

ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА САНАТОРИЯ В АР КРЫМ

Дмитриев Д.А.

ГП «Государственный научно-исследовательский институт
строительных конструкций»
г. Киев, Украина

АНОТАЦИЯ: При будівництві об'єктів в складних інженерно-геологічних умовах і сейсміки слід виконувати заходи з інженерного захисту для забезпечення вимог стійкості, як самих об'єктів, так і територій прилеглих до них.

АННОТАЦИЯ: При строительстве объектов в сложных инженерно-геологических условиях и сейсмики следует выполнять мероприятия по инженерной защите для обеспечения требований устойчивости, как самих объектов строительства, так и прилегающих к ним территорий.

ABSTRACT: When building new structures in difficult geological conditions, landslide slopes and seismic conditions necessary to perform activities on land development to meet the demands of sustainability, both the construction projects so the adjacent areas.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коэффициент устойчивости, склон, сейсмика.

В настоящее время происходит активная застройка территорий на побережье Чорного моря, которые характеризуются сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, а также относятся к территориям, на которых возможно проявление сейсмической активности. На таких территориях, распространены опасные геологические процессы: оползни и обвалы, подтопление и затопление территорий, карсты и суффозия, эрозия и абразия. Для предупреждения возникновения таких явлений на осваиваемых территориях следует выполнять мероприятия по инженерной защите, которые обеспечат безопасное строительство и эксплуатацию проектируемых сооружений и прилегающих территорий.

При разработке мероприятий инженерной защиты территорий следует руководствоваться требованиями следующих нормативных документов: ДБН В.1.2-14-2009 [1], ДБН В.1.1-24:2009 [2], ДБН В.1.1-3-97 [3], ДБН В.1.1-25-2009 [4], ДБН В.1.1-12:2017 [5], ДБН А.2.1-1-2008 [6].

Целью инженерной защиты территорий, подверженных опасным геологическим процессам является устранение или снижение до безопасного уровня негативного влияния этих процессов на объекты и территории. При этом должны быть решены следующие задачи:

1. Обеспечение общей устойчивости объектов и территорий, надежного их функционирования с учетом сейсмических воздействий.

2. Обеспечение нормативных медико-санитарных защищаемых территорий.

3. Сохранение природных ландшафтов, заповедных зон, объектов природного и культурного наследия, зон отдыха и т.п.

4. Обеспечение охраны окружающей среды, рациональное использование земель и природных ресурсов, защищаемых объектов.

Для обеспечения общей устойчивости объектов и территорий на побережье Черного моря необходимо решать следующие задачи:

- обеспечение устойчивости склонов с учетом изменения физико-механических характеристик грунтов при их замачивании и при сейсмических воздействиях;

- предупреждение замачивания грунтов основания новых объектов;

- обеспечение защиты берегов моря от разрушающего воздействия волн и регулирование движения наносов;

- выполнение мероприятий для предупреждения возникновения эрозийных, карстовых и суффозионных процессов;

- учет сейсмичности территории при разработке мероприятий инженерной защиты и при проектировании новых объектов.

Строительство на оползневых и оползнеопасных Черноморских склонах требует решения задач по обеспечению их устойчивости с учетом возможных сейсмических воздействий. Эти задачи должны решаться в комплексе с решением проблемы инженерной защиты. Требования к решению задач по инженерной защите территорий должны быть комплексными и учитывать влияния всех негативных факторов.

Основные результаты. В статье приводятся результаты расчетов устойчивости участка расположения объекта: «Завершение строительства и реконструкции СКК «Мрия» в г. Ялта, с. Оползневое» выполненные в 2013 г.

Рассматриваемая территория строительства расположена в прибрежной части главной гряды Крымских гор. Участок находится в пределах древнего средне-позднотчетвертичного склона. Территория подвержена эрозионным процессам, разрезана оврагами и промоинами. В нижней ча-

сти склон закреплен сооружениями берегозащиты, подпорными стенами и планировкой территории. Территория охватывает склон с перепадом отметок 90,0 м. В нижней части склон ограничен урезом моря, а в верхней – автомобильной дорогой. В данной статье рассмотрена устойчивость склона на участке проектирования и строительства главного корпуса санатория.

Проектом предусмотрено строительство комплекса в составе основного здания, состоящего из 5-ти секций разной этажности, сложной конфигурации в плане, а также 2-х и 3-х этажных коттеджей, амфитеатра, спортивного центра, пляжного клуба, ресторана и прочих сооружений. На рисунке 1 показан общий вид главного здания.

