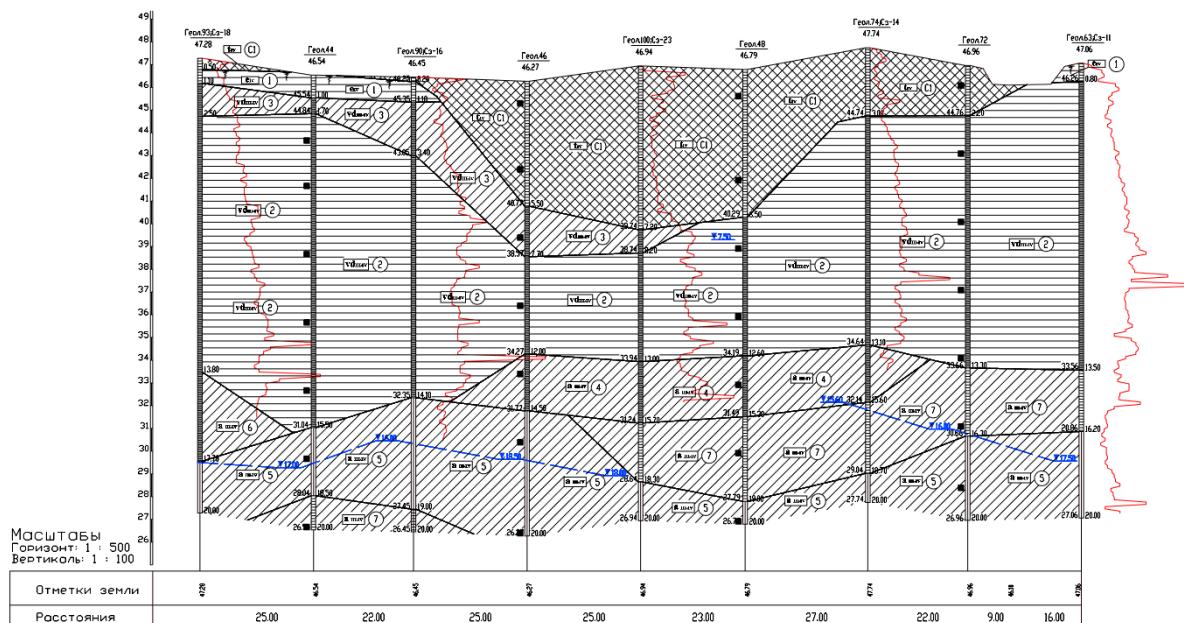
Таблица № 1

Рекомендуемые значения деформационно-прочностных характеристик грунтов по результатам полевых и лабораторных исследований.

Обозначения характеристик грунтов и единица измерения	Номер ИГЭ								
	Слой 1	1	2	3	4	5	6	7	8
E_0 , МПа	10	11	25	26	29	17	30	23	24
C , кПа	38	44	45	36	30	16	39	35	-
φ , град.	17	17	19	24	24	26	24	25	31

Расположение ИГЭ по глубине исследуемого грунтового массива отражено на инженерно-геологических разрезах, приведенных на рисунке 3.

