

МИТИНСКИЙ В.М. к.т.н., доцент,  
БАРАНИК С.В., инженер,  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

УДК 69:624.138.24

## ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ В г. ОДЕССЕ

Ключевые слова: известняк, выработки, плитно-свайный фундамент, продавливание известняка.

В инженерно-геологических условиях, которые характеризуются чередованием напластований дисперсных (песчано-глинистых) и цементованных (вапняков) пластов пород, приведены условия их совместной работы с плитно-пальевыми фундаментами для зданий. Установлено, что в таких условиях возможно продавливание вапняков, особенно когда в их толще есть выработки - «катакомбы». Приводятся условия выбора фундаментов, которые обеспечивают надежную их работу в грунтах основания.

В работе изложена методика проектирования стратегии технической эксплуатации строительных конструкций и зданий в целом. Методика базируется на апостериорной информации и рассматривает три вида вмешательства в процесс эксплуатации. Стратегия эксплуатации выбирается по критерию минимума финансовых затрат.

The deformed area of a base of pile foundations of buildings, erected in Odessa of 22-26 floors high, includes dispersible breeds (loams and clays), limestones and clays of meiotic tier. Presence of limestones as a hardpan hard layer in the deformed area of a base, causes forming in it of the complicated tense state, in particular, the concentration of tangent tensions. The problems of possible punching of limestone occur, especially at weakening of it by its making. The terms of joint work of soils of base and pile foundation are considered on the example of three objects of building. For the exception of possibility of punching or cut of layers of shell limestones-rocks by foundation of dwelling-house No 8

on the street an Mikhaylovskaya an additional loading on its roof was limited within the framework of sizes at which tangent tensions in the layer of limestones would not arrive the maximum.

Existing outputs falling within the area of the pyramid of punching, were amplified by making in them the concrete diaphragms embedded by device keys on both sides of the wall in the output. When selecting a working version of an apartment house foundations on the street. Novoberegovoy, 12a, to ensure the strength of the conditions for punching an array of limestone was considered several options for the device of the underground part of the building: one, two and three-level parking with broadening grillage at different elevations of stop of bottom of piles.

A variant was finally accepted with two-tier parking, and a grillage is executed with cantilevers, by speakers to contoured on 1,5m from the outward verges of building. For the exception of possibility of cut of layer of limestones on areas, hyposthenic making, at building of dwelling complex on a street Genoese with two-tier underground parking a decision was accepted about making in these areas of additional strengthening elements from the drilling injection piles of strengthening. In the ground terms, which are carectirased by alternations of stratifications of dust-clay soils and layer of limestones whil making of tiled-pile foundations for buildings of enhanceable floor it is necessary to take into account the possibility of punching of limestones, especially at presence in their layer of weakenings as an underground makings - «catacombs».

**ВСТУП**

Введение. Современные жилые комплексы, возводимые в Одессе, как правило, включают несколько отдельных зданий высотой 22...26 этажей, которые объединены одно, двух или трехуровневым подземным паркингом. В этих условиях значительно возрастают нагрузки на основание. Развитие города происходит, в основном, за счет освоения территорий, которые ранее считались не привлекательными для строительства. Площадки характеризуются сложными геотехническими условиями: наличие высокого уровня подземных вод, значительной толщи слабых грунтов, подземных выработок в толще известняков и др. К этому можно добавить расположение площадок в условиях стесненных существующей застройкой.

Широко распространенными решениями для восприятия нагрузок от зданий являются свайные фундаменты, которые позволяют обеспечить передачу нагрузок на более плотные грунты основания. Деформируемая зона основания, расположенная ниже подошвы свай, формируется в дисперсных породах (суглинках и глинах), известняках и глинах мезозойского яруса. Наличие известняков как цементированного жесткого слоя в деформируемой зоне основания, обуславливает формирование в нем сложного напряженного состояния, в частности, концентрацию касательных напряжений. Возникают проблемы возможного продавливания известняка, особенно при ослаблении его выработками.

**Цели и задачи.** Методы решения таких задач в практике геотехнического строительства исследовались рядом авторов [1-4], однако вопросы накопления опыта проектирования и устройства фундаментов, обеспечивающих надежность их совместной работы с основанием, а также мониторинга строительства являются актуальными. Требуется проведение дальнейших исследований характера влияния на НДС основания неоднородности известняка в виде дискретно расположенных ослабленных областей при дополнительных нагрузках, оценки возможности формирования поверхностей продавливания, разработки методов решения этих задач в практике проектирования.

