

potrebna za takvo lebđenje iznosi

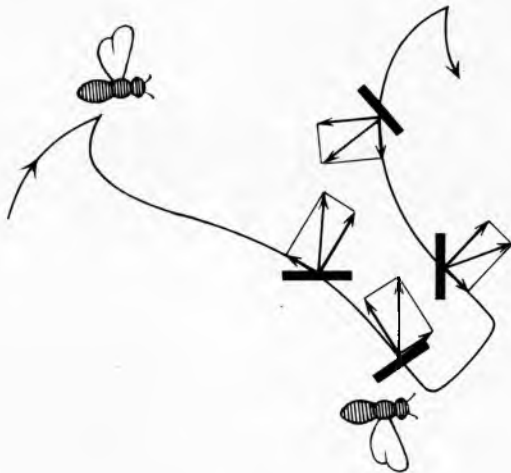
$$P = \left(\frac{1}{2} \frac{m^3 g^3}{A \rho} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (45)$$

gdje je m masa kolibrića, g ubrzanje sile teže, ρ gustoća zraka, a A površina koju opisuje vrh krila u jednom ciklusu pokretanja krila (naprijed i natrag). Masa je kolibrića 3 g, gustoća zraka $\sim 1,3 \text{ kg/m}^3$, a površina A iznosi $2/3$ površine kruga polumjera 4 cm, jer je toliki polumjer kruga što ga opisuju vrhovi krila i jer se krilo zakreće za 120° kružno naprijed i natrag. Prema tome, snaga potrebna za lebđenje iznosi 53,7 mW.

O. P. Pearson i R. S. Lasiewski izmjerili su potrošnju kisika kolibrića koji u lebđenju troši $127 \text{ cm}^3/\text{sat}$, a u mirovanju $\sim 18 \text{ cm}^3/\text{sat}$. Iz toga je procijenjena snaga koja se troši za vrijeme lebđenja, pa ona iznosi 640 mW. Prema tome, stupanj djelovanja pretvorbe energije u mehanički rad iznosi $\sim 0,08$. Čovjek ostvaruje mnogo bolji stupanj djelovanja energetske pretvorbe, jer iznosi $\sim 0,20$ prema mjerenjima pomoću ergometrijskog bicikla.

Let insekata. Za krila insekata vrijede male vrijednosti Reynoldsove značajke. Tako, npr., skakavac leti brzinom od 3,50 m/s, tetiva krila duga je $\sim 2 \text{ cm}$, pa Reynoldsova značajka ima vrijednost 5000. Skakavci spadaju među najveće insekte, pa za njih vrijede i veće vrijednosti Reynoldsove značajke, ako se računa s podjednakom brzinom letenja.

Krila insekata jesu tanke i često savijene pločice. One nisu glatke, a protkane su ispupčenim žilicama. Čini se, međutim, da te žilice nemaju veći utjecaj na frontalni otpor, pogotovo kad su male vrijednosti Reynoldsove značajke.



Sl. 46. Trajektorija gibanja krila muhe (*Phornia*) sa silama koje vjerojatno djeluju na krilo

W. Nachtigall proučavao je let muhe (*Phornia*) snimanjem brzom filmskom kamerom. Na sl. 46 prikazana je trajektorija leta muhe te dva krajnja položaja krila, uz napomenu da krila opisuju vrlo složene krivulje. Na slici su prikazani i poprečni presjeci krila u četiri položaja muhe s vjerojatnim smjerovima aerodinamičkih sila. U dijelu trajektorije koja se spušta prednji dio krila nešto je niži od zadnjeg dijela, a za vrijeme uzgona krilo se zakrene.

Muha za vrijeme leta čini ~ 120 , a skakavac ~ 17 zamaha u sekundi.

