

УДК 69.059.25:725.94

к.т.н., доцент Осипов С.А.,

osypov.so@knuba.edu.ua, код ORCID: 0000-0002-5851-3517,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ РЕСТАВРАЦИИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Изложена классификация методов реставрации грунтовых оснований памятников архитектуры, в основе которой положены метод-образующие признаки: вид реставрации памятника архитектуры; сущность процессов и явлений, лежащих в основе метода; метод выполнения реставрационных процессов. Методы реставрации грунтовых оснований сведены в систему и базируются на принципе гарантированного обеспечения их сохранности; обоснована рациональная область применения методов закрепления грунтов основания в зависимости от вида реставрации памятника архитектуры.

Ключевые слова: Классификация, методы, реставрация, грунты основания, памятники архитектуры.

Обоснование рациональных методов реставрации грунтовых оснований памятников архитектуры базируется на следующем принципе – технология реставрации грунтов основания памятника архитектуры должна обеспечивать высокопроизводительное выполнение комплекса строительно-монтажных реставрационных работ при одновременном гарантированном обеспечении необходимого (проектного) уровня сохранности грунтового основания объекта реставрации, его архитектурно-исторической идентичности, а также устойчивости фундаментов и всего памятника архитектуры [1, 2].

В основу классификации методов реставрации грунтовых оснований памятником архитектуры приняты следующие метод-образующие признаки: ***А – признак.*** Вид реставрации памятника архитектуры (восстановление, воссоздание, восстановление с усилением, консервация); ***В – признак.*** Сущность процессов и явлений, лежащих в основе метода закрепления грунтов основания (преобразование в камневидное тело, изменение физико-механических свойств грунтового основания и др.); ***С – признак.*** Метод выполнения реставрационных процессов (нагнетание специально подобранных растворов, уплотнение внедрением инородных тел, электрообработка, кальматация пор и др.).

Разработанная классификация представлена на *рисунке*.

В зависимости от исторической ценности грунтового основания, требований по его сохранению, а также вида и текущего состояния грунтов, его слага-

ющих, рекомендуются следующие группы методов закрепления грунтов основания (табл. 1).

