

ТЕХНИКА НА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СТРОИТЕЛНИ ИЗКОПИ

Гл.ас.инж. Мариана Александрова Цекова

Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“ – филиал Смолян

Резюме: Настоящото изследване разглежда основните рискове при изпълнение на строителни изкопи и необходимостта от прилагане на ефективни технически и организационни мерки за безопасност. Анализирани са инженерните и нормативните изисквания, свързани с устойчивостта на откосите, влиянието на подземните води и външните натоварвания върху земния масив. Разгледани са основните фактори, водещи до загуба на устойчивост и възникване на аварийни ситуации. Представена е инженерна схема на укрепен строителен изкоп и е анализиран реален аварийен случай, възникнал вследствие на недостатъчно укрепване и неспазване на мерките за безопасност. На базата на извършения анализ са формулирани основните технически и организационни мерки за ограничаване на риска и повишаване на безопасността при изкопни работи.

Ключови думи: строителни изкопи, техника на безопасност, устойчивост на откоси, укрепване на изкопи, оценка на риска, аварийни ситуации

SAFETY ENGINEERING IN THE EXECUTION OF CONSTRUCTION EXCAVATIONS

Chief Asst. Eng. Mariana Aleksandrova Tsekova

Varna Free University "Chernorizets Hrabar" - Smolyan Branch

Abstract: The present study examines the main risks associated with the execution of construction excavations and the necessity of applying effective technical and organizational safety measures. The engineering and regulatory requirements related to slope stability, the influence of groundwater, and external loads acting on the soil mass are analyzed. The main factors leading to loss of stability and the occurrence of аварийни situations are identified. An engineering scheme of a supported excavation is presented, together with the analysis of a real accident caused by insufficient shoring and failure to comply with safety requirements. Based on the performed analysis, the main technical and organizational measures for risk reduction and improvement of safety during excavation works are formulated.

Keywords: construction excavations, safety engineering, slope stability, excavation support, risk assessment, accident prevention

1. УВОД

Изкопните работи представляват едни от най-рисковите дейности в строителството поради прякото взаимодействие между строителната система и земната основа. При изпълнение на строителни изкопи съществува реална опасност от срутуване на откоси, локални деформации на почвения масив, подкопаване на съседни конструкции и възникване на аварийни ситуации, които могат да застрашат живота и здравето на работещите. Практиката показва, че значителна част от тежките инциденти в строителството са свързани именно с недостатъчни укрепителни мероприятия, неправилна оценка на геотехническите условия или неспазване на изискванията за безопасност [1], [2], [4], [8].

Особено съществено влияние върху устойчивостта на строителните изкопи оказват физико-механичните характеристики на почвите, нивото на подземните води и динамичните въздействия в зоната на строителството. Изследванията показват, че промяната на влагосъдържанието и външните натоварвания могат съществено да намалят устойчивостта на земния масив и да увеличат вероятността от локални свличания и срутувания [11], [12]. В редица изследвания, свързани с техниката на безопасност при експлоатация на технологични системи, строителни процеси и съвременните изисквания при проектирането на сгради, се подчертава значението на комплексния подход при идентифициране на рисковете и прилагането на превантивни мерки [5], [6], [7], [9], [10], [13].

Целта на настоящото изследване е да се анализират основните рискови фактори при изкопни работи, да се разгледат инженерните решения за укрепване на строителни изкопи и да се оцени ефективността на мерките за безопасност чрез реален практически пример.

2. ИНЖЕНЕРНИ И НОРМАТИВНИ ИЗИСКВАНИЯ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СТРОИТЕЛНИ ИЗКОПИ

Изпълнението на строителни изкопи изисква спазването на строги инженерни и нормативни изисквания, насочени към осигуряване на устойчивостта на земния масив и безопасността на работещите. Съгласно международните нормативни документи при проектиране и изпълнение на изкопни работи следва задължително да се отчита

дълбочината на изкопа, видът на почвата, нивото на подземните води, наличието на допълнителни натоварвания в близост до откоса и възможните динамични въздействия [1], [2], [3], [4]. Особено значение има изборът между естествен откос и изкуствено укрепване, като решението зависи от геотехническите характеристики на средата и условията на строителната площадка.