Frontalni otpor gibanju delfina. Delfini (*Tursiops gilli*) brzo plivaju, pa je i vrijednost Reynoldsove značajke dosta velika. Tako je, npr., za jednog od proučavanih delfina duljine 1,90 m vrijednost Reynoldsove značajke iznosila $1,6 \cdot 10^7$. Taj je delfin mogao plivati s maksimalnom brzinom od 8,3 m/s, a tokom jedne minute s brzinom od 6,1 m/s.

Tijelo delfina ima vrlo pogodan hidrodinamički profil. Taj je oblik sličan obliku torpeda, uglavnom ima kružni presjek, a postepeno se sužava od glave prema repu. Omjer suženja iznosi oko 5, što je vrlo blisko idealnom omjeru (4,5). Posebno

grudne, repne i leđne peraje imaju povoljan hidrodinamički profil. Koža delfina je glatka. Sve to pokazuje da je frontalni otpor delfina vrlo malen.

Frontalna površina proučavanog delfina iznosila je $0,11 \text{ m}^2$, a koeficijent frontalnog otpora 0,055 uz Reynoldsovu značajku od $1,6 \cdot 10^7$. Frontalni otpor, prema relaciji (43), a uz brzinu od 8,3 m/s, iznosi 208 N, pa je potrebna snaga 1726 W. Budući da je stupanj djelovanja manji od 1, može se računati da je snaga mišića $\sim 2000 \text{ W}$. Uz ukupnu masu delfina od 89 kg može se procijeniti da masa mišića koji pokreću delfina iznosi $\sim 15 \text{ kg}$, što daje specifičnu snagu mišića od $\sim 130 \text{ W/kg}$. To je otprilike trostruko veća snaga od snage koju mogu razviti ljudski mišići na ergometrijskom biciklu. Tako velika razlika specifičnih snaga mišića navela je istraživače da posumnjaju u točnost pretpostavka, pa se misli da se u graničnom sloju pojavljuje laminarno strujanje bez obzira na visoku vrijednost Reynoldsove značajke. Pokusi su, međutim, pokazali da je u graničnom sloju gibanje turbulentno.

LIT.: F. Pauwels, Der Schenkelhalsbruch ein mechanisches Problem. Enke, Stuttgart 1935. — C. Г. Техникий, Теория упругости анизотропного тела. Гостехиздат, Москва-Ленинград 1950. — Biomechanics and related bio-engineering topics. Proc. Symposium, Glasgow 1964. — E. G. Tickner, A. H. Sacks, A theory for the static elastic behavior of blood vessels. Biorheology 4, 1967. — R. M. Alexander, Animal mechanics. Lidgwick and Jackson, London 1968. — D. Bazjanac, Nauka o čvrstoći. Tehnička knjiga, Zagreb 1968. — P. Keros i sur., Funkcionalna anatomija. Medicinska naklada, Zagreb 1968. — Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. 4, Teil 1. Springer, Berlin 1970. — J. B. Paul, Load action on the human femur in walking, and some resultant stresses. Exp. Mech. 11/3, 1971.

O. Muftić

MEHANIZACIJA GRAĐEVINSKIH RADOVA, upotreba mašina za izvođenje građevinskih radova. Posljednjih godina građevinska mehanizacija zauzima dominantno mesto u tehnologiji građenja, jer je najefikasnije sredstvo za povećanje produktivnosti i brzine radova. Međutim, nije samo to bitno. Dok su posljednjih deset godina nabavne cene mašina porasle tri do četiri puta, u istom su periodu lični dohoci porasli deset puta, s tendencijom i daljeg bržeg porasta ličnih dohodaka. Ako se analizira učinak ljudskog rada i uporedi sa radom mašina, izlazi da je rad mašina više od dvadeset puta ekonomičniji od ljudskog rada.

Razvoj građevinske mehanizacije veoma je intenzivan, i to na svim oblastima radova. Glavna linija razvoja jest težnja da mašine budu što pokretljivije, da im rad bude što elastičniji i brži a kapacitet što veći, i da se povezivanjem mašina omogućí ostvarenje savremene i napredne tehnologije. To znači da se nastoji zameniti donji stroj na gusenicama postavljanjem mašina na pneumatike, klasične mehaničke komande hidrauličnim komandama (pa čak i pun prelaz na hidraulični pogon), instalisana snaga motora primenom dvojnih (twin) motora čija je snaga već i do 735 kW (1000 KS).