**Объект и методы исследований.** Совместная работа фундаментов с основанием сложным чередованием дисперсных и цементированных пород рассматривается на примерах строительства жилых комплексов, расположенных по ул. Михайловская, 8, ул. Новобереговая, 12а, ул. Генуэзская. Выполнен ана-

лиз напряженно-деформированного состояния грунтов основания с учетом результатов полевых и лабораторных исследований их свойств.

Результаты исследований. Толща известняков понтического яруса имеет довольно сложное и изменчивое строение, как в вертикальном направлении, так и по горизонтали. Толщу понтических известняков можно разделить на четыре слоя. Первый - самый нижний слой представлен плитчатым известняком мощностью 0,2...2,50 м. Второй слой представлен равномерно цементированным известняком-ракушечником («пильный» известняк) мощностью 4,5...7,9 м. Выработки располагаются именно в пределах этого слоя. Их размеры и густота зависят от качества известняка. Третий слой сложен сильно перекристаллизованным известняком-ракушечником. Четвертый - самый верхний слой наиболее часто представлен плитчато-обломочным известняком с глинистым заполнителем. Общая мощность третьего и четвертого слоев равна 5,0...5,6 м.

На площадке строительства по ул. Михайловская, 8 в качестве фундаментов проектируемых 18...20-и этажных зданий приняты свайные фундаменты. Нижние концы призматических свай остановлены в тяжелых суглинках и красно-бурых глинах, залегающих над толщей известняков, ослабленных подземными выработками.

Рассмотрим для примера работу основания жилого дома №8. Схема фундамента на инженерно-геологическом разрезе и распределение дополнительного давления от условного фундамента по глубине приведено на рис. 1. Исходя из предпосылок работы слоев известняков (слои 9 и 9п) как жесткого тела, была рассмотрена задача воз-

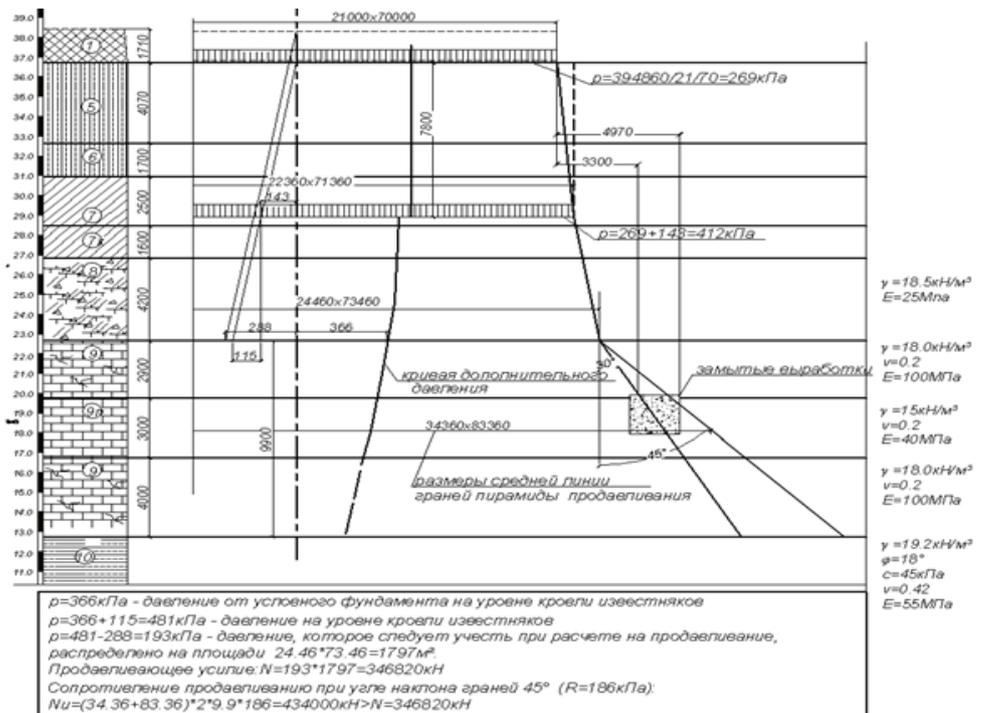


Рис 1. Распределение дополнительного давления в основании жилого дома №8 жилого комплекса по ул. Михайловской

