



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 12, № 3, 2021

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2021.3.01

УДК 624.151.5

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРА РАСЧЕТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ФУНДАМЕНТОВ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

А.И. Полищук¹, Т.Н. Гутник^{1,2}

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

²ООО «МОС ПРОЕКТ», Краснодар, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 27 мая 2021

Принята: 24 июля 2021

Опубликована: 30 сентября 2021

Ключевые слова:

реконструкция и восстановление зданий, расчетное сопротивление грунта основания, фундаменты мелкого заложения, уплотнение грунта давлением от фундаментов, улучшение свойств грунта.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются методы определения параметра расчетного сопротивления грунта основания R для фундаментов мелкого заложения реконструируемых (восстанавливаемых) зданий, устроенных на песчаных и глинистых грунтах. Установлено, что при длительной эксплуатации зданий и сооружений такие грунты уплотняются, а свойства их обычно улучшаются. Для условий реконструкции и восстановления зданий параметр R принято называть расчетным сопротивлением уплотненного грунта основания $R_{уп}$. Авторами проанализированы известные методы определения параметра $R_{уп}$, опубликованные в трудах отечественных ученых за последние 50 лет (с 1971 г.). Из числа рассмотренных наиболее эффективным является инженерный метод (1997), учитывающий не только улучшение свойств грунтов под подошвой фундаментов, но и их ослабление (ухудшение), вызванное обводнением этих грунтов в период эксплуатации зданий. Этот метод определения $R_{уп}$ базируется на рекомендациях расчета параметра R по СП 22.13330.2016, в который вносятся дополнения, учитывающие изменения указанных выше характеристик грунтов. Область применения метода распространяется на глины, суглинки и супеси от твердой до текучепластичной (пластичной) консистенции. Для проектирования фундаментов мелкого заложения в различных случаях реконструкции и восстановления зданий на песчаных и глинистых грунтах необходимо вести дальнейшее развитие методов определения параметра $R_{уп}$.

© ПНИПУ

© Полищук Анатолий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты», e-mail: ofpai@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8525-4592.

Гутник Татьяна Николаевна – инженер, аспирант кафедры «Основания и фундаменты», e-mail: gtnme@mail.ru.

Anatolii I. Polishchuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department "Bases and Foundations", e-mail: ofpai@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8525-4592.

Tatiana N. Gutnyk – engineer, postgraduate student of the department "Bases and Foundations", e-mail: gtnme@mail.ru.

RATIONALE FOR THE METHOD OF DETERMINING THE DESIGN RESISTANCE OF FOUNDATION SOIL FOR FOUNDATIONS OF RECONSTRUCTED BUILDINGS

A.I. Polishchuk¹, T.N. Gutnyk²

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

²MOS PROJECT Ltd., Krasnodar, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 27 May 2021
Accepted: 24 July 2021
Published: 30 September 2021

Keywords:

reconstruction and restoration of buildings, design resistance of foundation soil, shallow foundations, soil compaction by pressure from foundations, improvement of soil properties.

ABSTRACT

The methods for determining the parameter of design resistance of foundation soil R for shallow foundations of reconstructed (restorable) buildings built on sandy and clayey soils are considered. It is established that during the long-term operation of buildings and structures such soils are compacted, and their properties usually improve. For the conditions of reconstruction and restoration of buildings, the parameter R is commonly referred to as the design resistance of compacted foundation soil R_{up} . The known methods of determination of R_{up} parameter published in works of Russian scientists for the last 50 years (since 1971) have been analyzed by the authors. The most effective among the considered methods is the engineering method (1997) that takes into account not only the improvement of soil properties under the foundations but also their weakening (deterioration) caused by watering of these soils during the period of the buildings operation. This method of determining R_{up} is based on the recommendations for the calculation of R according to SP 22.13330.2016, which includes additions that take into account the changes in the above soil characteristics. The scope of the method applies to clays, loams and sandy loam from hard to flowable (plastic) consistency. In order to design shallow foundations in various cases of reconstruction and restoration of buildings on sandy and clay soils, it is necessary to further develop the methods of determining the parameter R_{up} .

