

УДК 69.032.22

А.М. Шостачук, к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ПРО ОСОБЛИВОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ВИПАДКУ КОМПЛЕКСНОГО БУДІВНИЦТВА ВИСОТНОЇ СПОРУДИ І АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Досліджено зміст і використання інженерно-геологічних досліджень при зведенні та експлуатації висотної споруди і автомобільної дороги. Визначено небезпеки, обумовлені специфікою земляних робіт та близькістю розташування цих об'єктів.

Постановка проблеми. Однією з особливостей сучасного містобудування є зведення багатоповерхових будівель, призначених як для обладнання в них офісів та торговельних центрів, так і для проживання в них людей. Зведення висотних споруд, крім суттєвих переваг, визначається появою деяких небезпек [1–3], пов'язаних зі специфікою висотного будівництва. Це і проблема стійкості самої висотної споруди, і безпека навколишніх будинків, питання пожежної безпеки мешканців висотних будинків, і вплив вітрового навантаження [4–6] та інші. Крім того, для нормального функціонування висотних споруд необхідно поблизу них забезпечити створення відповідної інфраструктури, і автомобільних шляхів в тому числі.

Висотна споруда і автомобільна дорога будуть здійснювати різний за величиною і періодичністю тиск на ґрунт. Очевидно, що тиски фундаменту на ґрунт (або на шар твердих порід у випадку пальового фундаменту) будуть значно вищими за тиск, обумовлений автотранспортом. Тому слід очікувати, що позитивний висновок по ґрунту стосовно висотного будівництва буде означати придатність ґрунту до будівництва автомобільних доріг. Але в реальних умовах таке спостерігається далеко не завжди, оскільки експлуатація автомобільних доріг характеризується деякими особливостями впливу на ґрунт, які відрізняються від впливу на ґрунт фундаменту висотної споруди. Це в першу чергу – більш повільне ущільнення незв'язних ґрунтів, розповсюдження при русі автотранспорту хвиль в дорожньому полотні та ґрунті як пружних середовищах, більш суттєві сезонні й добові коливання температури дорожнього полотна і прилеглого ґрунту, наявність вузлових дорожніх комплексів. Таким чином, і зміст отримуваних при геодезичних та інженерно-геологічних дослідженнях [7, 8] даних про стан і характеристики ґрунту буде відрізнятися від даних аналогічних досліджень, які використовуються при проектуванні висотної споруди. Іншою особливістю інженерно-геологічних досліджень є необхідність врахування в майбутньому спільного зведення і експлуатації даних об'єктів. Тобто завдання, які стоять при проведенні інженерно-геологічних досліджень, в даному випадку значно розширюються. Натомість внаслідок того, що висотне будівництво отримало інтенсивний розвиток, тільки протягом останніх років кількість таких досліджень на сьогодні є недостатньою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для забезпечення будівельного проектування вихідними даними про природні умови ділянки виробництва, а також для прогнозування змін навколишнього природного середовища проводять комплекс робіт, складовою частиною яких є інженерно-геологічні дослідження. У ході таких досліджень вивчають ґрунти, підземні води, фізико-геологічні процеси та явища. Характерними особливостями цих інженерно-геологічних досліджень є те, що на порівняно невеликій за площею території з як правило однорідними рельєфом і фізико-механічними властивостями ґрунту планується побудувати висотну споруду і автомобільну дорогу – об'єкти, які суттєво відрізняються за своїм функціональним призначенням, тиском на ґрунт, впливом на навколишнє середовище при їх будівництві та експлуатації. Це означає, що і вимоги до ґрунтів при будівництві висотної споруди та автомобільної дороги будуть різними. Маються на увазі, в першу чергу, такі показники ґрунту, як гігроскопічність та природна вологість, густина, границі текучості та розкочування, гранулометричний склад, стискуваність, міцність при одновісному стисненні, опір зрізу тощо.