Перед основным зданием комплекса, возводится подпорная стена (комбинированный ростверк), которая служит защитой его заглубленной части при подрезке склона на высоту до 9,0 м на период строительства. Стена выполняется из одного ряда буронабивных свай диаметром 1020 мм и длиной 14,0 м, объединенных в верхней части железобетонной балкой. Для обеспечения устойчивости в ней выполняются временные анкера, обеспечивающие ее устойчивость в период устройства фундаментов и возведения 2-х этажей здания. Анкера применяют тросовые, длиной 24,0 м, длина корня – 8,0 м. После возведения двух этажей комплекса стена засыпается грунтом. На рисунке 2 показан план расположения подпорной стены. На участке расположения основного здания выполняется комбинированный дренаж для его защиты от воздействия грунтовых вод.

В прибрежной части склона расположен пляж с пятью бунами. За пляжем расположена набережная. Перед набережной гравитационная подпорная стенка, являющаяся гасителем энергии волн.

По данным изысканий строение участка отличается пестротой и переслаиванием литологических разностей грунтов. В геологическом строении принимают участие древнеоползневые отложения средне-позднечетвертичного и позднечетвертично-современного возраста, залегающие на коренных породах таврической серии [7]. Коренные породы представляют собой толщу из переслаивающихся аргиллитов, алевролитов и песчанников, кровля которых залегает на глубине 42,0...60,0 м. В прирвовочной части склона уклон поверхности земли составляет до 38⁰. Формирование рельефа территории обусловлено развивающимися на ней оползневыми процессами, что привело к формированию характерного ступенчатого вида склона. Бортовые зоны локальных древнеоползневых очагов сформировали условия для образования легко размываемых отложений, что привело к образованию вдоль них эрозионных понижений.

Современный рельеф участка и склона сформирован под влиянием опасных геологических процессов и изменен при строительстве бывшего пансионата. В соответствии с требованиями ДБН В.1.1-12:2014, Приложе-

ния А и карты ОСР-2004-А [5] участок относится к зоне сейсмической интенсивности равной 8 баллов.

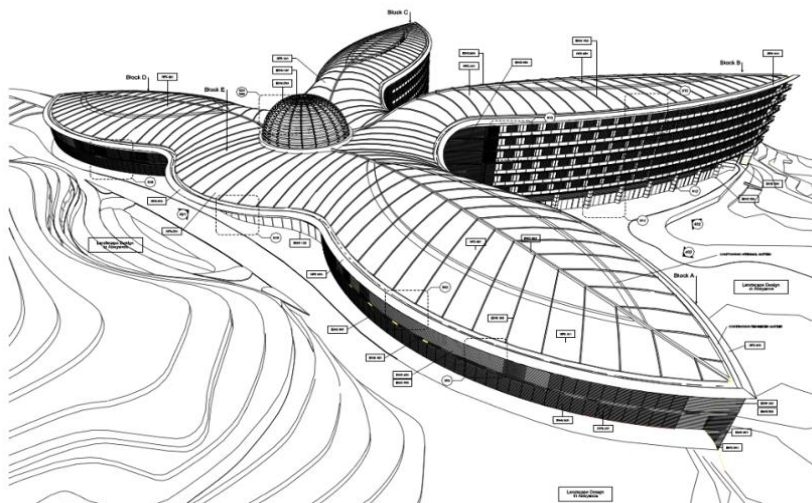


Рис. 1. Общий вид основного здания со стороны склона

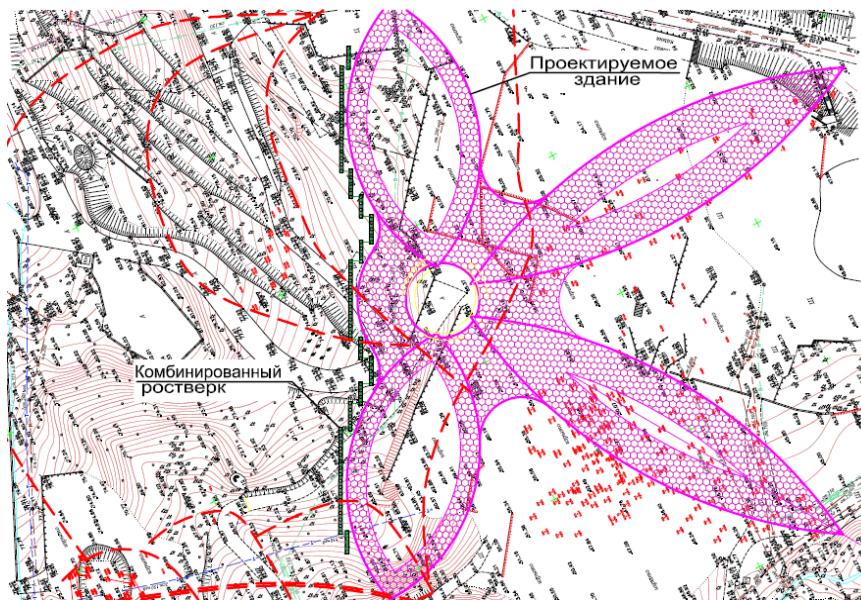


Рис. 2. План расположения подпорной стены (комбинированный ростверк)