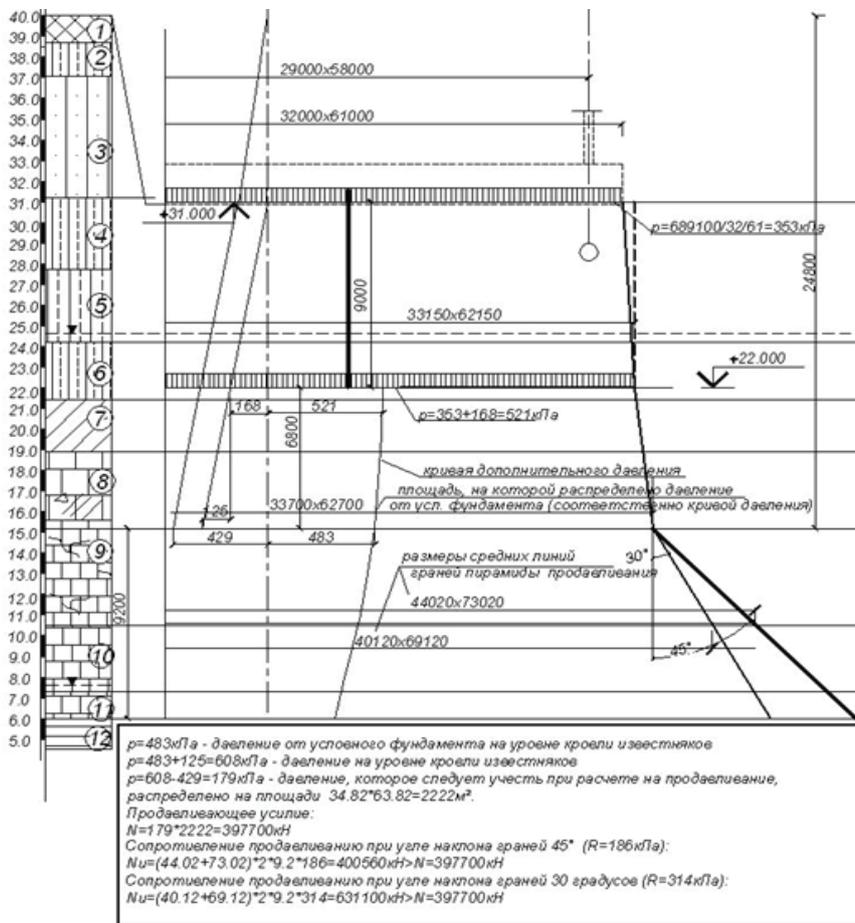


Рис 3. Распределение дополнительного давления в основании жилого дома по ул. Новобереговой, 12а

можно их продавливания от дополнительных нагрузок. Для исключения продавливания или среза этих слоев дополнительная нагрузка на их кровлю ограничивалась в рамках величин, при которых касательные напряжения в толще известняков не достигали бы предельных значений. Дополнительное давление ограничивалось путем увеличения площади ростверка и, соответственно, свайного поля. Одновременно с этим подошва свайного фундамента размещалась как можно выше кровли известняков, что за счет рассеивания напряжения в массиве глинистых грунтов также снижало дополнительное давление на их кровлю. В результате расчетов было установлено, что при принятом в качестве рабочего варианта фундаментов касательные напряжения в толще известняков не будут достигать предельных значений (рис. 1). При этом рассматривалось формирование в известняках пирамиды продавливания под углами к вертикали 30 и 45 градусов. Более опасным оказался угол 45°. При оценке напряженно-деформированного состояния основания в программном комплексе Plaxis 8.5, рис. 2, касательные напряжения в массиве известняков также не достигали предельных значений. Существующие выработки, попадающие в зону пирамиды продавливания, усиливались путем устройства в них бетонных диафрагм, заделанных в стены выработки путем устройства шпонок по обе их вертикальные стороны.

Рисуюнок 2 дивись на стор. 2 обкл.

При выборе рабочего варианта фундаментов жилого дома по ул. Новобереговой, 12а, для обеспечения условий прочности по продавливанию массива известняков было рассмотрено несколько вариантов устройства подземной части здания: одно, двух и трехуровневый паркинг с уширением ростверка при различных отметках останки низа свай. При каждом из рассматриваемых вариантов учитывалась возможность снижения дополнительной нагрузки на основания путем уменьшения сечений несущих строительных конструкций и снижения этажности здания. Окончательно был принят вариант с двухуровневым паркингом. При этом длина призматических вдавливаемых свай составила  $l=10м$ , а ростверк выполнен с консолями, выступающими по контуру на 1,5м от наружных граней здания. Схема рабочего варианта фундамента на инженерно-геологическом разрезе и распределение дополнительного давления от условного фундамента по глубине (рис. 3).

Жилой комплекс по ул. Генуэзская в г. Одессе запроектирован из 3 отдельных секций по 24 этажа с двухуровневым подземным паркингом в зоне существующей застройки. Площадка строительства комплекса характеризуются сложными геотехническими условиями, что обуславливается наличием подземных выработок в толще известняков на глубине 17...18 м. Из технологических условий устройства фундаментов и с целью повышения надежности работы основания принято решение о выполнении тампонирувания данных выработок. Способ тампонирувания выбран традиционный для Одессы - гидрозамыв песчаной пульпой с последующим подбучиванием кровли выработок цементно-песчаным раствором.