Розглянемо зміст інженерно-геологічних досліджень при зведенні будівлі. Вони складаються з таких етапів [7]:

1. Збирання, систематизація і аналіз геологічних, гідрологічних та інших даних, включаючи дані про досвід місцевого будівництва в даному районі.
2. Інженерно-геологічне рекогносцирування (здійснюється відбір зразків для подальших лабораторних досліджень класифікаційних показників властивостей ґрунтів).
3. З'ясування загальних відомостей про гідрогеологію району і про найбільш високий рівень ґрунтових вод.
4. Обробка матеріалів і складання звіту. Наведені чотири етапи складають першу стадію інженерно-геологічних досліджень. Під час досліджень другої стадії на обраному майданчику отримують дані для складання генерального плану будівлі. В склад робіт другої стадії входять:

- інженерно-геологічна зйомка;
- бурові, гірничо-прохідницькі та геофізичні роботи (проводяться з метою встановлення складу і потужності порід, особливостей їх залягання, визначення глибини залягання ґрунтових вод, відбору зразків породи і води для лабораторних досліджень, проведення польових дослідних інженерно-геологічних робіт і гідрогеологічних досліджень);
- польові дослідні інженерно-геологічні роботи;
- гідрогеологічні дослідження;
- лабораторні дослідження;
- складання звіту.

Крім того, окремі роботи передбачаються при плануванні будівництва в районах з особливими гідрогеологічними і кліматичними умовами: сейсмічних районах, болотах, заторфованих територіях, районах розвитку зсувів, районах розвитку багаторічномерзлих порід, районах розповсюдження штучних утворень (насипних і намивних порід). У випадку зведення висотної споруди є важливими відомості про розу вітрів в даній місцевості, наявність та розташування інших будівель, глибина залягання твердих порід тощо.

Перед будівництвом автомобільної дороги на стадії розробки технічного проекту виконують основні об'єкти інженерно-геологічних робіт всіх видів. За обраним варіантом траси здійснюються інженерно-геологічні зйомки масштабу 1:5000–1:10000. Випробовування міцності й деформованості ґрунтів проводять за загальноприйнятою методикою. На стадії робочого проектування дані роботи виконуються на ділянках перетрасування, зміщення положення на місцевості окремих споруд, що проектуються.

Основними документами дорожніх інженерно-геологічних досліджень є віддешифровані фотоматеріали, карти різних масштабів, поперечні й повздовжні інженерно-геологічні профілі, паспорти родовищ будівельних матеріалів і ґрунтів для зведення земельних споруд. Крім того, отримують узагальнені значення характеристик міцності, деформованості й водопроникності, реологічних і теплофізичних властивостей ґрунтів тощо.

Чи не найбільш суттєвими є проблеми, пов'язані з підвалинами фундаментів, оскільки під висотними спорудами напруження в ґрунті сягають значних величин (до 0,8 МПа). Це вимагає закладення фундаментів у глибоких котлованах. Щоб забезпечити стійкість висотної споруди протягом тривалого часу, необхідно мати картину дійсних напружень у ґрунті. Складність отримання такої картини обумовлена великою кількістю факторів, які впливають на напруження в ґрунті. Це і вага самої будівлі, і тип фундаменту, характер ґрунту, його фізичні й механічні характеристики, вологомісткість, наявність або можливість появи в майбутньому інших наземних або підземних споруд, потужність та частота підземних поштовхів, вітрове навантаження, реологічні властивості ґрунту, особливості рельєфу місцевості тощо.

Неврахування найважливіших з них може призвести до значних змін будівлі (просідання, крени або навіть руйнування), наслідком яких можуть бути значні економічні втрати або людські жертви. Крім того, без урахування наявності й розміщення сусідніх будівель зведення висотної споруди може призвести до їх пошкодження і, навіть, руйнування.

При зведенні висотних споруд виникають як архітектурні питання (розташування поруч 5–14-ти поверхових будівель, пам'яток архітектури), так і проблеми екології (затемнення територій, зміна аеродинамічного режиму території). Крім того, як було сказано вище, для висотних будівель зростає роль вітрового навантаження та вплив просадочності ґрунтів на переміщення фундаменту. Але чи не найважливішим є те, що вплив вітрового навантаження, як і інших вказаних факторів, проявляється в переміщенні фундаменту будівлі, тобто впливає на її стійкість. Особливо це стосується висотних споруд, які здійснюють набагато більший тиск на ґрунт, ніж п'яти-, десяти- і навіть чотирнадцятиповерхові будинки.