© PNRPU

Введение

При расчете оснований и фундаментов реконструируемых, восстанавливаемых зданий на песчаных и глинистых грунтах по второй группе предельных состояний используется параметр расчетного сопротивления грунта основания R [15, 16, 18]. Известно при этом, что в процессе длительной эксплуатации зданий происходит уплотнение грунтов основания давлением от фундаментов, и их свойства обычно улучшаются (П.А. Коновалов, 1986; А.И. Полищук и др., 1997; и др.). За счет уплотнения грунта и улучшения их свойств происходит также увеличение параметра R , который в дальнейшем будем называть расчетным сопротивлением уплотненного грунта основания $R_{уп}$ [1, 8, 17]. Ниже проанализированы известные методы определения параметра $R_{уп}$, опубликованные в работах Б.И. Далматова и др., 1985–1990; В.А. Зурнаджи, М.П. Филатовой, 1970; М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винникова и др., 2004; П.А. Коновалова и др., 1986–2000; А.В. Пилягина, 2005–2017; А.И. Полищука и др., 1997–2020; А.Г. Ройтмана и др., 1971–1990; Н.Г. Смоленской и др., 1979; Е.А. Сорочана, Ю.И. Дворкина, 1976–1986; В.М. Улицкого и др., 1986–1993; Г.И. Швецова, И.В. Носкова, 1991–2002; В.Б. Швец, В.В. Лушникова и др., 1981–1995 [2, 3, 13, 19] и др. Сравнительный анализ показал, что методы расчета $R_{уп}$ в настоящее время нуждаются в дальнейшем развитии.

Цель настоящей работы – обоснование метода определения параметра расчетного сопротивления уплотненного грунта основания $R_{уп}$ для проектирования фундаментов реконструируемых зданий.

Методика проектирования и теоретические подходы

В настоящее время в действующих нормативных документах имеется ограниченный объем информации о методах определения параметра расчетного сопротивления грунта основания $R_{уп}$ для условий реконструкции (восстановления) зданий. Это приводит к тому, что при проектировании (оценке загрузки) основания фундаментов мелкого заложения на песчаных и глинистых грунтах довольно часто используются характеристики грунтов естественного сложения, установленные при изысканиях как для условий нового строительства. При этом часто не учитывается улучшение (изменение) свойств грунтов, уплотненных давлением эксплуатируемых зданий. Рассмотрим основные методы определения параметра $R_{уп}$, которые применяются на этапе обоснования проектных решений фундаментов реконструируемых зданий.

При проектировании фундаментов реконструируемых зданий довольно часто используется параметр R (формула (5.7), СП 22.13330.2016) как для условий нового строительства. Но при этом предварительно, на этапе подготовки заключения о техническом состоянии реконструируемого здания, выполняются инженерно-геологические изыскания на рассматриваемой площадке (в полном объеме или контрольные), обследование грунтов основания и существующих фундаментов. В этот период отбираются образцы и пробы уплотненных грунтов из-под подошвы фундаментов для определения физико-механических характеристик. Установленные таким образом характеристики грунтов позволяют определить параметр $R_{уп}$ для оценки загрузки основания рассматриваемых фундаментов. Этот метод часто называют *экспериментальным*. Физико-механические характеристики грунтов в основании фундаментов реконструируемых зданий могут определяться и другими способами (Монография Коновалова П.А. и др., 2011; Справочник геотехника ОФПС, 2016 и др.). С вопросами определения параметра $R_{уп}$ по фактическим характеристикам грунтов, установленным экспериментально в период обследования фундаментов, можно ознакомиться в трудах П.А. Коновалова, А.И. Полищука и др., В.М. Улицкого и др. [2, 7, 11, 12 и др.]. Рассмотренный выше *экспериментальный метод* определения параметра $R_{уп}$ базируется на использовании действующих нормативных документов, прошел апробацию, прост в понимании и положительно зарекомендовал себя в практике проектирования фундаментов реконструируемых зданий. Однако для его применения требуется выполнение значительного объема трудоемких подготовительных работ, связанных с отбором проб, образцов грунтов из-под подошвы фундаментов и определением их физических, прочностных и деформационных характеристик в заданных режимах нагружения.