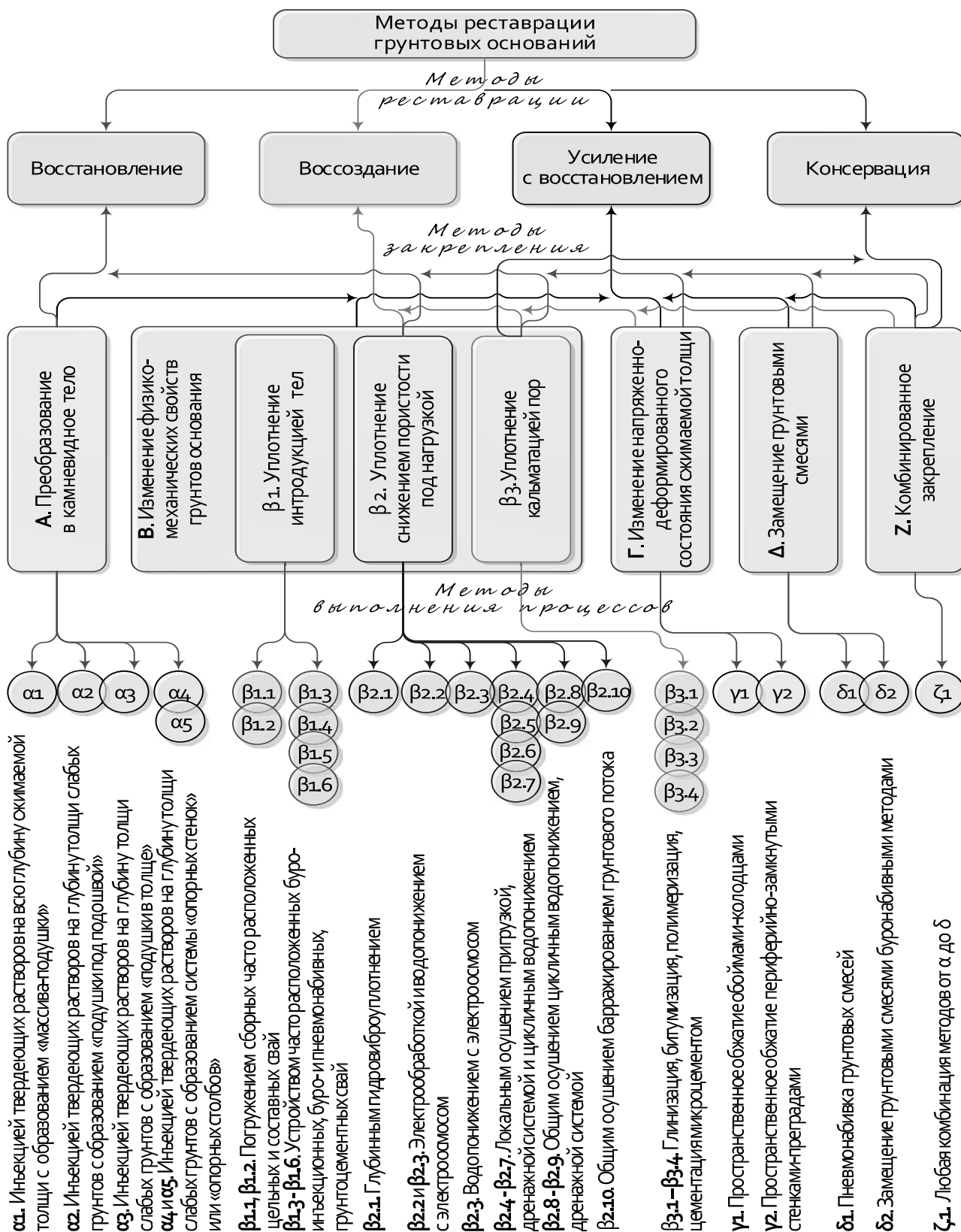


Рисунок. Классификация методов реставрации грунтовых оснований памятников архитектуры

Таблица 1

Область применения методов закрепления грунтов основания
памятников архитектуры

Группа методов	Условия применения
<i>Альфа группа.</i> А. Преобразование в камневидное тело в виде: - массива-подушки; - подушка под подошвой; - подушка в толще; - опорных стенок; - опорных столбов	Обеспечивают частичную сохранность грунтового основания с сохранением исторической ценности фундаментов и здания в целом при расположении толщи слабых грунтов: - на всю глубину сжимаемой толщи; - под подошвой фундамента; - в глубине сжимаемой толщи; - до кровли надежных грунтов; - тоже
<i>Бета группа.</i> В. Изменение физико-механических свойств грунтов основания. Состоит из трех <i>подгрупп</i>: ▪ $\beta 1$ уплотнение интродукцией твердых тел и твердеющих смесей; ▪ $\beta 2$ уплотнение снижением пористости под нагрузкой; ▪ $\beta 3$ уплотнение калыматацией пор	Позволяет выполнить восстановление, восстановление с усилением грунтов основания с сохранением исторической ценности фундаментов и здания в целом.
<i>Гамма группа.</i> Г. Изменение напряженно-деформированного состояния сжимаемой толщи	Позволяет ликвидировать повышенную деформативность сильно сжимаемых грунтов с сохранением исторической ценности фундаментов и здания в целом.
<i>Дельта группа.</i> Д. Замещение грунтовыми смесями	Позволяют выполнить восстановление несущей способности оснований, сложенных слабыми сильно сжимаемыми грунтами с сохранением исторической ценности фундаментов и здания в целом.
<i>Зета группа.</i> З. Комбинированное закрепление	В зависимости от комбинации методов обеспечивает в той либо иной мере сохранность грунтового основания, уникальности и оригинальности конструктивного исполнения фундаментов, а также историческую ценность здания в целом.