Osnovi korištenja mašinskim radom. Učešće mašina u nekom radu i primena mehanizovanog načina građenja može se izraziti na više načina. a) Step en zahvata radova mehanizacijom izražava se procentom koji je odnos obima radova koji se izvršavaju prema ukupnom obimu radova. To može biti po vrednosti radova ili po naturalnom pokazatelju. Vrednost ovog procenta može se odnositi za neki određeni vremenski period, npr. za godinu dana, za neko određeno mesto ili objekat, i pokazuje koji se deo od celine izvršava primenom mehaničkih sredstava. b) Step en mehanizovanosti (mehanoopremljenosti) gradilišta, jest procentualni odnos vrednosti primenjenih mehaničkih sredstava, koja su upotrebljena na nekom gradilištu (objektu ili preduzeću), prema ukupnom godišnjem iznosu radova na tom gradilištu (objektu ili preduzeću). c) Step en energije jest iznos instalisane snage građevinskih mašina i uređaja u kW (KS) koji dolazi na jednog uposlenog radnika na nekom gradilištu. d) Step en iskorištenja mehanizacije u građevinarstvu manji je nego u industriji. Odnos vremena iskorištenja mehanizacije prema ukupnom radnom vremenu u određenom vremenskom

periodu (npr. u jednoj godini) jest stepen iskorištenja mehanizacije.

Učinci mašinskog rada. Pod učinkom ili kapacitetom podrazumeva se proizvodnja u jedinici vremena (po jednom času, smeni...), a izražava se zapreminski, težinski ili po komadu, u zavisnosti od prirode proizvodnje. Pri zemljanim i betonskim radovima učinak se redovno prikazuje u m^3/h , odnosno m^3 u smeni, dok se pri radovima na transportu prikazuje u tona-kilometrima na čas (tkm/h). Pri predfabrikaciji učinak se može prikazati u m^3/h , t/h ili kom/h.

Osnovni faktori koji utiču na učinak jesu sledeći: konstruktivne osobine mašina, karakter građevinske proizvodnje i uslovi rada.

Od konstruktivnih osobina mašina i uređaja zavisi snaga motora, brzina rada, dimenzije zahvatnih organa, način rada, kvalitet izrade itd.

Karakter građevinske proizvodnje očituje se u većem ili manjem obimu radova i u prostoru raspoloživom za obavljanje rada.

Uslovi rada za mašine mogu da budu različiti: mašina može raditi samostalno ili spregnuto sa drugim mašinama (pri kompleksno mehanizovanim procesima). Pri tome je bitna međusobna usklađenost kapaciteta pojedinih mašina. Veći učinak će ostvariti mašina koja radi samostalno, jer neće imati gubitaka u radu usled sačekivanja. Utovar u transportna sredstva može biti ručni i mašinski. Svakako da će učinak pri ručnom utovaru biti manji. Utovar će biti najbrži ako se sipa iz silosa.

Režim korištenja radnim vremenom mašina vrlo je važan. Mašinski rad može da se odvija u jednoj ili više smena. Tokom rada moraju se opravljati mašine, što izaziva gubitke u vremenu. Gubici nastaju i prilikom premeštanja mašina sa jednog gradilišta na drugo gradilište, usled montaže i demontaže, premeštanja tokom rada sa jednog radnog mesta na drugo, usled vremenskih nepogoda itd.

Da bi za neku mašinu odredili njen učinak, potrebno je da se raspolaze svim već navedenim osnovnim faktorima. Obično se polazi od mogućih najboljih uslova da bi se utvrdio jedan čvrsto određen početni kapacitet (tzv. teorijski učinak U_t). Zatim, uvodeći u račun sve specifičnosti konkretnog slučaja redukcijom, dolazi se do realnog kapaciteta za određene uslove (tzv. praktičnog učinka U_p). Razlika između teorijskog i praktičnog učinka može biti i veoma znatna te ona odražava uz objektivne i subjektivne teškoće, kao što su organizacija pri radu i uslovi pogona.