Розглянемо основні відомі моделі напруженого стану ґрунту поблизу фундаменту будівлі. Найпростішим представленням впливу фундаменту будівлі на ґрунт є дія вертикальної зосередженої сили, прикладеної до поверхні лінійно-деформівного напівпростору. Розв'язок цієї задачі як у курсах теорії пружності, так і в монографіях з механіки ґрунтів має такий вигляд [9–11]:

$$\sigma_R = f(N, R, \beta), \quad (1)$$

де N – вертикальна сила, прикладена до напівпростору;

R – відстань від точки, в якій прикладена вертикальна сила до точки, в якій вимірюються напруження;

β – кут між вертикаллю і прямою, яка проходить через точку, в якій прикладена вертикальна сила і точку, в якій вимірюються напруження (рис. 1).

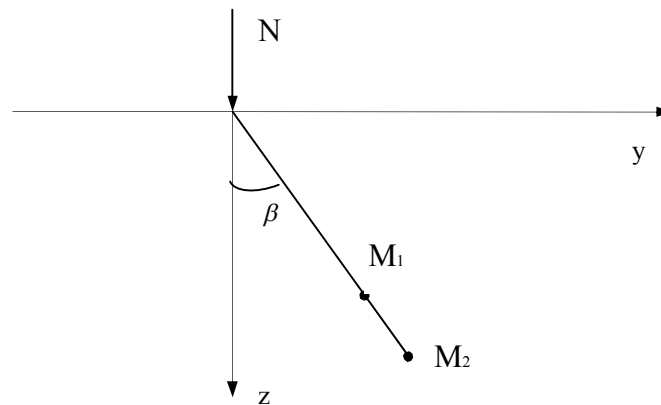


Рис. 1. Дія зосередженої сили на поверхню лінійно-деформівного напівпростору [9]

Для глибоких фундаментів, очевидно, більш точною є схема навантаження, коли зосереджена сила діє у внутрішній області напівпростору. Тут напруження, які діють вздовж вертикальної осі, визначаються [9]:

$$\sigma_{zd} = f(k_d, N, d), \quad (2)$$

де k_d – коефіцієнт, який визначається співвідношенням z/d і r/d ;

z – глибина від поверхні землі до розглядуваної точки;

r – відстань від розглядуваної точки до осі z .

При виникненні динамічних навантажень необхідно проводити відповідні динамічні розрахунки висотних споруд [12].

При довготривалому впливі навантажень необхідно розглядати явище повзучості як ґрунтів, так і бетону [13–15]. Досить ґрунтовно, з наведенням експериментальних даних, питання повзучості ґрунту та його реологічні моделі висвітлено в роботі [13]. Але підвищена небезпека висотних споруд, з одного боку, і можливість застосування ЕОМ – з іншого вимагає застосування чисельних методів для розв’язання задач теорії повзучості з необхідною точністю.

Виділення невирішених раніше частин проблеми. В зв’язку з тим, що висотне будівництво отримало бурхливий розвиток в Україні тільки в останні роки, на сьогодні існує багато невирішених проблем, пов’язаних зі специфікою висотного будівництва. В першу чергу це – розрахунок з використанням теорій пружності й пластичності глибоких котлованів під фундаменти висотних споруд та моделювання поведінки фундаменту висотної споруди під час експлуатації. Складність і важливість цих проблем пов’язані з підвищеними тисками на ґрунт, суттєвим впливом на висотну споруду вітрового навантаження, підвищеними вимогами до стійкості висотної споруди. Фундамент висотної будівлі може здійснювати суттєвий вплив на будівлі та автомобільні дороги, розташовані поруч і навіть може викликати їх руйнування. Оскільки зведенню і висотної споруди, і автомобільної дороги передують обов’язкові інженерно-геологічні роботи достатньо великих обсягів, то очевидно, що актуальною є завдання проведення спільних інженерно-геологічних досліджень з метою отримання якомога ширшої несуперечливої інформації та визначення оптимального режиму виробництва будівельних робіт зі зведення обох об’єктів.

Метою даної статті є встановлення взаємозв’язку між об’ємом, порядком і змістом інженерно-геологічних досліджень, які необхідно проводити перед будівництвом комплексу «висотна споруда–автомобільна дорога» та процесами деформації в ґрунті, які можуть впливати на експлуатаційні показники об’єктів даного комплексу.