Сущность *альфа группы* методов «**А.** Преобразование в камневидное тело» заключается в нагнетании в грунты основания специально подобранных растворов, преобразующих их, после химических превращений, в камневидное тело. В зависимости от вида и текущего состояния грунтов основания, расположения толщи слабых грунтов и ее мощности, а также величины заглубления кровли надежных грунтов камневидное тело устраивается в виде: сплошного массива на всю глубину сжимаемой толщи – «массива-подушки» ($\alpha 1$); сплошной плиты под подошвой фундамента на глубину толщи слабых грунтов – «подушка под подошвой» ($\alpha 2$) или подушки-плиты в глубине сжимаемой толщи – «подушка в толще» ($\alpha 3$), а также системы стенок-пластин или столбов, устро-

енных до верхней границы надежных грунтов – «опорных стенок» ($\alpha 4$) и «опорных столбов» ($\alpha 5$).

Нагнетание растворов в грунт основания выполняется заходками закрепления с помощью забивных иньекторов или иньекторами-тампонами, устанавливаемые в предварительно пробуренные скважины или шпуры. Виды иньекций определяются применяемыми иньекционными растворами, состав которых подбирают в зависимости от вида грунтового основания и его текущего состояния. Это могут быть: одно- и двухрастворная силикатизации, газосиликатизация, электросиликатизация, цементация, в том числе на основе микроцемента, смолизация и др.

В целом данную подгруппу методов (преобразование в камневидное тело) целесообразно использовать при реставрации оснований III и IV категории прочности и структурной устойчивости [3], сложенных грунтами средней и малой прочности, малой структурной устойчивости и структурно неустойчивыми.

Сущность *бета группы* методов «В. Изменение физико-механических свойств грунтов основания» заключается в восстановлении и повышении несущей способности грунтов основания путем их упрочнения снижением пористости. Состоит из трех подгрупп, первая подгруппа – « $\beta 1$ – уплотнение интродукцией твердых тел и твердеющих смесей», вторая – « $\beta 2$ – уплотнение снижением пористости под нагрузкой», третья – « $\beta 3$ – уплотнение калыматацией пор».

Сущность первой подгруппы методов ($\beta 1$) заключается в уплотнении грунтов основания интродукцией (внедрением инородных тел) в сжимаемую толщу системы часто расположенных стержневых элементов – сборных железобетонных и монолитных свай. При этом грунты сжимаемой толщи, уплотняясь на глубину интродукции, образуют уплотненный грунтовый объем – массив-подушку, способный воспринимать дополнительные нагрузки или существенно увеличить несущую способность грунтов основания. Сборные стержневые элементы (цельные ($\beta 1.1$) или составные ($\beta 1.2$) сваи небольшого диаметра) погружаются в основание вдавливанием или с предварительным лидированием, а стержневые элементы из твердеющих смесей – иньекцией ($\beta 1.3$), набивкой ($\beta 1.4$) или пневмонабивкой ($\beta 1.5$) бетонных и растворных смесей либо устройством грунтоцементных свай буросмесительным методом ($\beta 1.6$).

Сущность второй подгруппы методов ($\beta 2$) состоит в уплотнении грунтов основания под нагрузкой путем снижения их пористости глубинным гидровиброуплотнением ($\beta 2.1$), электрообработкой ($\beta 2.2$), водопонижением с электроосмосом ($\beta 2.3$), локальным осушением обводненных грунтов основания периферийной пригрузкой (обвалованием $\beta 2.4$ и сборными элементами $\beta 2.5$), дренажными системами ($\beta 2.6$) и циклическим водопонижением ($\beta 2.7$), а также

общим осушением обводненных грунтов циклическим водопонижением ($\beta 2.8$), барражированием грунтового потока ($\beta 2.9$) и дренажными системами ($\beta 2.10$).