Съвременната инженерна практика показва, че правилната организация на безопасността при строителни изкопи изисква комплексен подход, включващ предварителен анализ на риска, непрекъснат технически контрол и своевременно прилагане на укрепителни мероприятия [5], [6], [7], [8], [9], [10]. От особено значение е отчитането на влиянието на влагосъдържанието, подземните води и възможните деформации в земната основа, които могат да доведат до намаляване на устойчивостта на откосите и развитие на локални свличания [11], [12]. Това определя необходимостта от постоянен мониторинг и адаптиране на мерките за безопасност спрямо реалните условия на обекта.

3. ОСНОВНИ РИСКОВИ ФАКТОРИ ПРИ ИЗКОПНИ РАБОТИ

Изкопните работи са свързани с множество рискови фактори, които могат да доведат до аварийни ситуации и сериозни трудови злополуки. Един от основните рискове е загубата на устойчивост на откосите, която най-често се проявява под формата на локални свличания или внезапни срутвания. Причините за това могат да бъдат свързани с недостатъчна якост на почвата, неправилно определен ъгъл на откоса, наличие на вибрационни въздействия или повишено водно съдържание в земния масив.

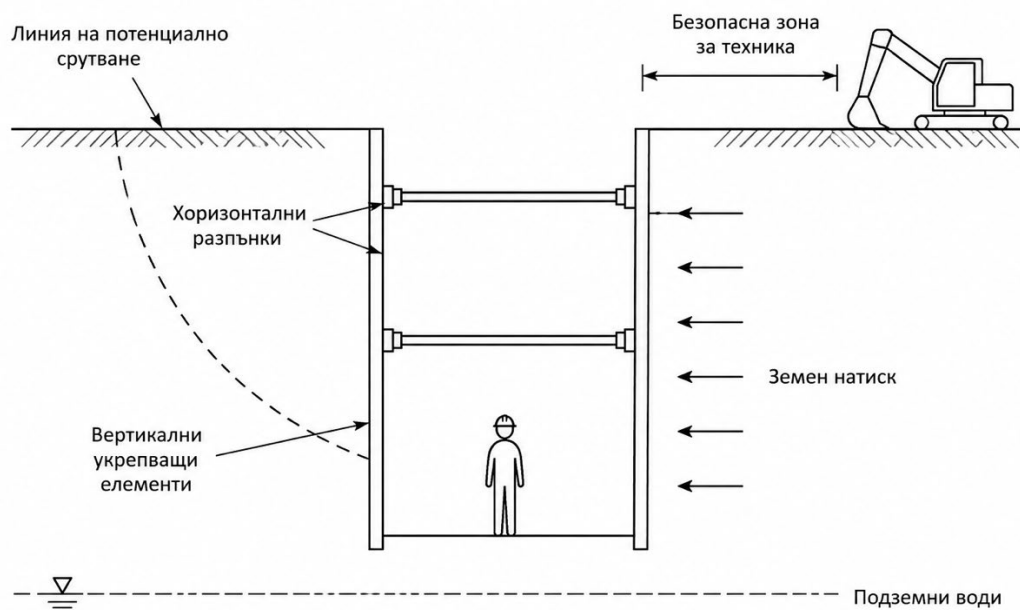
Съществен риск представлява и наличието на подземни води, които могат да доведат до омекване на почвата, намаляване на сцеплението между отделните слоеве и повишаване на хидростатичното налягане. Това създава предпоставки за загуба на устойчивост, особено при по-дълбоки изкопи или при продължително въздействие на валежни води. В подобни условия често се наблюдават локални подкопавания на дъното и развитие на деформации в страничните откоси.

Допълнителна опасност възниква при наличие на външни натоварвания в близост до изкопа – строителна техника, складирани материали или съседни сгради. Тези натоварвания увеличават напреженията в земния масив и могат значително да

ускорят процеса на разрушаване. При липса на своевременно укрепване или постоянен технически контрол вероятността от внезапен отказ на изкопната система нараства значително, което налага стриктно спазване на инженерните и организационните мерки за безопасност.

4. ИНЖЕНЕРНА СХЕМА НА УКРЕПЕН СТРОИТЕЛЕН ИЗКОП

Един от най-ефективните методи за ограничаване на риска при изкопни работи е използването на укрепителни системи, които осигуряват устойчивост на откосите и предотвратяват внезапно срутване на земния масив. Изборът на укрепителна система зависи от дълбочината на изкопа, физико-механичните характеристики на почвата, нивото на подземните води и наличието на външни натоварвания в непосредствена близост до строителната зона.



