

## INFORMACJE PODSTAWOWE TECHNOLOGIA ROBÓT BUDOWLANYCH- ROBOTY ZIEMNE dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych

### 1. Podział robót ziemnych.

Roboty ziemne to roboty budowlane polegające na wydobywaniu gruntu naturalnego, jego przemieszczaniu na inne miejsce i nadawaniu mu kształtu, zgodnie z wymaganiami projektu. Roboty ziemne prowadzi się podczas realizacji:

- budowli podziemnych np. zbiorników, tuneli, schronów
- fundamentów budowli nadziemnych
- instalacji podziemnych, np. rurociągów, kabli
- podłoża pod nawierzchnie, np. dróg, linii kolejowych, lotnisk, placów
- kształtowania terenu, np. usypywania wałów, nasypów, tworzenia sztucznych wzniesień i dolin

Ponadto roboty ziemne, nie związane z budownictwem, występują np. w górnictwie odkrywkowym, podczas wznoszenia obiektów związanych z obronnością kraju, kształtowania wysypisk odpadów komunalnych, przemysłowych.

Biorąc pod uwagę kształt i rozmiary zajętego pasa terenu rozróżnia się:

- **roboty ziemne liniowe** - wykonywane na wąskim i długim pasie terenu, np. roboty ziemne związane z budową drogi, układaniem torowisk, rurociągów lub kabli pod powierzchnią terenu.
- **roboty ziemne powierzchniowe** - wykonywane w celu dostosowywania powierzchni terenu do potrzeb przyszłej zabudowy, np. pod lotnisko, place miejskie
- **wykopy budowlane** - niezbędne do wykonywania podziemnych części budynków lub innych obiektów budowlanych oraz posadowienia ich fundamentów (zależnie od wymiarów planie rozróżnia się wykopy szerokoprzestrzenne-o wszystkich bokach dłuższych niż 2 metry oraz wykopy wąskoprzestrzenne-w których jeden z boków jest dłuższy niż 2 metry

### 2. Wykopy i nasypy.

Roboty ziemne możemy podzielić na wykopy i nasypy zależnie od tego, czy wykonuje się je niżej, czy powyżej istniejącej powierzchni terenu. Zarówno wykopy, jak i nasypy mogą występować jako stałe, docelowe elementy ukształtowania terenu i jako czasowe, przeznaczone do wykonywania określonych robót budowlanych czy instalacyjnych w wykopie lub do rozprowadzania ziemi z nasypu po zakończeniu budowy.

Zarówno wykopy, jak i nasypy mają określony kształt geometryczny, umożliwiając obliczenie ilości ziemi przeznaczonej do przemieszczenia podczas robót ziemnych. Wielkościami charakterystycznymi określającymi wykop są: szerokość i długość wykopu na powierzchni, szerokość i długość dna wykopu, głębokość oraz nachylenie skarp (ścian bocznych) w stosunku do poziomu. W nasypie wyróżniamy następujące wielkości: szerokość i długość podstawy nasypu, szerokość i długość korony nasypu, wysokość i nachylenie skarp.

### 3. Grunty budowlane.

Grunty składają się ze szkieletu gruntowego i porów, przy czym pory mogą być wypełnione powietrzem, powietrzem i wodą lub wodą. Grunty mineralne rodzime, z punktu widzenia

spójności międzycząsteczkowej, można podzielić na spoiste i sypkie. Grunty spoiste charakteryzują się przyczepnością między cząstkami. Należą do nich grunty pyłowe i ilowe o cząstkach w zasadzie mniejszych od 0.05 mm. Wysychając grunty te powodują silne wzajemne przywieranie cząstek do siebie i utwardnienie. Grunty sypkie (niespoiste) są gruntami nie mającymi spójności między ziarnami zarówno w stanie suchym jak i mokrym, a w stanie małego zawilgocenia spójność występuje tylko w bardzo nieznacznym stopniu. Należą do nich grunty o wymiarach ziaren większych niż 0.05 mm, a więc piaski, żwiry, pospółka. Grunty spoiste po wyschnięciu tworzą zwarte bryły, grunty sypkie zaś rozsypują się na poszczególne ziarna.