Третья подгруппа методов (« $\beta 3$ – уплотнение калематацией пор») основана на искусственно протекающих процессах калематации макро- и микропор путем инъекции в массив грунтового основания специально подобранных растворов и смесей, образующих в массиве пористого грунта пластичное тело. Применяются как химически нейтральные к водной и грунтовой среде инъекционные растворы – глинизация ($\beta 3.1$), битумизация ($\beta 3.2$), так и растворы, вступающие в химическую реакцию с водой и обводненными грунтами – полимеризация ($\beta 3.3$) инъекционными пенорастворами на основе высокомолекулярных гидрофильных соединений (полиуретанов, полимерсиликатных смол), цементация ($\beta 3.4$) водными суспензиями на основе микроцемента и другие методы. Суспензия микроцемента (особо тонкодисперсное минеральное вяжущее) обладает текучестью, сравнимой с текучестью воды, а проникающая способность суспензии сопоставима с бездисперсными вяжущими (микроцемент можно рассматривать как альтернативу жидкому стеклу и полимерным композициям – эпоксидной, карбамидной, фенолформальдегидной и др.). Инъектирование грунта суспензиями микроцемента осуществляется через манжетные колонны и гидравлические пакеры; для нагнетания суспензии применяются шнековые или плунжерные насосы с регулируемым давлением. Суспензия микроцемента, при ее инъекции, заполняет 100 % активного порового пространства грунта, не нарушая его природной структуры, с радиусом распространения, как правило, превышающим расчетный радиус распространения бездисперсных составов – на основе жидкого стекла и полимерных композиций.

Данную группу методов (изменение физико-механических свойств грунтов основания) рекомендуется применять для оснований, сложенных слабыми пористыми, заторфованными, заиленными водонасыщенными грунтами III и IV категории прочности и структурной устойчивости [3].

Гамма группа методов «Г. Изменение напряженно-деформированного состояния сжимаемой толщи» направлена на ликвидацию повышенной деформативности сильно сжимаемых грунтов (IV категории прочности и структурной устойчивости [3]) путем их пространственного обжатия специально устраиваемыми периферийно-замкнутыми водонепроницаемыми стенками – в виде обойм-колодцев ($\gamma 1$) при закреплении оснований под сплошные плитные фундаменты сооружений башенного типа и отдельностоящие столбчатые фундаменты, либо в виде системы стенок-преград ($\gamma 2$), замкнутых по ограниченному контуру при закреплении оснований под ленточные фундаменты.

Дельта группа методов «Д. Замещение грунтовыми смесями» рекомендуется применять для оснований, сложенных слабыми сильно сжимаемыми грун-

тами (IV категории прочности и структурной устойчивости [3]) последовательным их замещением специально подобранными грунтовыми смесями. Грунты замещаются пневмонабивкой ($\delta 1$), когда толща слабых грунтов имеет небольшую мощность и залегает непосредственно под подошвой фундаментов, либо буронабивным методом ($\delta 2$) при значительной ее мощности, либо при заглубленном расположении – в сжимаемой толще. Вид и вещественный состав грунтовых смесей подбирается с учетом вида и текущего состояния грунтов основания (геологических и гидрологических условий). Это могут быть: глинопесчаные (лессы), глинощебеночные (супеси), песчано-щебеночные (суглинки и глины), дресвяно-щебеночные (пески) и другие смеси с добавлением щелочных, портландцементных, глиняных компонентов и смол, улучшающих реологию смесей при их набивке и повышающих их эксплуатационные свойства и долговечность.

Зета группа методов «Z. Комбинированное закрепление» применяется для оснований сложной видовой структуры при одновременном сочетании различных усложняющих инженерно-геологических и гидрологических факторов, в том числе при увеличении нагрузок, путем сочетания различных методов закрепления, входящих в вышеуказанные группы. Это может быть комбинация методов преобразование в камневидное тело и уплотнение калематацией пор, уплотнение интродукцией тел и замещение грунтовыми смесями и т.д.

Область применения методов закрепления грунтов основания в зависимости от вида их реставрации приведена в табл. 2

Совокупность возможных методов реставрации грунтовых оснований памятников архитектуры можно представить в виде векторного пространства:

$$\bar{M}_{res} = (\bar{A}, \bar{B}, \bar{\Gamma}, \bar{\Delta}, \bar{Z}) = \begin{pmatrix} \{\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4, \alpha 5, \dots\}; \\ \{\beta 1.2, \beta 1.2, \beta 1.3, \dots, \beta 1.6, \dots\}; \\ \{\beta 2.1, \beta 2.2, \beta 2.3, \dots, \beta 2.10, \dots\}; \\ \{\beta 3.1, \beta 3.2, \beta 3.3, \beta 3.4, \dots\}; \\ \{\gamma 1, \gamma 2, \dots\}; \\ \{\delta 1, \delta 2, \dots\}; \\ \{\zeta 1, \dots\} \end{pmatrix},$$

где $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{\Gamma}, \bar{\Delta}, \bar{Z})$ – множество методов закрепления грунтов основания, заданные соответствующими координатами-методами выполнения процессов.