Фиг.1 Примерна инженерна схема на укрепен строителен изкоп с вертикални укрепващи елементи и хоризонтални разпънки

На фиг. 1 е представена примерна инженерна схема на укрепен строителен изкоп с вертикални укрепващи елементи и хоризонтални разпънки. Основната функция на тази система е да поеме хоризонталния земен натиск и да ограничи деформациите на откосите. Чрез правилното разполагане на укрепителните елементи се намалява

вероятността от локални свличания, осигурява се безопасна работна зона и се повишава общата надеждност на строителния процес.

Особено важно при изпълнението на подобни системи е осигуряването на безопасно разстояние между тежката строителна техника и ръба на изкопа, както и постоянният контрол върху състоянието на укрепителните елементи. При наличие на подземни води следва да се предвидят дренажни **дренажни и водоотвеждащи мероприятия**, които да предотвратят намаляването на устойчивостта на земния масив и развитието на аварийни ситуации.

5. РЕАЛЕН АВАРИЕН СЛУЧАЙ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СТРОИТЕЛЕН ИЗКОП

Един от широко документираните аварийни случаи при изкопни работи е инцидентът в Бостън, САЩ (2016 г.), при който по време на изпълнение на дълбок строителен изкоп за подземна инфраструктура настъпва внезапно срутване на част от страничния откос. Изкопът е бил изпълнен в условия на повишено влагосъдържание и наличие на нестабилни почвени пластове, като в непосредствена близост до ръба са били разположени тежки строителни машини и временни складови материали.

Разследването на аварията показва, че основната причина за срутването е недостатъчното укрепване на стените на изкопа и неправилната оценка на геотехническите условия. Допълнителното натоварване от строителната техника е довело до повишаване на напреженията в земния масив, което в комбинация с високото влагосъдържание е предизвикало загуба на устойчивост и внезапно свличане на значителен обем земни маси.

В резултат на аварията строителните дейности са били незабавно прекратени, а инцидентът е довел до материални щети, компрометиране на временната инфраструктура и сериозен риск за живота на работещите. Анализът на случая показва, че прилагането на адекватна укрепителна система, осигуряването на безопасна дистанция за техниката и постоянният технически контрол върху състоянието на откосите биха могли да предотвратят възникването на подобен инцидент.



Фиг. 2. Реален аварийен случай при срутване на строителен изкоп вследствие на недостатъчно укрепване и повишено повърхностно натоварване

Този случай потвърждава, че недостатъчните мерки за безопасност при изкопни работи представляват един от основните фактори за развитие на аварийни ситуации и подчертава необходимостта от стриктно спазване на инженерните и нормативните изисквания.

6. МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ И ИНЖЕНЕРНА ОЦЕНКА НА РИСКА

Анализът на рисковете при изкопни работи показва, че основната предпоставка за възникване на аварийни ситуации е **недостатъчната предварителна инженерна оценка на геотехническите условия и неправилният избор на укрепителни системи**. На базата на разгледания аварийен случай може да се формулира хипотезата, че липсата на адекватни укрепителни мероприятия и неспазването на безопасните работни разстояния значително увеличават вероятността от загуба на устойчивост на земния масив и внезапно срутване на откосите.

Сред основните технически мерки за безопасност при изкопни работи са правилният избор на укрепителна система, осигуряването на безопасен наклон на откосите, ограничаването на повърхностните натоварвания в близост до ръба на изкопа и прилагането на дренажни и водоотвеждащи мероприятия при наличие на подземни

води. Особено важно е тежката строителна техника и складираните материали да бъдат разполагани извън зоната на възможно влияние върху устойчивостта на изкопа.

Съществено значение имат и организационните мерки, включващи предварителен анализ на риска, непрекъснат технически контрол, инструктаж на работещите и постоянен мониторинг на състоянието на укрепителните елементи и земния масив. Навременното откриване на пукнатини, локални деформации или промяна в нивото на подземните води позволява ранна намеса и предотвратяване на аварийни ситуации.