**a) cechy charakterystyczne:** Gęstość właściwa szkieletu gruntowego:  $q_s = m_s / V_s$ , [t/m<sup>3</sup>], gdzie  $m_s$ -masa szkieletu gruntowego próbki gruntu wysuszonej, t,  $V_s$ - objętość szkieletu gruntowego próbki gruntu, m<sup>3</sup>. Gęstość właściwa szkieletu gruntowego ma wartość stałą i wynosi średnio ok. 2.65 t/m<sup>3</sup>. Gęstość objętościowa gruntu:  $q = m / V$  [t/m<sup>3</sup>], gdzie:  $m$ - masa próbki gruntu z określoną, np. naturalną wilgotnością, t,  $V$ - całkowita objętość próbki gruntu, m<sup>3</sup>. Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego:  $q_d = m_s / V$ , [t/m<sup>3</sup>], gdzie:  $m_s$ -masa szkieletu gruntowego wysuszonej próbki gruntu, t,  $V$ -całkowita objętość próbki gruntu, m<sup>3</sup>. Porowatość gruntu: jest stosunkiem objętości porów do objętości całego gruntu; podaje się ją w postaci ułamka lub w procentach. Spulchnienie gruntu: polega na tym, że przy odspajaniu powiększa on swoją objętość zależnie od rodzaju gruntu oraz sposobu odspojenia (spulchnienie początkowe); w nasypach spulchnienie początkowe zmniejsza się pod wpływem obciążenia warstw dolnych masą warstw górnych, pod wpływem opadów atmosferycznych oraz pod działaniem maszyn i narzędzi zgęszczających. Proces zmniejszenia spulchnienia początkowego przebiega najszybciej za pomocą narzędzi mechanicznych (ubijaki, walce wibracyjne, zagęszczarki...) W wyniku tych działań spulchnienie początkowe zanika częściowo pozostając w średnich warunkach jako spulchnienie końcowe. Aby określić objętość gruntu spulchnionego  $V_s$ , należy uwzględnić współczynnik spulchnienia, wprowadzając go jako mnożnik do obliczonej objętości gruntu rodzimego w wykopie. Wilgotność gruntu: jest to wyrażony w procentach stosunek masy wody zawartej w badanej próbce gruntu do masy jej szkieletu gruntowego. Wilgotność próbki w oblicza się wg.:  $w = (m - m_s) / m_s * 100\%$ , [%], gdzie:  $m$ - masa próbki wilgotnej, t,  $m_s$ - masa próbki wysuszonej, t. Wilgotność gruntów ma duży wpływ na sposób ich odspajania i związaną z tym pracochłonność oraz na efekty zagęszczania; np. grunty gliniaste, które w stanie wilgotnym są łatwiej odspajalne niż w stanie suchym. Kąt stoku naturalnego: Grunty sypkie, jak piasek, żwiry, pospółki przy sypaniu nasypu przyjmują pochylenie skarpy, którego kąt, jaki tworzy ona z poziomem, zwany jest kątem stoku naturalnego. Przy gruntach spoistych (gliny, pyły, ily, lessy) duże znaczenie ma znaczna spójność między cząstkami tych gruntów, której nie mają lub mają w bardzo małym stopniu grunty sypkie. Jednak wartość tej spójności zależy przede wszystkim od stanu ich zawilgocenia. Dlatego też ściany boczne wykopów w tych gruntach w stanie suchym mogą zachowywać zbocza pionowe, natomiast przy stanie zawilgoconym mogą występować niebezpieczne osuwiska. Dlatego określenie kąta skarpy przy gruntach spoistych wymaga specjalnego opracowania.

#### **b) klasyfikacja gruntów:**

Podstawowym problemem mechaniki gruntów, istotnym dla wykonywania robót ziemnych, jest klasyfikacja gruntów. Klasyfikacja gruntów dotyczyć może różnych ich właściwości. Najbardziej związana z technologią robót ziemnych jest klasyfikacja gruntów pod względem trudności odspojenia. Grunty sklasyfikowano na 16 kategorii. Kategorie I-V odnoszą się do gruntów, które mogą być odspajane różnymi narzędziami oraz maszynami budowlanymi, pozostałe kategorie VI-XVI obejmują grunty począwszy od kredowych zwartych, poprzez średnio twarde skały, aż do skał bardzo twardych, odspajanych wyłącznie za pomocą mat. wybuchowych. Dla ułatwienia ustalania kategorii gruntu z punktu widzenia trudności odspojenia sporządzony został tzw. "Wykaz gruntów z podziałem na kategorie w zależności od trudności odspojenia". Korzystając z tego wykazu zestawionego alfabetycznie (104 rodzaje gruntu),

można niezwłocznie odnaleźć odpowiadające im kategorie z punktu widzenia trudności odspojenia.