В соответствии с требованиями ДБН В.1.2-14-2009 [1] комплекс относится к классу последствий (ответственности) сооружений СС 3. Расчет для оценки общей устойчивости выполнялся для наиболее характерных разрезов склона, для которых проверялась общая и локальная устойчивость южного участка склона, расположенного рядом с морем. Разрезы были построены по результатам инженерно-геологических изысканий [7].

Оценка устойчивости склона выполнялась по методу блоков Г. М. Шахунянца и проводились для склона в естественном состоянии и после строительства проектируемого комплекса для основного и аварийного сочетаний нагрузок. Для расчетов принимались значения физико-механических характеристик в естественном и замоченном состояниях, принятых по результатам выполненных на участке изысканий [7].

Полученные коэффициенты запаса устойчивости склона K_{st} сравнивались с нормативным допустимым коэффициентом запаса устойчивости K_{sn} согласно ДБН В.1.1-3-97 [3] и ДБН В.1.1-24:2009 [3] (для класса последствий (ответственности) сооружений СС 3): для основного сочетания нагрузок $K_{sn}=1,25$; для аварийного сочетания нагрузок $K_{sn}=1,30$.

Метод Г.М. Шахунянца основан на решении плоской задачи по заданному сечению, при наличии в массиве склона фиксированной поверхности скольжения [8].

Расчет устойчивости склона по этому методу выполнялся в следующем порядке:

– по материалам топографической съемки оползневого участка и инженерно-геологических изысканий, построен разрез по данному сечению;

– разрез оползневого тела разделен вертикальными линиями на отдельные отсеки так, чтобы линия скольжения оползня в каждом отсеке имела неизменный уклон.

Коэффициент устойчивости склона по методу Г.М. Шахунянца [8] определяется по формуле

$$K_{st} = \frac{R}{F}, \quad (1)$$

где R – удерживающие силы (сила трения и сила сцепления):

F – сдвигающие силы.

Оползневое давление, действующее на каждый отдельный отсек и на оползневой массив в целом, определялось по формуле [3]:

$$E_{on} = F - R / K_{sn}, \quad (2)$$

где K_{sn} – нормированное значение коэффициента устойчивости назначается в зависимости от класса последствий (ответственности) сооружения согласно ДБН В.1.1-3-97 [3].

Оползневое давление учитывается при расчете удерживающих сооружений, расположенных на склоне. По результатам расчетов устойчивости выполненных по методу Г.М. Шахунянца получено:

1. Минимальный коэффициент устойчивости склона в природном состоянии при полном водонасыщении грунтов составляет 1,01 – склон находится в состоянии предельного равновесия ($K_{st}=1,01 < K_{sn}=1,30$ [3]).

2. Значения оползневого давления действующего на основное здание с нагорной стороны составляют:

- 113 т/м.п. для грунтов естественной влажности;
- 147 т/м.п. при полном водонасыщении грунтов;
- 168 т/м.п. для грунтов естественной влажности с учетом сеймики;
- 243 т/м.п. при полном водонасыщении грунтов с учетом сеймики.

3. После возведения здания минимальный коэффициент устойчивости склона с учетом сейсмических воздействий 8 баллов составляет 1,08 (при полном водонасыщении грунтов), что свидетельствует о том, что устойчивость склона не будет обеспечена ($K_{st}=1,08 < K_{sn}=1,30$ [3]).

Кроме этого, выполнялись расчеты по оценке устойчивости склона с учетом изменения напряженно-деформируемого состояния грунта основанная итерационным способом по модели Мора-Кулона. Модель включает следующие параметры: параметры жесткости (E), коэффициент Пуассона (ν), удельное сцепление (c), угол трения (φ) и угол дилатансии (ψ), объемный вес грунта в сухом (γ_{unsat}) и водонасыщенном (γ_{sat}) состояниях, коэффициенты фильтрации K_x и K_y . Расчеты устойчивости склона выполнялись методом *Phi-c-reduction* (*φ-c-приведения*), который используется для расчетов коэффициента общей безопасности. Приведение параметров прочности контролируется общим множителем ΣMsf .