а) Инженерно-геологический разрез по линии III-III



б) Инженерно-геологический разрез по линии IV-IV

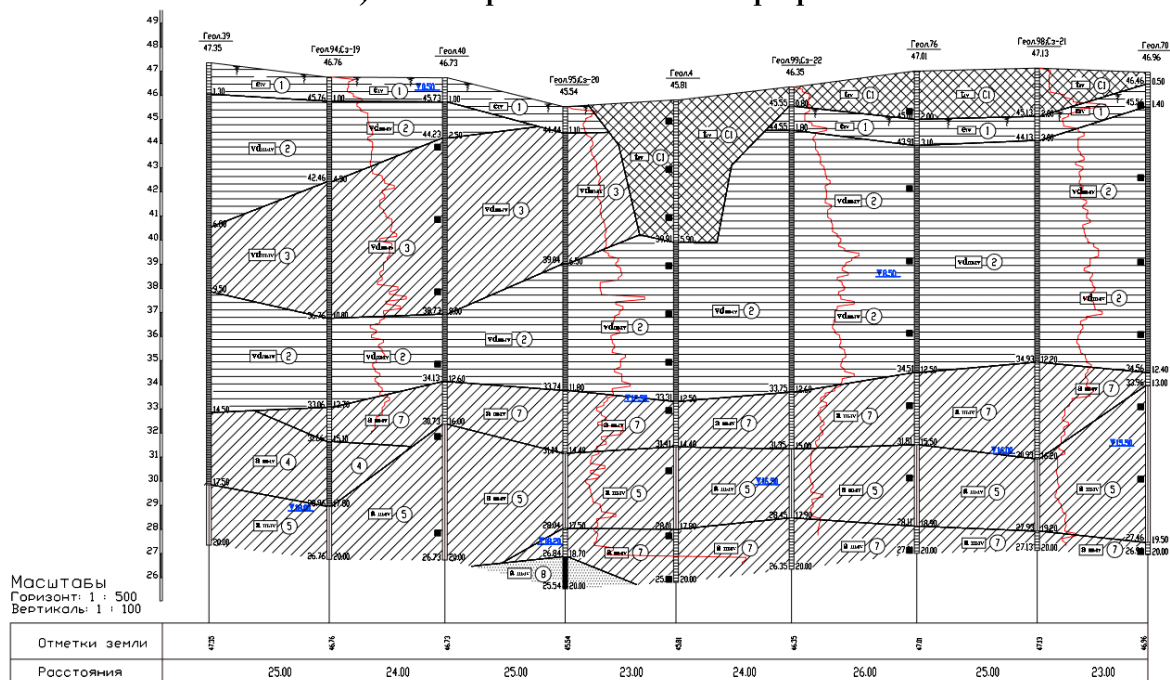


Рис. 3. – Расположение ИГЭ 1-8 и слоя С1 по глубине исследуемого массива грунтов.

Как видно из инженерно-геологических разрезов, распространение грунтов слоя 1 имеет значительную протяженность и глубину (рис. 3), а грунты ИГЭ-1, при толщине до 1,5 м, расположены на всей площадке

строительства [7]. Физико-механические характеристики грунтов указанных слоев довольно низкие и при значительных нагрузках на подошву фундаментов не могут быть использованы в качестве оснований зданий и сооружений. Согласно СП 11-105-97, часть III, данные грунты относятся к специфическим:

1) Техногенные грунты.

Слой-1 – глина твердая с прослоями, тугопластичной консистенции, с примесью строительного и бытового мусора до 5 %. Распространена практически по всему участку. Мощность слоя от 0,3 м до 7,2 м. Техногенные грунты Слая-1 относятся к природным образованиям, перемещенным с мест их естественного залегания (п. 9.1.1 СП 11-105-97 ч. III). По способу укладки относятся к отвалам, сформированным в результате неорганизованной отсыпки грунтов выемок и плодородного слоя почвы с соседних строительных площадок [8]. Давность отсыпки - менее 3-х лет. Ориентировочное время самоуплотнения - 10-15 лет (таблица 9.1 СП 11-105-97 часть II).

2) Элювиальные грунты.

ИГЭ-1 – почвенно-растительный слой (ПРС) - глина легкая твердая. Распространена по всему участку. Мощность слоя от 0,5 м до 1,5 м. Содержание гумуса на всю мощность почвенного горизонта (0,5-1,5 м) составляет в среднем 2,9 %. ПРС при содержании гумуса более 2 % подлежит рекультивации и не может быть использован в качестве основания фундаментов.

Техногенные не слежавшиеся грунты для их применения при строительстве должны быть либо химически закреплены, либо замещены, либо усилены путем устройства грунтоцементных или железобетонных свай.

Из трех вариантов, учитывая большой объем массива грунта слоя-1, было принято решение, предусматривающее применение сборных ж.б.

призматических забивных свай сечением 35 x 35 см, длиной от 6 до 10 метров.

Здание логистического центра «Адыгея-2» состоит из трех блоков общей длиной в осях 362 метра. Специфические техногенные грунты слоя-1 территориально находятся под третьим блоком, в непосредственной близости от блока 2. На момент устройства свайных фундаментов 3-го блока, фундаменты и каркас 2-го и 1-го блоков были уже возведены. Динамические воздействия на уже смонтированные несущие строительные конструкции при погружении свай дизель-молотом могли привести к дополнительным осадкам фундаментов и деформациям каркаса [9]. Для исключения негативного влияния колебания грунтового основания на построенное здание, необходимо заменить забивку свай вдоль блока 2 на какой-либо другой способ, не создающий вибрационных воздействий. Таких способов два – бурение с последующим изготовлением свай в скважинах и вдавливание готовых железобетонных свай.

Изготовление буронабивных монолитных железобетонных свай – процесс длительный, требующий значительных временных и трудовых затрат. Учитывая сжатые сроки строительства, было принято решение погрузить сборные призматические сваи сечением 35 x 35 см путем вдавливания с помощью гравитационной установки. В пользу данного решения склоняет и тот факт, что вдавливание свай с помощью анкеровки к инвентарным или существующим сваям не представляется возможным [10].

Возведение свайных фундаментов путем вдавливания гравитационной гидравлической установкой показано на рисунке 4.

Поскольку подработка территории с целью извлечения грунтов, пригодных для использования в строительстве велась спонтанно, то котлован выемки в результате получился неправильной геометрической формы, со значительными нерегулярными перепадами глубин.