#### 4. Narzędzia i maszyny do robót ziemnych

##### a) narzędzia do ręcznego wykonywania robót ziemnych

Do ręcznego odspajania gruntu używa się, zależnie od spoistości, łopat, szpadli (rydli), kilofów (oskardów) i motyk. Do ręcznego odspajania gruntów bardzo spoistych, kamienistych i skalistych lub zamarzniętych stosuje się łomy i kliny wbijane w grunt młotami lub młoty pneumatyczne z różnymi wymiennymi końcówkami.

Do załadunku lub przemieszczania gruntów sypkich służą szufle, a gruntów bardziej spoistych-łopaty.

Jeżeli głębokość wykopu jest większa niż zasięg człowieka z łopata (do 2 m), to do wydobywania urobku stosuje się pośrednie pomosty przesypowe lub proste żurawiki z napędem ręcznym, spalinowym lub elektrycznym.

#### Maszyny do robót ziemnych

- **spycharka** - stosowana do odspajania, przemieszczania i rozścielania gruntów oraz oczyszczania terenu z krzewów i pni. Spycharki mogą być lekkie na podwoziach zwykłych ciągników rolniczych, lub ciężkie na podwoziach gąsiennicowych. Praca spycharki polega na: odspojeniu gruntu przez ścinanie lemieszem, uformowaniu wału z urobku przed lemieszem, przesunięciu na pchanie przed maszyną urobionego gruntu na miejsce odkładania lub kształtowania nasypu, podniesieniu lemiesza i rozścieleniu przesuniętego urobku w postaci warstwy o żądanej grubości oraz powrocie do pozycji wyjściowej.
- **zgarniarka** - służą one do odspajania, przemieszczania, rozścielania i wyrównywania urobku. Zgniatarka składa się z szufli, zespołu jezdnego oraz ciągnika kołowego lub gąsiennicowego, który może być przyczepiony lub na stałe, przegubowo połączony z maszyną. Praca zgarniarki polega na: skrawaniu gruntu nożem z jednoczesnym napełnianiem szufli urobkiem, podniesieniu szufli, transporcie urobku na miejsce przeznaczenia, rozścielenia urobku opuszczoną szufłą.
- **równiarka** - jej podstawowym zadaniem jest wyrównywanie terenu, profilowanie nasypów, kształtowanie koryt pod roboty drogowe oraz usuwanie zewnętrznych warstw ziemi roślinnej. Równiarki podobnie jak zgarniarki, mogą być przyczepne lub samobieżne. Ich części robocze to zrywak i lemiesz. Zrywak spulchnia grunt, a lemiesz przesuwają go, z tym że lemiesz może przyjmować położenie skośne w stosunku do osi podłużnej maszyny, dzięki czemu odrzuca urobek na bok.
- **koparka** - służy do odspajania i wydobywania gruntu i jednocześnie do ładowania go na samochody lub odkładania na miejsce składowania. Najczęściej spotykanym typem koparki, stosowanej do wykopów w budownictwie jest koparka łyżkowa przedsiębierna, która odspaja grunt przez naruszenie struktury, zębami stalowymi, umieszczonymi na roboczej krawędzi łyżki i jednocześnie ruchem łyżki przed siebie i (lub) do góry napełnia ją urobkiem. Wyróżniamy także inne rodzaje koparek
  - koparki zbierakowe
  - koparki chwytakowe
  - koparki wieloczerpakowe

#### 5. Technologia robót ziemnych.

##### 5.1. Roboty przygotowawcze

- rozbiórka istniejącej zabudowy

- usunięcie lub przełożenie wszystkich napowietrznych linii elektroenergetycznych i łącznościowych
- wycinanie i karczowanie małowartościowej zieleni
- zabezpieczenie przed zniszczeniem przez maszyny robocze te elementy zagospodarowania terenu, które są przeznaczone do adaptacji lub wykorzystania w czasie budowy
- zdjęcie warstwy ziemi roślinnej (hamusu)
- obniżanie lustra wody gruntowej, jeżeli z badań geologicznych wynika, że jest położone powyżej dna projektowanego wykopu