Грунтовый массив моделируется 15-ти узловыми элементами. Граничные условия в нижней части модели представлены в виде сплошного защемления, а вертикальные стенки – в виде шарнирных опор. Решение плоской задачи выполняется для участка 1 п.м. В геометрической модели свая моделируется как плита, которая характеризуется параметрами: нормальной жесткостью EA и жесткостью при изгибе EI . На основании соотношения между EI и EA автоматически рассчитывается эквивалентная толщина плиты:

$$d_{eq} = \sqrt{12 \frac{EI}{EA}} \quad (3)$$

Вокруг плиты используется интерфейс для моделирования взаимодействия между грунтом и сооружением. Анкер задается как упругий элемент.

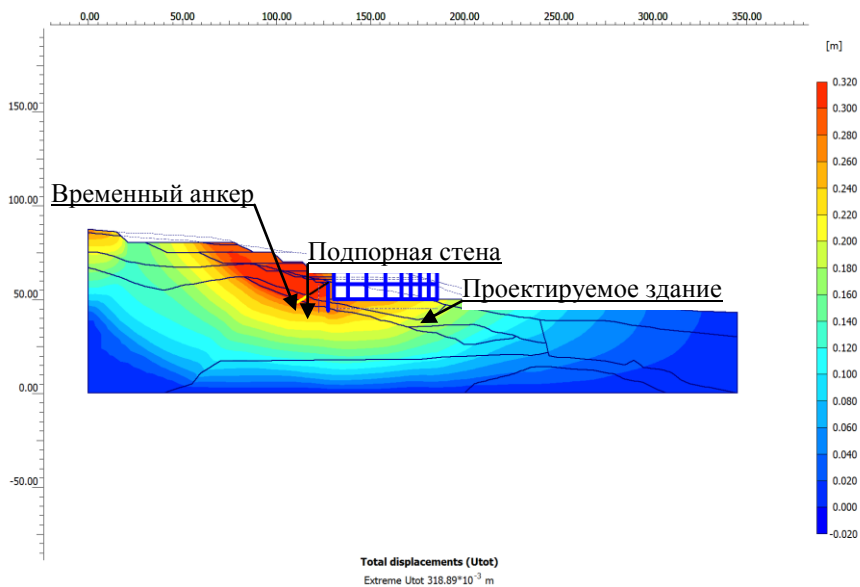


Рис. 3. Результаты расчета для этапа завершения строительства комплекса (изополя общих перемещений)

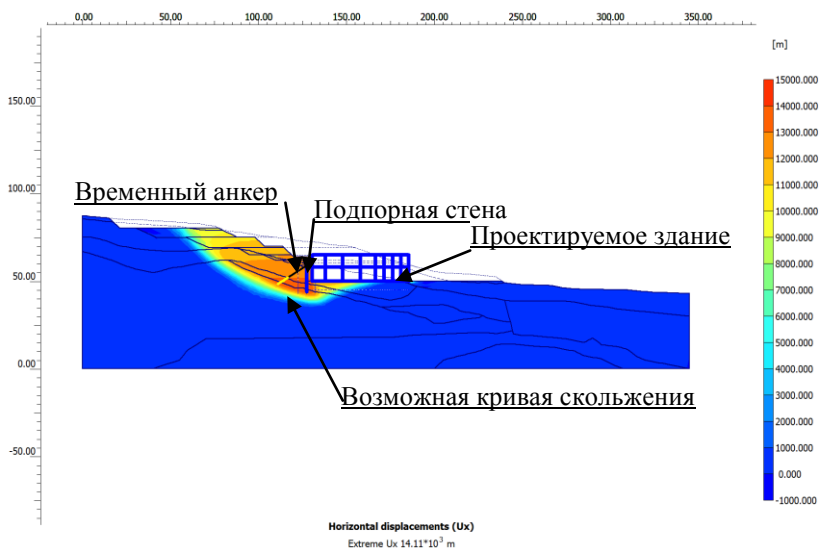


Рис. 4. Результаты расчета для этапа завершения строительства комплекса (положение возможных кривых скольжения)

В этом расчете усилие предварительного напряжения задается на определенном этапе. Сила предварительного напряжения не рассматривается как свойство материала.

Взаимодействие между конструкцией и грунтом моделируется с помощью интерфейсов, которые позволяют моделировать поверхностное трение конструкции по грунту.