Множество методов выполнения процессов закрепления грунтов основания $\{\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4, \alpha 5, \dots\}, \dots, \{\zeta 1, \dots\}$ представляет собой открытую систему; с развитием науки и техники система методов выполнения процессов может быть дополнена вновь созданными и апробированными методами.

Таблиця 2

Рекомендуемые группы методов закрепления грунтов основания
в зависимости от вида их реставрации

<i>Группа методов реставрации</i>	<i>Рекомендуемая группа методов закрепления грунтов основания</i>
I. Восстановление	«А. Преобразование в камневидное тело»; «β2 – уплотнение снижением пористости под нагрузкой»; «β3 – уплотнение кальматацией пор»; «Г. Изменение напряженно-деформированного состояния сжимаемой толщи»; «Д. Замещение грунтовыми смесями»; «Z. Комбинированное закрепление»;
II. Воссоздание	«β2 – уплотнение снижением пористости под нагрузкой»; «β3 – уплотнение кальматацией пор»; «Г. Изменение напряженно-деформированного состояния сжимаемой толщи»; «Z. Комбинированное закрепление»;
III. Усиление с восстановлением	«А. Преобразование в камневидное тело»; «В. Изменение физико-механических свойств грунтов основания»; «Г. Изменение напряженно-деформированного состояния сжимаемой толщи»; «Д. Замещение грунтовыми смесями»; «Z. Комбинированное закрепление»;
IV. Консервация	«β3 – уплотнение кальматацией пор»; «Z. Комбинированное закрепление»;

Литература

1. Осипов С.А. Исследование и обоснование рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры. Метод-образующие признаки / С. А. Осипов // Науковий вісник будівництва. Вип. 70 – Харків: ХНУБА ХОВТ АБУ, 2012. – С. 42–48.

2. Осипов С.А. Методика выбора технологии реставрации памятников архитектуры / С.А. Осипов // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах ринкових відносин: зб. наук. праць. Вип. 34. – К. : КНУБА, 2015. – С. 53-64.

3. Осипов О.Ф. Технологія будівництва в умовах міської забудови. Класифікація будинків і основ за стійкістю до динамічних впливів і зміни напружено-деформованого стану / О.Ф. Осипов // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. трудов. Вып. 30 – Симферополь: КАПКС, 2010. – С. 70–78.

Осипов С.О.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ РЕСТАВРАЦІЇ ГРУНТОВИХ ОСНОВ ПАМ'ЯТНИКІВ АРХІТЕКТУРИ

Викладена класифікація методів реставрації ґрунтових основ пам'ятників архітектури, в основі якої покладено метод-утворюючі ознаки: вид реставрації пам'ятника архітектури; сутність процесів і явищ, що лежать в основі методу; метод виконання реставраційних процесів. Методи реставрації ґрунтових основ зведені в систему і базуються на принципі гарантованого забезпечення їх збереження; обґрунтована раціональна область застосування методів закріплення ґрунтів основи в залежності від виду реставрації пам'яток архітектури.

Ключові слова: Класифікація, методи, реставрація, ґрунти основи, пам'ятники архітектури.

Osipov S.A.,

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

CLASSIFICATION OF METHODS OF RESTORATION OF THE BASIC BASIS OF ARCHITECTURE MEMBERS

The classification of methods of restoration of soil foundations of architectural monuments, based on the method-forming features is presented: the type of restoration of a monument of architecture; the essence of the processes and phenomena underlying the method; method of performing restoration processes. Methods of restoration of soil bases are integrated into the system and are based on the principle of guaranteed maintenance of their conservation; the rational area of application of methods of fastening of bases of the ground is grounded, depending on the type of restoration of architectural monuments.

Key words: classification, methods, restoration, foundations, architectural monuments.