Основний матеріал дослідження. Інженерно-геологічні дослідження перед зведенням висотної споруди і будівництвом автомобільної дороги мають певний обсяг спільних робіт за ustalеними методиками з визначення механічних, реологічних і теплофізичних характеристик ґрунтів. Це дозволяє, не повторюючи дослідження двічі, зменшити часові й фінансові витрати. В той же час існують певні обсяги робіт, притаманні тому чи іншому виду досліджень. Далі особливу увагу слід приділити прогнозуванню небезпечних явищ, які можуть бути викликані перерозподілом напружень в ґрунті внаслідок проведення земляних робіт. До таких змін можуть призвести вириття котловану під фундамент висотної будівлі, зведення насипу для автомобільної дороги, водовідведення з поверхневих шарів ґрунтів, забивання палів під фундамент, робота будівельних машин. Ці роботи можуть мати негативні наслідки при близькому розташуванні висотної споруди і автомобільної дороги. Крім того, при

опрацюванні результатів інженерно-геологічних досліджень необхідно брати до уваги одночасність або черговість зведення цих об'єктів, яка великою мірою буде визначати особливості їх будівництва. Розглянемо, наприклад, випадок, коли в першу чергу здійснюється будівництво автомобільної дороги. Будівництво висотної споруди почнеться з вириття котловану під фундамент. Для висотної будівлі необхідно мати котлован збільшеної глибини (більше 6 метрів). Виритий котлован буде спричиняти явище повзучості ґрунту, наслідком якого будуть деформації дорожнього полотна. Ці деформації будуть обумовлюватись силами ваги ґрунту, силами внутрішнього зчеплення ґрунту, геометричними розмірами та формою котловану тощо. Крім того, якщо побудована автомобільна дорога буде відкрита для експлуатації, деформації повзучості стінки котловану будуть посилюватись внаслідок динамічних навантажень, що виникають при проїзді автомобілів. Другий важливий фактор, який буде посилювати деформації повзучості – це процес забивання палів.

На рис. 2 зображено процес деформації дорожнього полотна, викликаний зведенням неподалік нього висотної споруди. Внаслідок явища повзучості ґрунт 2 котловану буде зміщуватись, заповнюючи простір 1.

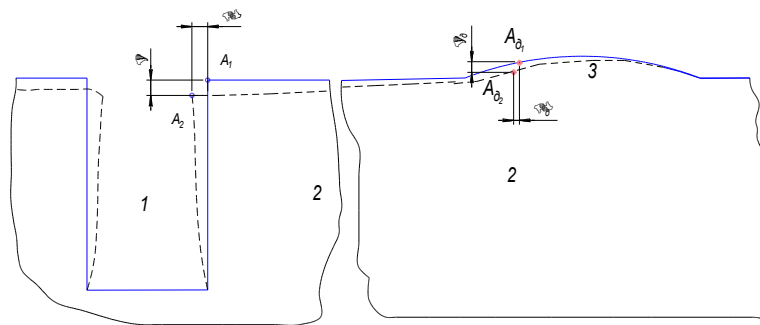


Рис. 2. Деформації ґрунту при комплексному зведенні висотної споруди і автомобільної дороги: 1 – котлован під фундамент висотної споруди; 2 – прилеглий до висотної споруди і автомобільної дороги ґрунт, що деформується; 3 – автомобільна дорога

Переміщення кутової точки котловану A у двох взаємно-перпендикулярних напрямках, які позначено на рис. 2 через Δx і Δy , будуть визначати відповідні переміщення точки A_0 дорожнього полотна Δx_0 і Δy_0 . Таким чином, при першочерговому будівництві дорожнього полотна його геометрія буде змінюватись внаслідок повзучості ґрунту котловану.