В качестве рабочего варианта принят свайно-плитный фундамент. Сваи буронабивные и буроинъекционные диаметром 630 мм, длиной 11...12 м с останковкой в ИГЭ-7 - известняке-ракушечнике, рис. 4. Плитный монолитный ростверк принят толщиной 1,5 м. На участках в пределах пятна здания, где выработки отсутствовали, приняты буронабивные сваи, в местах наличия выработок - буроинъекционные, изготавливаемые с использованием проходного шнека. Использование буроинъекционных свай обусловлено тем, что их можно было устраивать без обсадки на участке выработок, которые были затампонируваны песком.

Для исключения возможности среза толщи известняков (ИГЭ-6 и ИГЭ-7) на участках, ослабленных выработками, принято решение об устройстве в этих

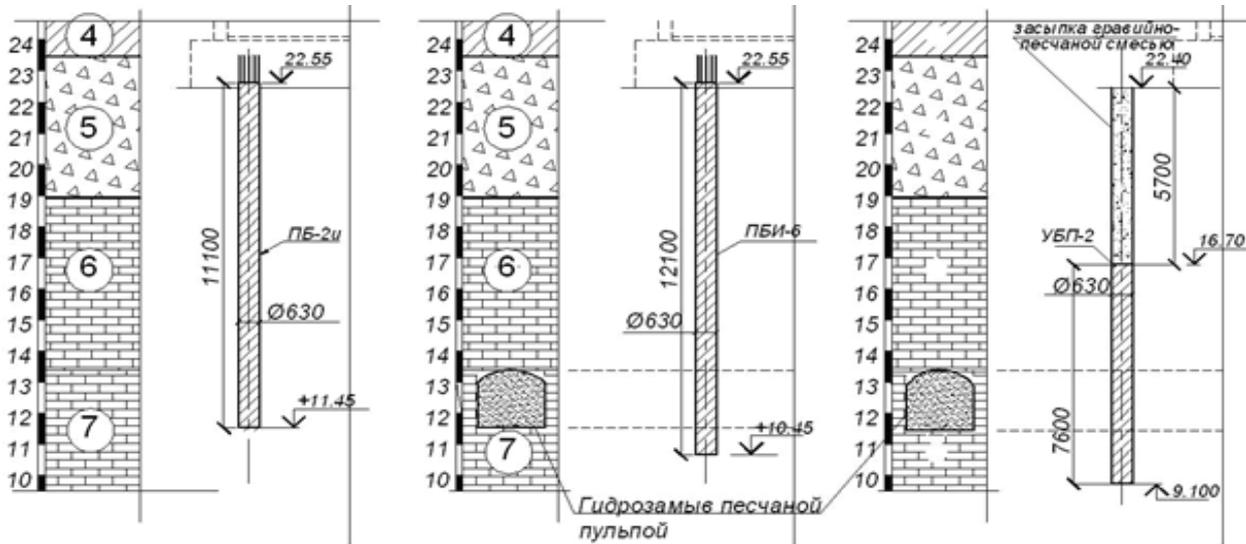


Рис 4. Схема устро́йства свай: а – робоча свая вне зоны выработки; б – робочая свая в зоне выработки; в – свая усиления

зонах дополнительных усиливающих элементов - буроинъекционных свай усиления (рис. 4, в), которые устраивались как под пятном секций, так и на определенном расстоянии за пределами этого пятна. Функция усиливающих буроинъекционных свай – восприятие растягивающих усилий, возникающих от касательных напряжений по условным границам среза, и передача усилий на массив грунта выше и ниже выработок за счет их работы по боковой поверхности. При этом длина заделки, шаг, диаметр и армирование свай усиления приняты из расчета, что равнодействующая нормальных напряжений от дополнительных нагрузок, приходящихся на определенную площадь участка с выработками в плане, полностью воспринимается сечениями усиливающих свай, расположенных на данном участке. Другими словами, эти параметры определялись, исходя из условия равнопрочности неослабленных выработками наклонных сечений слоев известняка-ракушечника и сечений усиливающих свай при растяжении.