Pod *teorijskim učinkom* mašine podrazumeva se onaj učinak koji mašina može ostvariti u najpovoljnijim uslovima eksploatacije, tj. na radnom mestu, pri najboljoj organizaciji tehnološkog procesa, uz najbolje rukovanje i snabdevanje, pri čemu se mogu desiti samo tehnički neizbežni zastoji i oni zastoji koji su uslovljeni izvršavanjem određenog tehnološkog procesa i prirodom rada. Učinak se računa bilo na čas, smenu ili dan, tj. prema tome kako se obračunava.

Pod *praktičnim učinkom* podrazumeva se stvarni učinak mašine na nekom određenom mestu i u određenim uslovima eksploatacije, pri čemu su u račun uvedene sve objektivne i subjektivne okolnosti, koje dovode do smanjivanja teorijskog učinka. Uobičajeno je da se svi ti uticaji, koji dejstvuju u smislu smanjivanja teorijskog učinka mašine, izražavaju redukcionim koeficijentima, kojima se množi teorijski učinak. Npr., ugao zaokreta bagera pri radu utiče na učinak, jer proporcionalno povećanju ugla zaokreta povećava se i potrebno vreme, te se na taj način smanjuje i učinak bagera. Taj uticaj izražava se koeficijentom okretanja k_0 koji ima sledeće vrednosti:

Ugao okretanja u stepenima	45	60	75	90	120	160	180
Vrednost koeficijenta k_0	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71

Pri tome se uzima da je ugao zaokreta od 90° najpovoljniji i služi kao baza za određivanje teorijskog učinka.

U zavisnosti od vrste mašine i prirode posla postoji ceo niz drugih redukcionih koeficijenata, kao npr. pri iskupu i

transportu koeficijent punjenja kašike, odnosno sanduka vozila, zatim koeficijent rastresitosti materijala, kojim se izražava smanjenje efektivne sadržine materijala u odnosu na početno stanje (npr. pri iskupu srasle zemlje ili stene u odnosu na rastresitu zemlju posle iskopa, ili na izminiranu stenu). Pri tome koeficijent korištenja radnim vremenom ima opšti karakter i njega treba uvek unositi u račun, jer odražava odnos između efektivnog ili čistog radnog vremena prema ukupnom radnom vremenu i obračunava se obično u minutima na čas.

Za naše uslove, koristeći iskustvene podatke sa naših velikih gradilišta, stvarne vrednosti korištenja radnim vremenom su osetno manje od, npr., američkih (tabl. 1).

Tablica 1
KOEFIČIJENT ISKORIŠĆENJA RADNOG VREMENA
U SAD

Radni uslovi	Trajanje efektivnog radnog vremena u bruto-času min	Vrednost koeficijenta k_v
odlični	45	0,75
prosečni	40	0,67
nepovoljni	30	0,50

Kada je poznat teorijski učinak, a poznavajući sve ostale uticaje, lako se može izračunati praktičan učinak, npr.

$$U_p = U_t k_v k_p k_r \dots k_n \quad (1)$$

gde su k_v koeficijent korištenja radnim vremenom, k_p koeficijent punjenja, k_r koeficijent rastresitosti itd. Ovaj primer bi bio tipičan za transport materijala, jer se tada ne pojavljuju drugi uticaji.