Опыт повышения нагрузок на строительные конструкции (в том числе фундаменты) зданий за счет надстройки дополнительных этажей свидетельствует, что грунты в основании фундаментов практически всегда имеют запас (резерв) прочности. На эти вопросы обращалось внимание еще с 30-х гг. прошлого столетия в технической, инструктивной и нормативной литературе. Однако в указанной выше литературе приводились лишь общие рекомендации о возможном дополнительном нагружении существующих фундаментов, грунтов основания, без какой-либо конкретизации. Например, профессор П.А. Коновалов [1] упоминал, что повышенное давление на грунт при реконструкции зданий рекомендовалось определять по допускаемому давлению R (принимаемого при проектировании нового строительства зданий) с повышающими коэффициентами 1,1–1,5 в зависимости от вида (разновидности) грунта. В строительных нормах 1941 г., разработанных для строитель-

ства в военных условиях, рекомендовалось увеличивать значения характеристики R при реконструкции на 40 % при условии отсутствия трещин в стенах и других строительных конструкциях от неравномерных осадок. В последующие годы в нормативных документах увеличение давления на основания меняется от 20 до 25 % при условии длительности их эксплуатации не менее 20 лет и отсутствии дефектов. В документах 1974 г. (СНиП П-15-74) и 1983 г. (СНиП 2.02.01-83*) по проектированию оснований зданий и сооружений рекомендации о возможности увеличения R на грунты оснований эксплуатируемых зданий уже не приводились [11].

В 1970 г. В.А. Зурнаджи и М.П. Филатовой в работе [4] был предложен метод определения повышенного допускаемого давления R^H на грунт. Согласно мнению авторов, их метод должен рассматриваться как ориентировочный, а формула при этом была представлена в следующем виде:

$$R^H = K_3 \sigma_p, \quad (1)$$

где, σ_p – расчетное давление на грунт под существующим зданием, кПа; K_3 – повышающий коэффициент, определяемый в зависимости от вида грунта, его влажности, расчетного давления по подошве фундамента σ_p и времени эксплуатации здания.

Согласно приведенным табличным данным [4] для лессовидных суглинков при их влажности от 5 до 20 %, расчетном давлении σ_p от 100 до 300 кПа, сроке эксплуатации здания от 5 до 25 лет, значения K_3 изменяются в пределах 1–1,4. Если в основании залегают пески различной крупности и плотности сложения, независимо от их влажности, при σ_p от 100 до 400 кПа и сроке эксплуатации здания от 5 до 25 лет и более значения K_3 изменяются от 1,1 до 1,5.

Для тех случаев, когда данные о фактических характеристиках грунтов в уплотненной зоне под подошвой фундаментов отсутствуют П.А. Коноваловым, А.Г. Ройтманом (1970–1972), позднее Е.В. Поляковым, В.К. Соколовым (1972) были разработаны методы определения R' , которые учитывают эффект обжатия (опрессовки) грунтов основания за время эксплуатации здания. Формула П.А. Коновалова и А.Г. Ройтмана имеет следующий вид [10 и др.]:

$$R' = R \cdot m \cdot k_s, \quad (2)$$

где R' – расчетное сопротивление грунта основания, учитывающее эффект обжатия (уплотнения) основания давлением от фундамента реконструируемого здания, кПа; R – расчетное сопротивление грунта основания при его естественном залегании (неуплотненное состояние), определяемое по СП 22.13330.2016, кПа; m – коэффициент, учитывающий изменение физико-механических свойств грунтов (степень обжатия грунтов) основания под фундаментом за период эксплуатации здания; k_s – коэффициент, учитывающий степень реализации (использования) предельной осадки фундамента за период эксплуатации здания (определяется отношением расчетной осадки при давлении, равном расчетному к предельно допустимой осадке). Значения коэффициента k_s для различных видов (разновидностей) грунтов определяют по таблицам (П.А. Коновалов, 2011).