Деформація дорожнього полотна може спостерігатись і внаслідок значного тиску висотної споруди на плитний фундамент. В цьому випадку точка A_0 дорожнього полотна буде переміщуватись вгору і вправо від початкового положення. Наступною групою факторів, які можуть викликати деформації як фундаменту висотної споруди, так і дорожнього полотна, є небезпечні природні та техногенні процеси. До них відносять повені, зсуви, карсти, землетруси, суфозію, просадку лесових порід. Одним з найбільш небезпечних і розповсюджених явищ в умовах міської забудови є техногенне підтоплення, яке обумовлене витіканням води зі зношених трубопроводів. За деякими підрахунками відсоток втрат у трубопроводах може сягати 30 відсотків. У цих умовах підвищується вологовміст ґрунту, і значно знижується його несуча здатність. Таким чином, при комплексному будівництві висотної споруди і автомобільної дороги можна виокремити такі функції інженерно-геологічних досліджень (рис. 3): інформаційна (дані про рельєф, фізичні, механічні та реологічні властивості ґрунту); будівельна (оцінка аналізу можливості спорудження на обмеженій земельній ділянці висотної споруди і автомобільної дороги) та експлуатаційна (моделювання процесу безпечної експлуатації цих об'єктів). В свою чергу, дані блоку інженерно-геологічних досліджень містять інформацію для побудови технологічних процесів та моделювання експлуатації висотної споруди і автомобільної дороги (показано штриховими лініями).

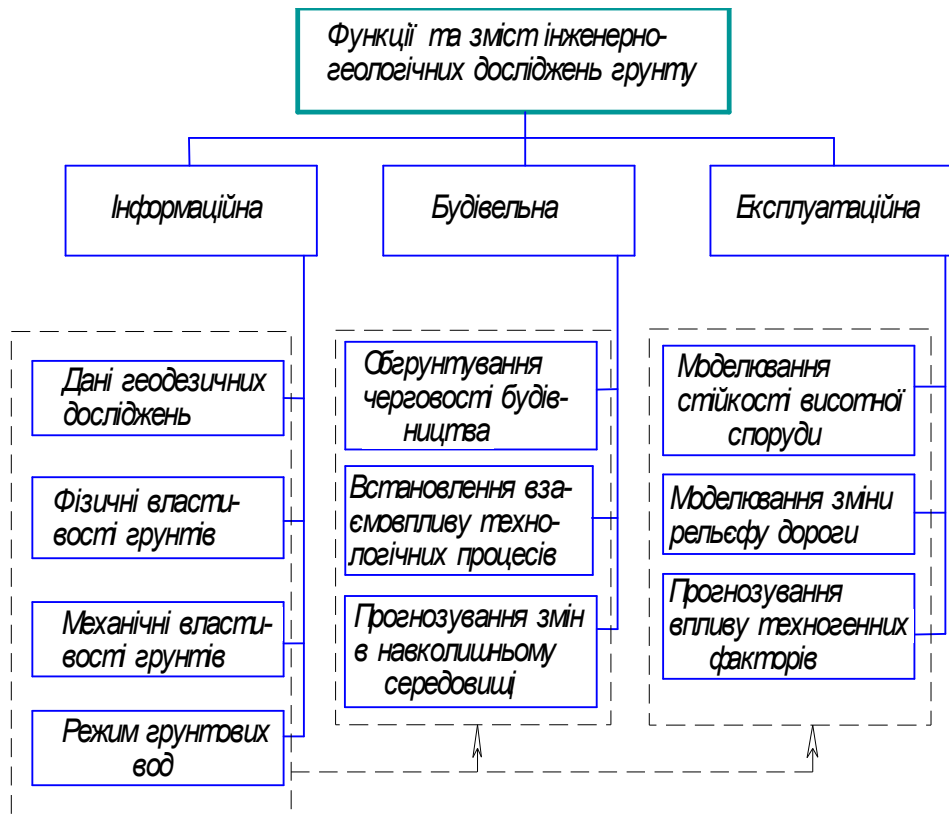


Рис. 3. Функції та зміст інженерно-геологічних досліджень перед початком комплексного будівництва висотної споруди і автомобільної дороги та в процесі їх подальшої експлуатації

Як видно, використання інженерно-геологічних досліджень, які проводяться перед початком будівництва, повинно не тільки дозволяти відповісти на запитання щодо можливості зведення визначеного об'єкта, а і давати підстави для розгляду можливості будівництва двох чи більше об'єктів майже одночасно на обмеженій земельній ділянці. Крім того, отримані дані інженерно-геологічних досліджень повинні включати відомості, які дозволять спрогнозувати процес подальшої експлуатації цих об'єктів, що є особливо актуальним для висотних споруд, які є об'єктами підвищеної небезпеки.