Инженерната оценка на риска показва, че комплексното прилагане на технически и организационни мерки, заимстващо принципи от общите методологии за управление на риска в природни и урбогенни екосистеми [14], значително намалява вероятността от аварии, повишава безопасността на работещите и осигурява по-висока надеждност при изпълнение на строителните изкопи.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното изследване показва, че изкопните работи представляват едни от най-рисковите строителни дейности, при които съчетаването на неблагоприятни геотехнически условия, външни натоварвания и недостатъчни укрепителни мероприятия може да доведе до тежки аварийни ситуации. Анализът на разгледания реален аварийен случай потвърждава, че липсата на адекватни мерки за безопасност е сред основните причини за загуба на устойчивост на откосите и внезапно срутване на земни маси.

Получените резултати показват, че правилната инженерна оценка на риска, изборът на подходяща укрепителна система и постоянният технически контрол са ключови фактори за ограничаване на аварийните ситуации. Особено значение имат дренажните мероприятия, осигуряването на безопасна дистанция за строителната техника и постоянният мониторинг на състоянието на изкопа.

Комплексното прилагане на технически и организационни мерки за безопасност значително намалява риска за работещите, повишава устойчивостта на строителните

изкопи и осигурява по-висока надеждност и безопасност при изпълнение на строителните дейности.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Occupational Safety and Health Administration, Excavations. OSHA Standard 1926 Subpart P, Washington, USA;
2. International Labour Organization, Safety and health in construction, Geneva, Switzerland;
3. European Committee for Standardization, EN 1997-1: Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 1: General rules, Brussels, Belgium;
4. National Institute for Occupational Safety and Health, Preventing worker deaths from trench cave-ins, Cincinnati, USA;
- 5.Тризлова Н.Д., А.Киров, Особенности на техниката на безопасност на станция "Калцинация" на Solvey - SODI - гр.Девня при производство на калцинирана сода, Научен алманах на ВСУ "Ч.Храбър", серия Архитектура и строителство, 2010,Варна, ISSN 1311-9222 (кн.4);
- 6.Киров А., Н.Д. Тризлова, Проблеми при обезпечаване безопасни условия на труд при експлоатация на системи и съдове, работещи при високо налягане и температура, Научен алманах на ВСУ "Ч.Храбър", серия Архитектура и строителство, 2010,Варна, ISSN 1311-9222 (кн.4);
- 7.Мустафа Йоздоган, Нели Тризлова, Изследване техниката на безопасност на труда в производството на пластмасови изделия чрез шприцоване, VII Международна научна конференция "Архитектура, строителство – съвременност", 2015 г., Варна, България; ISSN 2367-7252;
- 8.Ali Cinar, Neli Trizlova, Safety engineering in the construction sector, VII international scientific conference, "Architecture, civil engineering – modernity", 2015, Varna, Bulgaria, ISSN 2367-7252;
- 9.Ozdemir D., Demir M., Hocaoglu I.H., Turgut O., Panicharov G., Kirov A., Georgieva A., Trizlova N., Chakar A.,Study on asbestos dismantling and personal protective equipment usage in construction sector, , VII international scientific conference "Architecture, civil engineering – modernity", 2015, Varna, Bulgaria, ISSN 2367-7252;
- 10.Osman Turgut, Neli Trizlova, Safety at the work of rescue crews in GSM base stations, International conf. of civil engineering, IX, Варна, 2016, ISBN 978-954-92866-7-0;

- 11.Пейчев. В., Д.Димитров, А.Киров, Н.Триглова, Влияние на подземните води върху якостно – деформационните свойства на свързани строителни почви, V-та международна научна конференция Архитектура, строителство – съвременност, 2011, Варна, ISSN1314-3816;
- 12.Паничаров Г., Н.Триглова, Динамика на свлачищни процеси при динамични въздействия, 6-та международна научно – приложна конференция: „Архитектура, строителство – съвременност”, ВСУ „Ч.Храбър”, Варна, 2013, ISSN: 1314-3816.
- 13.Чакър А., Приложение на пасивната противопожарна защита при проектирането на сгради - Архитектура и строителство ArCivE, Варна: Варненски свободен унив. "Черноризец Храбър", 2021, 469-473, ISSN 2535-0781;
- 14.Наскова П., Али Чакър, Оценка и управление на риска от пожари в природни и урбогенни екосистеми - e-JOURNAL VFU, бр. 17, Варна: Варненски свободен унив. "Черноризец Храбър", 2022, 21 с., ISSN 1313-7514.