#### Wytyczanie robót ziemnych

wytyczenie obrysu robót ziemnych w terenie polega na oznaczeniu palikami, słupkami i deskami charakterystycznych punktów przekroju poprzecznego nasypu lub wykopu; tak więc trzeba wyznaczyć i następnie utrwalić: położenie osi geometrycznej szerokości korony i podstawy, wysokości nasypów, głębokości wykopów oraz nachylenie skarp. Dokładność wymaganą podczas wytyczania robót ziemnych można uzyskać, posługując się tyczkami, ruletkami, węgielnicami, poziomcami i szablonami desek. W bardziej skomplikowanych obrysach robót lub gdy jest wymagana duża dokładność (np. wykopy pod instalacje) konieczne jest tycznie obrysu za pomocą instrumentów geodezyjnych.

## 5.2. Wykonywanie wykopów

### Metoda czołowa

Do wykonywania wykopów tą metodą stosuje się koparki, które mogą pracować na krawędzi wykopu lub, co korzystniejsze, na jego dnie. Sposób ten polega na kopaniu od razu na przewidzianą głębokość i szerokość wykopu. Jeżeli szerokość wykopu jest większa niż zasięg łyżki koparki, to maszyna musi się przemieszczać w wykopie w kierunku poprzecznym lub kilkakrotnie pokonywać długość wykopu, co zmniejsza szybkość i sprawność prowadzenia robót.

### Metoda warstwowa

Wykopy szerokie wykonuje się warstwami, gdy urobek można przemieszczać na stosunkowo niewielką odległość. Wówczas do kopania tym sposobem używa się spycharek lub zgarniarek, które przejeżdżają przez całą długość lub szerokość wykopu, skrawając grunt warstwą grubości kilkunastu centymetrów i odpychając urobek na miejsce zwaliki. Wielokrotne powtarzanie tej operacji pozwala na pogłębienie wykopu do żądanej głębokości.

## 5.3. Umacnianie skarp wykopów

Wykopy stałe, czyli w przyszłości nie do zasypania, muszą mieć skarpy o takim nachyleniu nawet w warunkach niekorzystnych zapewni nie osuwanie się ziemi do wykopu.

Skarpy wykopów tymczasowych, przeznaczonych do zasypania po zakończeniu robót, staramy się ukształtować tak, aby nadać im możliwie najbardziej bezpieczne nachylenie.

Umocnienia wykonuje się jako deskowanie ażurowe, deskowanie pełne lub ścianki szczelne. W wykopach wąskich i długich, zwanych wykopami wąskoprzestrzennymi, deskowania sąsiednich ścian wykopu rozpiera się między sobą, natomiast w wykopach szerokoprzestrzennych deskowania podpiera się lub kotwi w gruncie.

Wykonanie wykopu rozpieranego polega na kopaniu warstwami grubości równej dwóm lub trzem szerokościom desek. Po wykopaniu warstwy zakłada się deskowanie poziome (ażurowe lub pełne) oraz nakładki i rozpiera rozporem, po czym wykopuje się grunt na całą wysokość wykonanego wykopu, w poprzednie rozbiera. W ten sposób kopie się kolejne warstwy gruntu, zabezpiecza ściany wykopu i rozpiera je, aż do uzyskania żądanej głębokości wykopu.

Do wykopów w gruntach nawodnionych stosuje się ścianki szczelne. Dawniej wykonywano je z profilowanych desek i bali, obecnie stosuje się prawie wyłącznie profile stalowe, zwane grodzicami. Profile te, dzięki odpowiednio ukształtowanym krawędziom, łączą się ze sobą-wsuwając jeden w drugi-co zapewnia szczelność całej obudowy i jednocześnie umożliwia pionowe wbijanie kolejnych elementów ścianki. Elementy o zaokrąglonych końcach wbijają się ręcznie lub mechanicznie w grunt przed rozpoczęciem robót ziemnych, tak aby odciąć przyszły wykop od napływu wody

#### **5.4.Wykonywanie nasypów**

Do wykonywania nasypów najlepiej nadają się rozkruszone i rozdrobnione skały, grunty kamieniste, żwiry, pospółki i piaski.