Зона расстановки усиливающих свай в плане определялась, исходя из минимального и максимального угла

наклона плоскости среза к вертикали, которые приняты соответственно 30 и 45. Таким образом, участки с выработками исключены из работы массива и заменены на усиливающие сваи как при учете нормальных, так и касательных напряжений. При этом усилия от рабочих свай на грунты основания и на усиливающие сваи по их длине передаются равномерно за счет трения по боковым поверхностям свай. Поэтому деформации грунтов основания, рабочих и усиливающих свай на произвольной глубине в пределах рассматриваемой толщи равны между собой.

#### ВЫВОДЫ:

В грунтовых условиях, характеризующихся наличием чередований напластований пылевато-глинистых грунтов и толщи известняков, при устройстве для зданий повышенной этажности плитно-свайных фундаментов необходимо учитывать возможность продавливания известняков, особенно при наличии в их толще ослаблений в виде подземных выработок – «катакомб».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоценко Н.Л. Влияние подземных ходов на деформирование здания Полтавского краеведческого музея / Н.Л. Зоценко, С.В. Беда, Ю.И. Великодний // Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях: Тр. Российской конф. с межд. участием. - Уфа: БашНИИстрой, 2012. - С. 42–50.
2. Готман Н.З. К вопросу о расчете плитных фундаментов подземных сооружений на закарстованных территориях / Н.З. Готман, М.З. Каюмов // Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства. Тр. межд. конф. Пермь: Изд-во Пермского национального исследоват. политехнического ун-та, 2011. - С. 114–119.
3. Петраков А.А. Определение коэффициента жесткости основания в зоне разуплотнения основания / А.А. Петраков, А.В. Кухарь // 36. науч. праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полт. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. - Полтава: ПНТУ, 2010. - Вип. 3 (28). - С. 202–206.

**РИСУНКИ ДО СТАТТІ КЛИМЕНКО Є.В.  
«НАУКОВІ ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД СТАРОЇ ЗАБУДОВИ»**



**Рис. 1.** Руйнування внутрішніх цегляних стін (Фірма «Краян»).



**Рис. 2.** Знос будинку Русова в м. Одесі.



**Рис. 3.** Пошкодження опор мостового переходу (Хорватія).



**Рис. 4.** Руйнування частини фасаду будинку по вул. Генерала Ватутіна в м. Одесі.

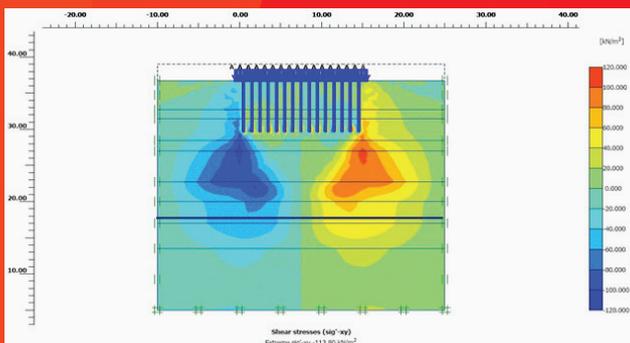


**Рис. 5.** Знос конструкцій одноповерхового будинку по вул. Утьосова в м. Одесі.



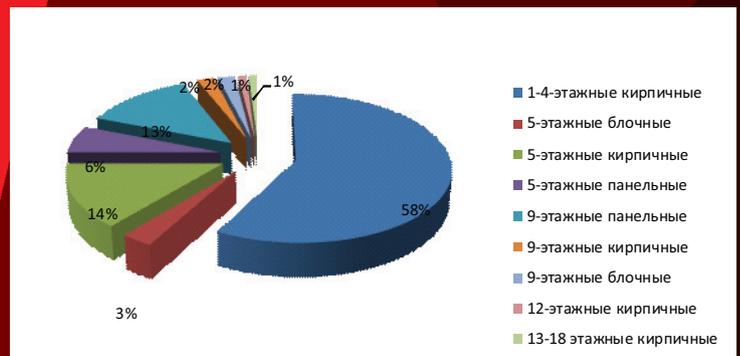
**Рис. 6.** Руйнування конструкцій Рибного ресторану в м. Одесі.

**РИСУНКИ К СТАТЬЕ  
МИТИНСКИЙ В.М., БАРАНИК С.В.  
«ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ В Г. ОДЕССЕ»**



**Рис. 2.** Значения величин касательных напряжений в основании жилого дома №8 жилого комплекса по ул. Михайловской.

**РИСУНКИ К СТАТЬЕ  
ШКОДА В.В., СЕМЧИНА М.В., ШКОДА А.В.  
«АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛЫХ ПЯТИЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ,  
ВОЗВЕДЕННЫХ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ Г. ЗАПОРОЖЬЯ»**



**Рис. 1.** Распределение жилого фонда г. Запорожья в зависимости от этажности и материала стен зданий.