Рис. 4. – Вдавливание призматических свай сечением 35x35 см на площадке строительства ЛЦ «Адыгея-2»

Изыскания под строительство ЛЦ «Адыгея-2» выполнены с шагом исследовательских скважин, не позволяющим отразить на геологических разрезах все нюансы геометрии залегания слабых насыпных грунтов Слая-1. Учитывая этот факт, применение способа усиления грунтов Слая-1 вдавливанием готовых свай позволило компенсировать недостающие сведения инженерно-геологических изысканий путем контроля усилий вдавливания и определения, таким образом, отметок залегания более прочных грунтов основания и обеспечить требуемую несущую способность фундаментов и силовых полов здания логистического центра.

Литература

1. Пшидаток М. А., Подтелков В. В. Построение математической основы специальной карты // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2016. С. 90-93.

2. Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Вайнгольц А. И., Подтелков В. В. Развитие областей пластических деформаций в однородном основании гибкого

ленточного фундамента в рамках модели смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2013. № 2(27). С. 7.

3. Конюхов, Д. С. Прогноз технологических деформаций при строительстве зданий и сооружений на подрабатываемых территориях // Уголь. 2023. № 4(1166). С. 61-64.

4. Пшидаток М. А., Подтелков В. В. Геодезические работы при определении границ земельных участков под автомобильной дорогой, подлежащей реконструкции // Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в различных сферах деятельности. Краснодар: Новация, 2023. С. 316-319.

5. Алпатов В. Ю., Петров С. М., Лукин А. О. Автоматизированный расчет системы "фундаменты-силовой пол" для производственного здания с металлическим каркасом и значительными нагрузками на пол // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Самара: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", 2015. С. 23-27.

6. Бесимбаева О. Г., Хмырова Е. Н., Олейникова Е. А. Мониторинг состояния земной поверхности на подрабатываемых территориях // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 11-1. С. 11-14.

7. Khalyn V. G. A complex approach for the design, construction and organizational management of logistics storage and products processing centers. International Journal of Economics and Business Administration. 2019. Vol. 7, pp. 325-333.

8. Писаренко, А. В. Распределение усилий в элементах каркасного здания на подрабатываемых территориях с учетом влияния податливости основания // Строительство - формирование среды жизнедеятельности. Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2015. С. 391-394.

9. Волков В. И., Вершинина Ю. В. Обоснование параметров повторных геодезических наблюдений на подрабатываемых территориях // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в российской Федерации : Материалы Двенадцатой Общероссийской конференции изыскательских организаций, Москва: ООО Геомаркетинг, 2016. С. 136-141.

10. Kutsenko E. I., Berezhnaya L., Galtseva O., Plotnikova I. Designing the Logistics Center Structure Using the Systematic Layout Planning. Proceedings of the International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2018), Vladivostok, Russian Federation: Atlantis Press, 2019. pp. 208-210.

References

1. Pshidatok M. A., Podtelkov V. V. Vestnik nauchno-tehnicheskogo tvorchestva molodezhi Kubanskogo GAU. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2016. pp. 90-93.

2. Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Vajngol'c A. I., Podtelkov V. V. Internet-vestnik VolgGASU. 2013. № 2(27). p. 7.

3. Konjuhov, D. S. Ugol'. 2023. № 4(1166). p. 61-64.

4. Pshidatok M. A., Podtelkov V. V. Matematicheskoe modelirovanie i informacionnye tehnologii pri issledovanii javlenij i processov v razlichnyh sferah dejatel'nosti. Krasnodar: Novacija, 2023. p. 316-319.

5. Alpatov V. Ju., Petrov S. M., Lukin A. O. Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Samara: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Samarskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet", 2015. p. 23-27.

6. Besimbaeva O. G., Hmyrova E. N., Olejnikova E. A. Tendencii razvitija nauki i obrazovanija. 2016. № 11-1. p. 11-14.

7. Khalyn V. G. International Journal of Economics and Business Administration. 2019. Vol. 7, pp. 325-333.



8. Pisarenko, A. V. Stroitel'stvo - formirovanie sredy zhiznedejatel'nosti. Moskva: Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet, 2015. pp. 391-394.

9. Volkov V. I., Vershinina Ju. V. Perspektivy razvitija inzhenernyh izyskanij v stroitel'stve v rossijskoj Federacii: Materialy Dvenadcatoj Obshherossijskoj konferencii izyskatel'skih organizacij, Moskva: OOO Geomarketing, 2016. pp. 136-141.

10. Kutsenko E. I., Berezhnaya L., Galtseva O., Plotnikova I. Proceedings of the International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2018), Vladivostok, Russian Federation: Atlantis Press, 2019. pp. 208-210.

Дата поступления: 10.11.2023

Дата публикации: 3.01.2024