Висновки:

1. При проведенні інженерно-геологічних досліджень перед комплексним зведенням висотної споруди і автомобільної дороги доцільно проводити весь комплекс вказаних робіт з виділенням спільного обсягу робіт.
2. При аналізі отриманих даних інженерно-геологічних досліджень необхідно враховувати черговість будівництва даних об'єктів та процеси, які відбуваються в ґрунтах при проведенні земляних робіт.
3. Необхідною є розробка моделей сумісної експлуатації висотної споруди і автомобільної дороги. Дані моделі дозволять забезпечити дотримання вимог до якості дорожнього полотна та не допустити в ґрунті процеси, які можуть негативно вплинути на стійкість висотної споруди.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шостачук А.М. Виникнення екологічних небезпек при зведенні висотних споруд в умовах міської забудови // Тези VI Міжнародної науково-практичної конференції «Практична космонавтика і високі технології», присвяченої 100-річчю з дня народження академіка С.П. Корольова. – Житомир, 9–11 січня. – 2007. – С. 92–93.
2. Шостачук А.М. Про необхідність створення моделей напруженого стану ґрунту поблизу висотної будівлі // Вісник ЖДТУ/ Технічні науки. – 2007. – № II (41). – С. 189–194.
3. Шостачук А.М., Вікарчук Л.О. Деформації ґрунту під фундаментом висотної будівлі // Тези XXXII науково-практичної міжвузівської конференції, присвяченої Дню університету. – Житомир. – 14–16 березня. – Житомир: ЖДТУ, 2007. – С. 20.
4. Беспрозванная И.М., Соколов А.Г., Фомин Г.М. Воздействие ветра на высокие сплошнестенчатые сооружения. – М.: Стройиздат, 1996. – 185 с.

5. Зінич П.Л., Жуковський С.С., Черноус О.В. Аеродинамічні дослідження впливу низького будинку на високий // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. — 2003. — № 5. — С. 3–6.
6. Копилов О.Є. Аеродинамічна інтерференція систем висотних будівель і споруд циліндричної форми: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.23.01. — Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Л., 2005. — 21 с.
7. Справочник по инженерной геологии. — М.: Недра, 1973. — 408 с.
8. Кузьмін В.І., Білятинський О.А. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві: Навч. посіб. — К.: Вища шк., 2006. — 278 с.
9. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. — Л.: Стройиздат, 1988. — 415 с.
10. Подгорный А.Н., Марченко Г.А., Пустынников В.И. Основы и методы прикладной теории упругости: Учеб. Пособие для вузов. — К.: Выща школа, 1981. — 328 с.
11. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. — М.: Высшая школа, 1961. — 537 с.
12. Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций / Ю.К. Амбриашвили, А.И. Ананьин, А.Г. Барченков и др. / Под ред. Б.Г. Коренева, А.Ф. Смирнова. — М.: Стройиздат, 1986. — 461 с.
13. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов: Учеб. Пособие для строительных вузов. — М.: Высш. школа, 1978. — 447 с.
14. Богданов Ю.Ф. Фундаменты от А до Я. Строительство и ремонт фундаментов. Планировка. Технология. Метериалы. — М.: Лада, 2007. — 224 с.
15. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. — М.: Издательство литературы по строительству, 1971. — 208 с.

ШОСТАЧУК Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- стійкість висотних споруд;
- механіка деформівного твердого тіла;
- інженерна геологія;
- екологія міста.

Подано 07.07.2008

Шостачук А.Н. Об особенностях инженерно-геологических исследований в случае комплексного строительства высотных сооружений и автомобильной дороги

Шостачук А.М. Про особливості інженерно-геологічних досліджень у випадку комплексного будівництва висотної споруди і автомобільної дороги

Shostachuk A.H. About features of engineering - geological researches in case of complex construction of high-altitude constructions and a highway

УДК 69.032.22

Об особенностях инженерно-геологических исследований в случае комплексного строительства высотных сооружений и автомобильной дороги / А.Н. Шостачук

Исследовано содержание инженерно-геологических исследований при возведении высотного сооружения и автомобильной дороги. Определены опасности, обусловленные спецификой земляных работ и близостью расположения этих объектов.

УДК 69.032.22

About features of engineering - geological researches in case of complex construction of high-altitude constructions and a highway / A.H. Shostachuk

The maintenance{contents} of engineering - geological researches is investigated at erection of a high-altitude construction and a highway. The dangers caused by specificity of excavations and affinity of an arrangement of these objects are determined.