Da bi se moglo za neko duže vreme odrediti učinak mašina, treba se odrediti mogući fond radnog vremena za taj period. Pri tome treba uzeti u obzir samo one dane kada mašina stvarno može raditi. Obično se smatra da nije moguće raditi kada je temperatura vazduha niža od $-4^\circ C$, kao i kada su padavine veće od 10 mm u danu. Uz to treba odbiti sve nedelje i dane državnih praznika. Kada se zimski period ne poklapa sa potrebnim vremenom za velike opravke mašina, treba odbiti i to vreme i vreme potrebno za dopremu mašina na gradilište, zatim vreme potrebno za montažu i demontažu i povraćaj u bazu, te vreme potrebno za premeštanje sa jednog gradilišta na drugo gradilište. Ako se sa D_g označi godišnji fond radnog vremena, tj. broj dana u godini bez nedelja i državnih praznika, a sa D_r mogući fond radnog vremena u godini, tj. broj radnih dana po odbitku svih navedenih smetnji i ostalih uzroka, može se izračunati godišnji učinak mašine prema obrascu:

$$U_g = U_p D_g K_z \quad (2)$$

gde je $K_z = D_r/D_g$ koeficijent zaposlenja.

Tablica 2
GODIŠNJI FOND RADNIH DANA NA PODRUČJU
NOVOG BEOGRADA ZA PERIOD 1957—1961

Mesec	Kalendarski dani	Nedelje i drž. prazn.	Dani sa temp. ispod $-4^\circ C$	Padavine > 10 mm dana	Ukupni gubici dana	Mogući radni dani
I	31	6	6	7	19	12
II	28	4	5	3	12	16
III	31	4	1	3	8	23
IV	30	5	—	4	9	21
V	31	6	—	4	10	21
VI	30	4	—	2	6	24
VII	31	7	—	3	10	21
VIII	31	4	—	1	5	26
IX	30	5	—	2	7	23
X	31	4	—	3	7	24
XI	30	6	1	3	10	20
XII	31	5	2	6	13	18
<i>Ukupno dana</i>	365	60	15	41	116	249
%	100	16,5	4,1	11,2	31,8	68,2

Pri određivanju potrebnog broja mašina za neki posao potrebno je poznavati U_g , a može se opisati i sa intenzitetom proizvodnje, ako se ukupna količina radova podeli sa mogućim fondom radnog vremena. Obračunava se bilo po času ili po smeni.

Pri određivanju mogućeg fonda radnog vremena za svaki poseban slučaj treba prikupiti podatke hidrometeorološke službe za određeno područje. Takvi podaci za područje Novog Beograda za period 1957—61. god. vide se u tabl. 2.

Na bazi analize koju je izvršio O. Walch, a koja se odnosi na rad sa bagerima, korištenje radnim vremenom jeste: produktivno radno vreme 37% ili 135 dana; prekidni (nevreme 28%, velike opravke 10%) 38% ili 149 dana; manje smetnje kraće od 15 min (7% na sačekivanje vozila, 14% male opravke, 4% pripreme i čišćenje) 25% ili 81 dan. Na bazi ovih podataka dobija se vrednost koeficijenta K_z i k_v : $K_z = (135 + 81)/305 = 0,708$; $k_v = 135/(135 + 81) = 0,625$.

OSNOVI IZBORA MAŠINA

Uslovi primene mašina. Pre donošenja odluke o primeni mehanizovanog rada na nekom gradilištu potrebno je da se prethodno prouči ceo niz pitanja. Pri tome je, u prvom redu, odlučujuća količina radova, zatim klimatski i geološko-hidrološki uslovi, karakter radova, uslovi za transport mašina s obzirom na gabarit i ograničenje težine vozila, mogućnost snabdevanja pogonskom energijom, ekonomska opravdanost primene mehanizovanog rada i mogućnost nabave mašina.

S obzirom na ekonomsku opravdanost treba da bude zadovoljen uslov da je izvođenje radova primenom mehanizacije jeftinije, sem ukoliko se ne radi o posebnim zahtevima kao što su kvalitet radova, brzina izvođenja i sl. Ako se sa a označi razlika u ceni po jedinici mere ručnog i mehanizovanog rada, onda treba da bude zadovoljen zahtev:

$$Qa \geq J_t \quad (3)$$

gde je Q ukupna količina radova, J_t troškovi uvođenja mašinskog rada.

