

A yellow backhoe loader is positioned on a dirt road, working on the ground. The background shows a lush green landscape with rolling hills, trees, and a paved road. The sky is clear and blue.

Semestrální práce I

Navrh technologie Sejmutí ornice

Viktoriiia Gavrilova

NOPT

2020

Zadání

Sejmutí ornice

Objem

Délka: **500 m**

Šířka: **100 m**

Hloubka: **0,2 m**

- Odvozová vzdálenost:
15 km pozemní komunikace

Operace

Těžba dozerem

Nakládka nakladačem

Odvoz nákladním automobilem

Hornina: **třída I. (skupina 3.)**



Druh zeminy

Skupina 3 třída I

Charakteristika

Kopné zeminy - soudržné pevné konzistence, nesoudržné ulehlé

● Příklady zemin a hornin

- pevná hlína, písčitá hlína; písčitý hrubý štěrka, štěrka s kameny
- stavební odpad a navážka podobného charakteru sypké zeminy

Rozpojování

Ručně – krumpáčem, strojně rypadlem

Vybraná zemina pro návrh technologie - hlína

Orientační hodnoty objemové hmotností podle skupiny horniny

Objemová hmotnost v rostlém stavu - **1770 kg.m⁻³**

Objemová hmotnost v nakypřeném stavu - **1500 kg.m⁻³**

Výpočet množství zeminy pro sejmutí ornice

Délka stanoviště: **500 m**

Šířka stanoviště: **100 m**

Hloubka sejmuté ornice: **0,2 m**

Koeficient nakypření $k_n = 1770 / 1500 = 1,18$

Objem zeminy v rostlém stavu k vytěžení (V) = $100 \times 500 \times 0,2 = 10\ 000\ m^3$

Objem zeminy pro odvoz (v nakypřeném stavu $V_{nakypř}$) = $100 \times 500 \times 0,2 \times 1,18 = 11\ 800\ m^3$

Výběr dozeru



CAT D8T / PÁSOVÝ DOZER

Výkon motoru	271 kW (IV. Kategorie)
Objem radlice	11,7 m ³
Celková provozní hmotnost	40 358 kg
Rozměry (d / š / v)	8310 / 4300 / 3490 mm
Šířka radlice	4 267 mm
Výška radlice	1 740 mm
Druh radlice	8U
Rychlost těžení	2,5 km/h
Rychlost hrnutí	3,5 km/h
Rychlost zpáteční jízdy (couvání)	8 km/h



Určení koeficientů dozeru

Koeficient	Hodnocení	Pásový dozer
Koeficient kvalifikace obsluhy (k_o)	Průměrná	0,75
Koeficient vlivu horniny (k_t)	Lehce rozpojitelná 1. a 2. tř.	1,2
Koeficient vlivu prostředí (k_p)	Mlha, šero, déšť, sněžení (zohledňuje se možnost práce v podmínkách zhoršujícího se počasí)	0,80
Koeficient časového využití (k_c)	50 minut (zahrnuty jsou možné přerušování práce obsluhy, přejezd stroje s místa na místo)	0,83
Koef. ztrát hornin únikem do stran radlice [-] ($1 - 0,005 \times L_2$, kde L_2 je délka dráhy hnutí horniny v metrech) (k_z)	$L_2 = 25 \text{ m}$	0,875
Koeficient nakypření (k_n)	Hlína	1,18
Koeficient svahu (k_s)	0% (předpokládáme, že práce probíhá na rovině)	1,00



Schéma pracovních cyklů dozeru

Výpočty pro dozer

Doba pracovního cyklu

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 \text{ [s]}$$

t_1 – doba těžení $t_1 = \frac{L_1}{v_1}$ [s]; L_1 – dráha těžení [m], v_1 – rychlost jízdy při těžení [m.s⁻¹]

t_2 – doba hrnutí $t_2 = \frac{L_2}{v_2}$ [s]; L_2 – dráha hrnutí [m], v_2 – rychlost jízdy při hrnutí [m.s⁻¹]

t_3 – doba návratu $t_3 = \frac{L_3}{v_3}$ [s]; L_3 – dráha návratu = $L_1 + L_2$ [m], v_3 – rychlost jízdy při návratu [m.s⁻¹]

$$T_{\text{cykl1}} = T_{\text{cykl10}} = \frac{0,01 \text{ km}}{2,5 \text{ km/h}} + \frac{0,01}{8} \approx 0,005 \text{ h}$$

$$T_{\text{cykl2}} = T_{\text{cykl9}} = \frac{0,01}{2,5} + \frac{0,01}{3,5} + \frac{0,02}{8} \approx 0,009 \text{ h}$$