Коэффициент m зависит от отношения давления на основание до надстройки p^0 к расчетному сопротивлению грунта основания R . При $p^0/R \geq 0,8$ (более 80 %) коэффициент $m = 1,3$, при $p^0/R = 0,7-0,8$ (равно 70–80 %) коэффициент $m = 1,15$, при $p^0/R \leq 0,7$ (менее 70 %) коэффициент $m = 1$. Отношение $p^0/R = 1$ соответствует случаю полного использова-

ния расчетного сопротивления грунта основания в случае выполнения расчетов по второй группе предельных состояний [1, 14].

Формула Е.В. Полякова, В.К. Соколова для определения R' имеет следующий вид:

$$R' = kR, \quad (3)$$

где R' , R – то же, что и в формуле (2); k – коэффициент увеличения сопротивления грунта основания, зависящий от отношения p^0/R (здесь p^0 – фактическое давление на грунты оснований до надстройки, кПа); значения коэффициента k изменяется в пределах от 1,0 до 1,5 и принимается по таблицам (П.А. Коновалов, 1980).

Применение формулы (3) допускается при сроке эксплуатации надстраиваемого здания не менее 3 лет для песчаных, 5 лет – для супесчаных и 8 лет для глинистых грунтов. В отличие от метода П.А. Коновалова, А.Г. Ройтмана, формула (3) содержит лишь один коэффициент k , который учитывает величину давления передаваемого на грунт подошвой фундамента. Отличие заключается также в том, что в формуле (3) нет параметра, который бы учитывал изменение осадки фундамента за период эксплуатации здания. Значения коэффициента k принимаются по таблицам (П.А. Коновалов, 1980).

В АО ЦНИИ промзданий были выполнены исследования (1965) прочностных характеристик песчаных грунтов в основании эксплуатируемых зданий (период эксплуатации от 20 до 120 лет). По результатам исследований выявлена линейная зависимость между прочностными характеристиками грунтов и длительностью их загрузки, а затем составлены эмпирические формулы, позволяющие определить угол внутреннего трения и удельное сцепление песков через заданный промежуток времени с начала момента загрузки основания [5]. Данная методика позволила:

- 1) устанавливать значения расчетного сопротивления грунта основания с учетом его опрессовки во времени;
- 2) решить вопрос о необходимости усиления оснований и фундаментов для реконструкции зданий с учетом изменения прочностных характеристик грунта;
- 3) на основании полученных данных (АО ЦНИИ промзданий) Ю.И. Дворкиным и Е.А. Сорочаном (1972) был разработан метод определения расчетного сопротивления уплотненного грунта основания $R_{уп}$ для песчаных грунтов [6, 7]. Предложенный метод учитывает улучшение во времени строительных свойств песчаного грунта и для проектирования фундаментов определяется по формуле:

$$R_{уп} = R \cdot K_E, \quad (4)$$

где R – расчетное сопротивление песчаного грунта основания, определяемое по СП 22.13330.2016, кПа; K_E – коэффициент, учитывающий улучшение строительных свойств грунта, принимаемый по табличным данным (Е.А. Сорочан, 1986).

В 1997 г. профессором А.И. Полищуком был предложен **инженерный метод** определения $R_{уп}$, учитывающий обжатие глинистых грунтов под подошвой фундаментов реконструируемых (длительно эксплуатируемых) зданий [8, 9]. В основе метода лежит формула определения расчетного сопротивления грунта основания R по СНиП 2.02.01-83 (ныне СП 22.13330.2016). Автором метода были введены коэффициенты, учитывающие изменения прочностных свойств грунта в процессе его уплотнения и обводнения (замачивания) за период эксплуатации здания. Формула при этом имеет следующий вид:

$$R_{уп} = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} \left[M_{\gamma} k_z b \gamma_{II} K_{\gamma} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II} \cdot K_c \right] \cdot K_s, \quad (5)$$