Pod troškovima uvođenja mašinskog rada podrazumeva se doprema, montaža, demontaža i otprema mašina od baze do mesta rada i obratno. To su tzv. jednokratni troškovi.

Treba nastojati da se izabere mašina najpovoljnijeg kapaciteta. Izbor mašine odviše malog kapaciteta zahtevaće više takvih mašina, što će imati za posledicu više rukovalaca i skuplji smeštaj. Sem toga, to otežava koordinaciju rada i rukovođenje. Nedostatak izbora odviše velikih i jakih mašina jest da im je doprema otežana, montaža dugotrajna, a katkad je potrebno saobraćajnice i odgovarajuće objekte osposobiti za njihov transport. Sem toga, ispadanje veće mašine iz pogona teže će se moći nadoknaditi.

Pri savremenoj mehanizaciji građevinskih radova treba uvek nastojati da se ceo tehnološki proces pokrije mašinama i da one budu tako povezane i usklađene po kapacitetima da se gubici usled zastoja svedu na minimum. Zamenja ljudskog mašinskim radom jest razumna ušteda u radnoj snazi i povećava proizvodnost. Mašine se ne upotrebljavaju samo na velikim gradilištima, gde su one ekonomičnije, nego i na manjim gradilištima, gde se one lakše mogu zameniti i ljudskim radom.

Povezivanje celog niza mašina u jedan tehnološki proces može da ima svojih nedostataka. Ispadanjem jedne mašine dolazi do prekida u radu, koji može da izazove zastoj svih ostalih mašina u lancu. Da bi se to izbeglo, predviđaju se ili rezervne mašine, ili se između pojedinih mašina umeću tzv. regulatori u vidu skladišta (silosa i sl.). Često se primenjuje dvostruki lanac proizvodnje, od kojih svaki ima 50% od ukupno potrebnog kapaciteta. Na taj način se znatno smanjuje rizik od eventualnih zastoja, a znatno se olakšava i održavanje.

Pri izboru mašina za kompleksnu mehanizaciju nekog tehnološkog procesa treba da se dimenzionišu pojedini kapaciteti i međusobno usklade prema tzv. ključnoj mašini. To je obično ona mašina, o kojoj zavisi rad ostalih mašina.

Prema načinu rada mašine mogu biti sa periodičnim (cikličnim) ili sa neprekidnim (kontinualnim) dejstvom.

Mašine sa *periodičnim* dejstvom su one kad se periodično ponavljaju pojedine radne operacije (tj. ponavljanje istog ciklusa). One daju za vreme jednog radnog ciklusa određeni učinak. To su betonske mešalice, bageri i transportna sredstva (damperi, kiperi, kamioni itd.). U građevinarstvu je većina mašina sa cikličnim dejstvom.

Mašine sa *kontinualnim* dejstvom obavljaju stalno jedan te isti rad i imaju stalan učinak u jedinici vremena. To je transporter sa trakom, koji se tovari bez prekida preko prijemnog koša i konstantno prenosi materijal.

Za mašine sa periodičnim dejstvom opšta je formula učinka

$$U_t = \frac{Tq_c}{T_c} \quad (4)$$

gde je T vreme trajanja rada mašine (npr. 1 čas), T_c vreme trajanja jednog radnog ciklusa, q_c učinak mašine u jednom radnom ciklusu.

Opšti obrazac za učinak mašine sa kontinualnim dejstvom

$$U_t = Tq_t \quad (5)$$

gde je q_t učinak mašine u jedinici vremena.

Da bi se pri kompleksno mehanizovanom procesu, u kojem učestvuju i mašine sa neprekidnim dejstvom uz mašine sa periodičnim dejstvom, obezbedio kontinualan rad, treba da uvek između jedne i druge vrste mašina bude ubačen tzv. regulator. Regulatori su, u širem smislu, ublaživači pogonskih smetnji i obično predstavljaju manje ili veće količine rezervnog materijala bilo neprerađenog ili prerađenog. Oni su neophodan sastavni deo svih postrojenja za proizvodnju agregata za betonske radove, fabrika betona i ostalih uređaja. Njihova veličina zavisi od obima radova, od njihove važnosti i od uslova snabdevanja.