$$T_{\text{cykl3}} = T_{\text{cykl8}} = \frac{0,01}{2,5} + \frac{0,02}{3,5} + \frac{0,03}{8} \approx 0,0135 \text{ h}$$

$$T_{\text{cykl4}} = T_{\text{cykl7}} = \frac{0,01}{2,5} + \frac{0,03}{3,5} + \frac{0,04}{8} \approx 0,0176 \text{ h}$$

$$T_{\text{cykl5}} = T_{\text{cykl6}} = \frac{0,01}{2,5} + \frac{0,04}{3,5} + \frac{0,05}{8} \approx 0,021 \text{ h}$$

$$\text{Doba pracovního cyklu } T_{\text{cykl}} = \frac{T_{\text{cykl1}} + T_{\text{cykl2}} + \dots + T_{\text{cykl9}} + T_{\text{cykl10}}}{10} = 0,013 \text{ h}$$

Výkonnost dozeru

Teoretická výkonnost dozeru

$$Q_t = \frac{V_{max}}{T_{cykl}} [m^3 \cdot h^{-1}] = \frac{11,7 m^3}{0,013 h} = 900 m^3 \cdot h^{-1}$$

kde

V_{max} – maximální objem hrnutého hranolu [m^3] = 11,7 m^3

T_c – doba pracovního cyklu [h]

Provozní výkonnost dozeru

$$Q_p = Q_t \times k_z \times k_t \times k_o \times k_p \times k_s [m^3 \cdot h^{-1}]$$

k_z – koef. ztrát hornin únikem do stran radlice [-] ($1 - 0,005 \times L_2$, kde L_2 je délka dráhy hrnutí horniny v metrech)

k_t – koef. vlivu horniny [-]

k_o – koef. kvalifikace obsluhy [-]

k_p – koef. vlivu prostředí [-]

k_s – koef. svahu [-]

$$Q_p = 900 \times 0,875 \times 1,2 \times 0,75 \times 0,80 \times 1 = 567 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

L_2 je rovno průměru dráhy hrnutí deseti různých cyklu dozeru při těžbě

$$\frac{(2 \times 0,01) + (2 \times 0,02) + (2 \times 0,03) + (2 \times 0,04)}{8} = 25 \text{ m}$$

Skutečná výkonnost dozeru

$$Q_s = Q_p \times k_{\check{c}} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

Q_p – provozní výkonnost $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

$k_{\check{c}}$ – koef. časového využití

$$Q_s = 567 \times 0,83 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]} = 470,6 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

$$\text{Doba práce } T = \frac{V_{\text{rostl}}}{Q_s} = \frac{10\,000 \text{ m}^3}{470,6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}} \approx 21,2 \text{ h}$$

Výběr nakladače



CAT 990K / KOLOVÝ NAKLADAČ

Výkon motoru	561 kW
Objem navržené lopaty	9 m ³
Celková provozní hmotnost	81 000 kg
Nosnost	15 900 kg
Maximální celková délka	13 072 mm
Výška	5 049 mm

Výpočty pro nakladač

Teoretická výkonnost nakladače

$$Q_t = \frac{V}{T} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

kde

V - objem horniny vytěžené a zpracované během jednoho teoretického pracovního cyklu [m³]

T - doba teoretického pracovního cyklu [h]

$$\text{Pracovní cyklus } T = T_{\text{příjezd}} + T_{\text{naklád}} + T_{\text{zvedání}} + T_{\text{manip}} + T_{\text{vyklopení}} =$$

$$= 6,4 \text{ s} + 4,3 \text{ s} + 8,2 \text{ s} + 3,6 \text{ s} + 2,9 \text{ s} = 25,4 \text{ s} = 0,0071 \text{ h}$$

Jednotlivé časy T_{cykl} jsou k dispozici na webových stránkách výrobce.

$$Q_t = \frac{V}{T} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] = \frac{9 \text{ m}^3}{0,0071 \text{ h}} = 1\,267,6 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

Provozní výkonnost nakladače

$$Q_p = \frac{V \times k_p}{T_u} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

kde

V - objem horniny vytěžené a zpracované během jednoho teoretického pracovního cyklu [m³]

T_u – upravená doba pracovního cyklu [h]; $T_u = T + t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

k_p – koeficient plnění lopaty podle třídy rozpojitelosti hornin

Určení koeficientů pro nakladač

Koeficient	Hodnocení	Nakladač
Koeficient plnění lopaty podle třídy rozpojitelosti hornin (k_p)	Nehomogenní, vlhká nakypřená hornina	0,97 [s]
Hornina (t_1)	1. až 2. třída	0,0
Hromada (t_2)	Navršená dozerem, dopravníkem do 3 m	0,6
Průběh pracovního cyklu (t_3)	Se změnami (<i>přejezd stroje s místa na místo</i>)	2.4
Vyklápění (t_4)	Na velký ložný prostor – nad 10 m ²	0,0

$$T_u = 25,4 \text{ s} + 0 \text{ s} + 0,6 \text{ s} + 2,4 \text{ s} + 0 \text{ s} = 28,4 \text{ s} = 0,0079 \text{ h}$$

$$Q_p = \frac{9 \times 0,97}{0,0079} \approx 1\,105,1 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