где K_{γ} , K_c – коэффициенты, учитывающие изменение характеристик плотности ρ (удельного веса) и удельного сцепления c грунтов основания под фундаментом за период эксплуатации здания; M_q , M_{γ} , M_c – коэффициенты, принимаемые по СП 22.13330.2016, в зависимости от характеристики угла внутреннего трения ($\bar{\varphi}_{II}$) грунта основания, уплотненного давлением от эксплуатируемого здания:

$$\bar{\varphi}_{II} = \varphi_{II} \cdot K_{\varphi}, \quad (6)$$

где, φ_{II} – угол внутреннего трения естественного (неуплотненного) грунта основания, град; K_{φ} – коэффициент, учитывающий изменение характеристики угла внутреннего трения φ_{II} за период эксплуатации здания; K_s – коэффициент, учитывающий степень реализации (использования) предельной осадки фундамента за период эксплуатации здания. Остальные обозначения в уравнении (5) те же, что и в СП 22.13330.2016.

Значения коэффициентов K_{γ} , K_{φ} , K_c следует выбирать в зависимости от отношения среднего давления по подошве эксплуатируемого фундамента p к расчетному сопротивлению естественного (неуплотненного) грунта основания R , которое принималось при первоначальном проектировании объекта (они получены экспериментально для глинистых грунтов) [9].

Значения коэффициентов K_{γ} , K_{φ} , K_c , установленные автором, определялись как отношение характеристики уплотненных (давлением фундаментов) и естественных грунтов при сроке эксплуатации более 15 лет [9].

Результаты и их обсуждение

Анализируя рассмотренные выше методы определения расчетного сопротивления уплотненного грунта основания $R_{уп}$, можно отметить, что все они распространяются на определенные виды (разновидности) грунтов. Метод, предложенный Ю.И. Дворкиным и Е.А. Сорочаном (1976–1982, 1986), распространяется только на песчаные грунты различного гранулометрического состава и влажности. Метод П.А. Коновалова и А.Г. Ройтмана (1972–1980), а чуть позднее метод Е.В. Полякова и В.К. Соколова (1972) распространяются, кроме песчаных, и на связные грунты с показателем текучести $J_L \leq 0,5$ при сроке эксплуатации зданий не менее 15 лет. Метод В.А. Зурнаджи и М.П. Филатовой (1970), по мнению самих авторов, может рассматриваться только как приближенный (ориентировочный). Инженерный метод А.И. Полищука (1997), в отличие от вышеизложенных методов П.А. Коновалова и др. (1972–1980), Е.П. Полякова и др. (1972), В.А. Зурнаджи др. (1970), имеет более широкую область применения и распространяется на глинистые грунты от твердой до текучепластичной (пластичной) консистенции.

Важно отметить, что инженерный метод А.И. Полищука (1997) учитывает не только улучшение свойств грунтов под подошвой фундаментов реконструируемых зданий вследствие их уплотнения, но и их ослабление (ухудшение), вызванное обводнением этих грунтов в период эксплуатации зданий. Например, наибольшее повышение параметра R до $R_{уп}$ наблюдается для фундаментов мелкого заложения на глинистых грунтах с показателем J_L

менее 0,5 (на 45–60 %), а наименьшее – для случая обводнения этих грунтов в период эксплуатации здания (на 20–25 %). Если обжатие грунта основания давлением от фундамента незначительно ($p/R \leq 0,6-0,7$), то значение R (неуплотненного грунта) понижается на 10–15 % и более [2, 9 и др.].