Nasypy wykonuje się przeważnie warstwami poziomymi lub skośnymi. Wykonywanie nasypu warstwami poziomymi jest najbardziej prawidłowe, szczególnie jeśli korona nasypu ma być obciążona, np. drogą lub torowiskiem. Sposób ten polega na nanoszeniu gruntu na teren nasypu warstwami poziomymi grubości zależnej od rodzaju sprzętu służącego do nanoszenia. Nanoszenie przez maszynę kolejnej warstwy powoduje już wstępne zagęszczenie (ciężarem maszyny) poprzednio ułożonej warstwy, co jest warunkiem zapewniającym uzyskanie prawidłowej struktury gruntu w nasypie.

Jeśli nasyp nie będzie po zakończeniu robót obciążony, jego długotrwałe osiadanie jest dopuszczalne, to wykonuje się go warstwami skośnymi. Sposób ten, polegający na wysypywaniu nawiezionego gruntu z samochodu od razu na całą wysokość nasypu, jest szybszy i łatwiejszy w wykonaniu, ale uniemożliwia prawidłowe, warstwowe zagęszczanie gruntu i dobór rodzaju gruntu w poszczególnych częściach nasypu.

##### **Umacnianie skarp nasypów**

Po usypaniu nasypu i jego zagęszczeniu pozostają skarpy w stanie surowym; wymagają one wykończenia, tj. wyprofilowania i wykonania nawierzchni zabezpieczającej skarpy przed niszczącym działaniem opadów, wiatru, zadytymieniem.

Profilowanie, czyli ostateczne dokładne ukształtowanie powierzchni nasypu, wykonuje się przeważnie ręcznie, nanosząc i rozprowadzając warstw hamusu, jeżeli nasyp ma być obsadzony roślinnością, lub czystego piasku pod umocnienia z kamienia lub betonu.

Wybór materiału na umocnienie powierzchni nasypu zależy od nachylenia skarp oraz od tego, jakie czynniki będą na tę powierzchnię oddziaływać. Materiał na umocnienie to np. trawa, darnia z łąk, kamienie polne, kamienie ciosane, cegła klinkierowa, płyty betonowe.

#### **5.5.Odwadnianie wykopów**

Najprostszym sposobem odwodnienia terenu, na którym prowadzi się roboty ziemne, jest wykonanie rowów terenowych, zapewniających grawitacyjne odprowadzenie wód deszczowych poza rejon objęty robotami.

Ponadto należy zapobiegać zdzieraniu wody odpadowej na dnie wykopu. Można temu zapobiec, jeśli na dnie wykopu zostanie wykonana sieć rowków o niewielkim spadku w kierunku narożnika wykopu, a powierzchnia dna wykopu-ukształtowana z lekkim pochyleniem w kierunku rowków. W narożniku wykopu gdzie następuje odprowadzenie przez rowki wód z dna wykopu, należy wykonać studzienkę zbiorczą, z której, zależnie od intensywności opadów, wybiera się wiadrami lub wypompowuje mechanicznie zbierającą się wodę.

Jeżeli napływ wód gruntowych do wykopu jest bardzo intensywny lub odbywa się przez warstwy o znacznej przepuszczalności, co powoduje wypłukiwanie gruntu do wykopu, to trzeba obniżyć lustro wody gruntowej tworząc w rejonie wykopu lej depresyjny i dalej prowadzić roboty ziemne w gruncie suchym.

Za pomocą studni rurowych lub igłofiltrów można obniżyć poziom wody gruntowej do 2 m i utrzymać go przez cały czas wykonania robót ziemnych, a następnie budowlanych i izolacyjnych poniżej naturalnego poziomu wody. Należy jednak pamiętać, że z chwilą odłączenia pomp poziom wody gruntowej podniesie się ponownie do stanu wyjściowego. Aby

temu zapobiec, można-poza obrysem budowanego obiektu od strony, z której napływa woda lub też dookoła całej jego podziemnej części-wykonać drenaż. Jest to sieć rurek ceramicznych, ułożonych w rowkach wypełnionych żwirem i pospółką, odprowadzających grawitacyjnie wodę gruntową poza teren robót.

Nie wolno zapominać o konieczności zapewnienia odbioru wody odpompowywanej z wykopu, studni depresyjnych lub napływającej z drenażu. Najprościej jest doprowadzić tę wodę do istniejącej w pobliżu sieci kanalizacji deszczowej lub do rowów melioracyjnych albo innych powierzchniowych cieków wodnych