Skutečná výkonnost nakladače

$$Q_s = Q_p \times k_{\check{c}} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

$k_{\check{c}}$ - koeficient časového využití $k_{\check{c}}$ se počítá stejným způsobem jak bylo uvedeno u dozerů.

$$Q_s = 1\,105,1 \times 0,67 \approx 740,4 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

$$\text{Doba odvozu zeminy u nakladače } T = \frac{V_{\text{nakypř}}}{Q_s} = \frac{11\,800 \text{ m}^3}{740,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}} \approx 15,9 \text{ h}$$

Výběr nákladního automobilu



Renault Kerax 440 DXI

Výkon motoru	328 kW
Objem korby	28 m ³
Celková hmotnost	44 000 kg
Nosnost	14 620 kg

Výpočty pro nákladní automobil

Pracovní cyklus, výkonnost

$$\text{Pracovní cyklus } T_{NA} = T_{\text{naložení}} + T_{\text{odvoz}} + T_{\text{vykládka}} + T_{\text{návrat}} =$$

$$= 0,0024 \text{ h} + 0,3 \text{ h} + 0,025 \text{ h} + 0,2 \text{ h} = 0,527 \text{ h}$$

Kde

$$T_{\text{naložení}} = 3 \times T_{\text{naklád}} \text{ nakladačem}$$

$$T_{\text{odvoz}} = \frac{15 \text{ km}}{50 \text{ km/h}} = 0,3 \text{ h (zahrnuje jízdu s zeminou)}$$

$$T_{\text{vykládka}} \approx 1,5 \text{ min} = 0,025 \text{ h}$$

$$T_{\text{návrat}} = \frac{15 \text{ km}}{70 \text{ km/h}} = 0,2 \text{ h (prázdné vozidlo)}$$

$$\text{Výkonnost jednoho nákladního automobilu } Q_1 = \frac{V}{T_{na}} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$\text{kde } V = 3 \times V_{\text{navršené lopaty nakladače}} = 27 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{27 \text{ m}^3}{0,527 \text{ h}} \approx 51,2 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$\text{Doba odvozu zeminy jedním nákladním automobilem } T = \frac{V_{\text{nakypř}}}{Q} = \frac{11\,800 \text{ m}^3}{51,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}} = 230,5 \text{ h}$$

Vzhledem k tomu, že doba práci jednoho NA je mnohem větší než doba práci jednoho nakladače, je nutné zahrnout do provozu 9 nákladních automobilů pro kratší dobu odvozu zeminy a opravit skutečnou výkonnost nakladače přes zmenšování časového využití nakladače aby byla doba práce u nakladače a NA přibližně stejná a jejich práce byla synchronizována.

$$T_9 = \frac{11\,800 \text{ m}^3}{51,2 \times 9 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}} \approx 25,6 \text{ h}$$

$$\text{Výkonnost devěti nákladních automobilů } Q_9 = \frac{V}{T_{na}} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] = \frac{9 \times 27 \text{ m}^3}{0,527 \text{ h}} \approx 461,1 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$Q_{s \text{ nakladače}} = 1\,105,1 \times 0,417 \approx 461 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

kde 0,417 je koeficient pro časové využití nakladače $k_{\xi} = 25 \text{ minut} / 1 \text{ h}$

Konečné výsledky výpočtů

Doba práce, za kterou dozer vytěží celkový objem zeminy v rostlém stavu (10 000 m³) je

$$T = \frac{V_{rostl}}{Q_s} = \frac{10\,000\text{ m}^3}{460\text{ m}^3\text{ h}^{-1}} \approx 21,2\text{ h}$$

Pokud předpokládáme, že pracovní směna trvá 8,5 hodin, dozer vykoná svou práci za 2,5 dny

Doba práce, za kterou nakladač a nákladní automobil naloží a odveze celkový objem horniny v nakypřenem stavu $V_{nakypř}$ (11 800 m³) je

$$T_9 = \frac{11\,800\text{ m}^3}{51,2 \times 9\text{ m}^3\text{ h}^{-1}} \approx 25,6\text{ h}$$

Pokud předpokládáme, že pracovní směna trvá 8,5 hodin, nakladač a NA vykonají svou práci za 3 dny