Расчет устойчивости выполнен для основного и аварийного сочетания нагрузок с учетом стадийности выполнения строительных работ. Это позволило оценить устойчивость склона на разных этапах выполнения мероприятий по обеспечению его устойчивости. На рисунках 3 и 4 приведены результаты расчета, выполненные для этапа завершения строительства.

Основные результаты, полученные в расчетах с учетом изменения напряженно-деформированного состояния грунтов основания, следующие:

1. Минимальный коэффициент устойчивости при водонасыщении грунтов составил $1,25 < [K_{sn}] = 1,30$ [3] – устойчивость склона не обеспечена.

2. После возведения здания минимальный коэффициент запаса устойчивости при сейсмических воздействиях и водонасыщении грунтов составляет 1,23. После строительства комплекса устойчивость склона не обеспечена - ($K_{st} = 1,23 < [K_{st}] = 1,25$ [3]).

По результатам работ были сделаны общие выводы и рекомендации:

1. В естественном состоянии устойчивость склона не обеспечена.

2. При освоении склона на рассматриваемой территории ее устойчивость будет обеспечена только при условии выполнения удерживающих сооружений и системы мероприятий по сбору и отводу поверхностных и подземных вод, исключаящие замачивание склона. Эти мероприятия должны выполняться не только на участке застройки, но и на прилегающей к нему территории.

3. Для безопасного строительства и эксплуатации СКК «Мрия» следует выполнить комплексную инженерную защиту застраиваемой и прилегающей территории от возможных воздействий опасных геологических процессов с учетом воздействия сеймики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Общие принципы обеспечения надежности зданий, сооружений, строительных конструкций и оснований: ДБН В.1.2-14:2009.–[Чинні від 2009-12-01].–К.:Мінрегіонбуд України, 2009.–43с. - (Будівельні норми України).
2. Защита от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования: ДБН В.1.1-24:2009. – [Чинні від 2010-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 69 с. - (Будівельні норми України).

3. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Основные положения: ДБН В.1.1-3-97–[Чинні від 1997-01-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1998.–41с. - (Будівельні норми України).
4. Инженерная защита территорий и сооружений от подтопления и затопления: ДБН В.1.1-25-2009 – [Чинні від 2011-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 30 с. - (Будівельні норми України).
5. Строительство в сейсмичных районах Украины: ДБН В.1.1-12:2014 – [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 110 с. - (Будівельні норми України).
6. Инженерные изыскания для строительства: ДБН А.2.1-1-2008 – [Чинні від 2008-02-05]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 74 с. - (Будівельні норми України).
7. Инженерно-геологические изыскания для разработки проекта по инженерной подготовке площадки объекта строительства «Санаторно-курортный комплекс «Мрия»». – Ялта: ЦНТУ «Инжзащита», 2012.
8. Рекомендации по комплексным мерам защиты зданий и сооружений на оползнеопасных склонах. /НИИСК Госстроя СССР.- Киев: НИИСК, 1989.

REFERENCES

1. General principles of reliability of buildings, structures, building structures and grounds: DBN V.1.2-14-2009 – [Acting on 2009-12-01].–К.: Minregionbud of Ukraine, 2009. – 43 p. - (Building norms of Ukraine).
2. Protection from dangerous geological processes. The main provisions of the design: DBN V.1.1-24:2009 – [Acting on 2010-07-01]. – К.: Minregionbud of Ukraine, 2010. – 69 p. - (Building norms of Ukraine).
3. Engineering protection of territories, buildings and sooruzhe¬ny by landslides. Basic provisions: DBN V.1.1-3-97 – [Acting on 1997-01-01]. – К.: Dergkommistobuduvannya of Ukraine, 1998.–41 p. - (Building norms of Ukraine).
4. Engineering protection of territories and sooruzhe¬ny against floodwater: DBN V. 1.1-25-2009 – [Acting on 2011-01-01]. – К.: Minregionbud of Ukraine, 2010. – 30 p. - (Building norms of Ukraine).
5. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V. 1.1-12:2014 – [Acting on 2014-10-01]. – К.: Minregion of Ukraine, 2014. – 110 p. - (Building norms of Ukraine).
6. Engineering surveys for construction: DBN A.2.1-1-2008. – [Acting on 2008-02-05]. – К.: Minregionbud of Ukraine, 2008. – 74 p. - (Building norms of Ukraine).
7. Geotechnical surveys for the development of the project on an engineering site preparation construction "Sanatorno-resort complex" Mriya ". – Yalta: CNTU «Ingzachita», 2012.
8. Recommendations on complex measures to protect buildings and structures on landslide-prone slopes. /NDIBK Gosstroya USSR.- K: NDIBK, 1989.

Статья поступила в редакцию 27.08.2015 г.