Важно также отметить, что фактическое давление по подошве фундаментов p реконструируемых (восстанавливаемых) зданий составляет иногда 20–30 % от расчетного сопротивления естественного (неуплотненного) грунта основания R . В этом случае эффект обжатия основания давлением от фундаментов является несущественным. Наибольший эффект уплотнения грунтов основания за период эксплуатации зданий происходит в том случае, когда давление по подошве фундаментов p составляет 80 % и более от расчетного сопротивления неуплотненного грунта R ($p \geq 0,8R$) [2, 9]. Все это необходимо учитывать при определении резерва прочности основания фундаментов реконструируемых зданий в каждом конкретном случае, зависящем от вида грунта, срока их эксплуатации.

Заключение

1. Установлено, что для проектирования (оценки загрузки) основания фундаментов мелкого заложения (ленточных, отдельных, плитных) реконструируемых зданий важно установить параметр расчетного сопротивления уплотненного грунта основания $R_{уп}$. Известные методы определения параметра $R_{уп}$ (изложенные выше) базируются на рекомендациях нормативных документов определения параметра R (СНиП П-15-74, СНиП 2.02.01-83*, СП 22.13330.2016), в которые вносятся дополнения, учитывающие изменения характеристик грунтов под подошвой фундаментов за счет их уплотнения в период эксплуатации зданий.

2. Обзор экспериментальных и теоретических исследований свидетельствует, что рассмотренные отечественные методы определения $R_{уп}$ распространяются на отдельные виды (разновидности) грунтов (пески, глины, суглинки и супеси) и имеют ограниченную область применения. Из числа рассмотренных отечественных методов определения $R_{уп}$ наиболее эффективным является инженерный метод, учитывающий не только улучшение свойств грунтов под подошвой фундаментов вследствие их уплотнения, но и их ослабление (ухудшение), вызванное обводнением этих грунтов в период эксплуатации зданий (автор А.И. Полищук, 1997) [8, 9]. Этот метод имеет более широкую область применения и распространяется на глины, суглинки и супеси от твердой до текучепластичной (пластичной) консистенции.

3. Для проектирования фундаментов реконструируемых зданий на глинистых грунтах необходимо дальнейшее развитие методов определения параметра $R_{уп}$. В частности, требуется развитие метода определения расчетного сопротивления уплотненного грунта основания $R_{уп}$ для фундаментов с различной формой подошвы (в том числе осесимметричной) и фундаментов, имеющих заглубление по периметру контура их подошвы.

Библиографический список

1. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – М.: Стройиздат, 1980. – 136 с.
2. Полищук А.И., Лобанов А.А. Оценка загрузки оснований фундаментов реконструируемых зданий с использованием персональных ЭВМ. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1996. – 134 с.
3. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов (практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки). – СПб.: Стройиздат Северо-Запад; Георекострукция, 2010.
4. Зурнаджи В.А., Филатова М.П. Усиление оснований и фундаментов при ремонте зданий. – М.: Стройиздат, 1970. – 96 с.
5. Сорочан Е.А. Фундаменты промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 303 с.
6. Дворкин Ю.И. О назначении давления на песчаные основания при реконструкции зданий // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1982. – № 4. – С. 23–24.
7. Сорочан Е.А., Дворкин Ю.И. О назначении давления на основание при реконструкции сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1976. – № 2. – С. 8–9.
8. Полищук А.И. Назначение расчетного сопротивления грунта основания при проектировании фундаментов реконструируемых зданий // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2000. – № 3. – С. 6–10.
9. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий. – Нортхэмптон: STT, 2007. – 476 с.
10. Ройтман А.Г., Смоленская Н.Г. Ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1978. – 319 с.
11. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ВНИИНТПИ, 2000. – 318 с.
12. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей. – Томск, 1990. – 321 с.
13. Способ изготовления буроинъекционной сваи в сезоннопромерзающем грунте / Ющубе С.В., Полищук А.И., Фурсов В.В. Патент на изобретение RU 2150550 C1, 10.06.2000. Заявка № 99101576/03 от 25.01.1999.
14. Методика обследования и проектирования оснований и фундаментов при капитальном ремонте, реконструкции и надстройке зданий / Н.Г. Смоленская, Р.Г. Комиссарчик, Б.Н. Ершов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1972. – 111 с.
15. Основания, фундаменты и подземные сооружения / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов [и др.]; под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
16. Цытович Н.А. Механика грунтов. Издание четвертое, вновь переработанное и дополненное. – М.: Госстройиздат, 1963. – 636 с.
17. Основания и фундаменты: справочник / Г.И. Швецов, И.В. Носков, А.Д. Слободян, Г.С. Госькова; под ред. Г.И. Швецова. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.
18. Пузыревский Н.П. Расчеты фундаментов, литограф. [Б.и]. 1923.
19. Пилягин А.В. Проектирование оснований зданий и сооружений. – 3-е изд., перераб. и доп.): учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 398 с.

References

1. Konovalov P.A. Bases and foundations of reconstructed buildings. 4th ed. Moscow, VNIINTPI, 1980, 136 p.
2. Polischuk A.I., Lobanov A.A. Assessment of loading of foundations of reconstructed buildings using personal computers. Tomsk, Publishing house University of Tomsk, 1996, 134 p.
3. Ulitsky V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotechnical support of urban development (Practical guide to designing buildings and underground structures in conditions of dense construction), Saint Petersburg, Stroyizdat Severo-Zapad, Georeconstruction Group, 2010.
4. Zurnadzhi V.A., Filatova M.P. Strengthening foundations and foundations in the repair of buildings. Moscow, Stroyizdat, 1970, 96 p.
5. Sorochan E.A. Foundations of Industrial Buildings. Moscow, Stroyizdat, 1986, 303 p.
6. Dvorkin Y.I. On assignment of pressure on sandy foundations during reconstruction of buildings. *Bases, foundations and soil mechanics*. 1982, no. 4, pp. 23–24.
7. Sorochan E.A., Dvorkin Y.I. On the assignment of pressure on the foundation during reconstruction of structures. *Bases, foundations and soil mechanics*. 1976, no. 2, pp. 8–9.
8. Polischuk A.I. Appointment of design resistance of foundation soil when designing foundations of reconstructed buildings. *Bases, foundations and soil mechanics*. 2000, no. 3, pp. 6–10.
9. Polischuk A.I. Fundamentals of designing and construction of foundations of reconstructed buildings. Northampton, STT, 2007, 476 p.
10. Roitman A.G., Smolenskaya N.G. Repair and reconstruction of residential and public buildings. Moscow, Stroyizdat, 1978, 319 p.
11. Konovalov P.A. Bases and foundations of reconstructed buildings. 4th ed. Moscow, VNIINTPI, 2000, 318 p.
12. Plevkov V.S., Malganov A.I., Polishchuk A.I. Restoration and strengthening of building structures of emergency and reconstructed buildings. Tomsk, 1990, 321 p.
13. Yushube S.V., Polishchuk A.I., Fursov V.V. Method of making drill-injection piles in seasonally freezing soil. Patent Riossiiskaia Federatsiia no. 2150550 (2000).
14. Smolenskaya N.G., Komissarchik R.G., Ershov B.N. [et al]. Methodology of inspection and design of foundations and foundations during major repair, reconstruction and superstructure of buildings. Moscow, Stroyizdat, 1972. 111 p.
15. Gorbunov-Posadov M.I., Ilyichev V.A., Krutov V.I. [et al]. Bases, foundations and underground structures. Eds. E.A. Sorochan and Yu.G. Trofimenkov. Moscow, Stroyizdat, 1985, 480 p.
16. Tsytoovich N.A. Soil Mechanics. 4th ed. Moscow: Gosstroyizdat, 1963, 636 p.
17. Shvetsov G.I., Noskov I.V., Slobodian A.D., Gskova G.S. Bases and foundations. Eds. G.I. Shvetsov. Moscow, Higher School, 1991, 383 p.
18. Puzirevsky N.P. Calculations of Foundations, Lithograph. Ed. 1923.
19. Pilyagin A.V. Designing foundations of buildings and structures. 3rd ed. Moscow, Publishing house ASV, 2017, 398 p.