Rezervne mašine. Da bi se mehanizovani rad mogao obavljati bez zastoja, potrebno je predvideti rezervne mašine i rezervne energetske izvore.

Obično se računa sa sledećom rezervom u mašinama: sa 10% rezerve kad su uslovi eksploatacije povoljni, sa 15% kad su prosečni, a sa 25% kad su nepovoljni. Kod više istovrsnih mašina rezerva može biti i manja. To vredi i kad je služba održavanja mašina bolje organizovana.

Tipizacija mašina. Prilikom izbora mašina treba voditi računa da što više mašina bude istog tipa i da što više različitih mašina ima istu vrstu pogonskih motora. Time se mnogo dobija na sigurnosti pogona, jer se smanjuje broj rezervnih mašina i ubrzavaju velike opravke. Tzv. univerzalne mašine primenjuju se za više vrsta radova (univerzalni bageri, traktori sa priključcima i traktori sa sedlom). To su osnovne mašine, koje

Tablica 3
ŠIRI IZBOR GRAĐEVINSKIH MAŠINA ZA BETON

Vrsta mašine	Vrste operacija						
	Doprema šljunka	Prehacivanje u silos	Prosejavanje šljunka	Doziranje agregata	Mešanje betona	Prenos betona	Ugrađivanje betona
Kiper-kamion Damper	*	*					
Elevator Transporter		*	*				
Vibraciono sito Rotaciono sito			*	*			
Mešalica za beton Fabrika betona				*	*		
Japaner Toranjski kran Betonska pumpa						*	*
Električni pervibrator Benzinski pervibrator							*

se mogu pomoću priključnih oruđa pretvoriti u različite mašine, sposobne da izvršavaju i veoma različite zadatke. Pri širem izboru mašina proučavaju se svi uslovi koje treba mašina da ispuni za pojedine operacije (tabl. 3). Zato se tehnološki proces raščlanjuje na pojedine sukcesivne operacije koje se pokrivaju odgovarajućim mašinama.

Eksplotacija građevinskih mašina. Pri uvođenju mašina u tehnološki proces mogu nastati tri slučaja: a) u proces se ubacuje po jedna mašina, koja nije vezana sa drugim mašinama, b) u procesu je nekoliko međusobno povezanih mašina i c) sve su mašine u nekom tehnološkom procesu međusobno povezane.

Kada tehnološki proces nije potpuno pokriven, nepokrivene se operacije izvršavaju ručnim radom, za što treba dovoljno radne snage. U slučaju a) karakterističan je primer nepovezana betonska mešalica za koju treba obezbediti dovoljno radne snage za njeno punjenje i za odvoz betona. Međutim, ima i mašina koje obavljaju ceo niz operacija. To su tzv. kompleksne mašine, kao npr. skreper, koji može obaviti operacije iskopa, utovara, transporta, istovara i ugrađivanja.

Ako se slučaj b) kombinuje s manuelnim radom, treba kao i u slučaju a) pravilno odrediti odgovarajući ekvivalent radne snage da bi se obezbedilo u celosti učinak koji odgovara mehanizovanom delu tehnološkog procesa.

Na toj tzv. dodirnoj operaciji često je puta pogodno da se ubaci tzv. regulator (deponija, odnosno skladište), kako ne bi dolazilo do zastoja u radu usled kvara mašina, ni do zastoja zbog nedovoljnog broja radnika.

Za mašine povezane u proizvodnom lancu treba odgovarajućim organizacionim merama da se usklade njihovi kapaciteti i neprekidnost proizvodnje. Uz ranije navedeno usklađivanje mašina cikličkog i kontinualnog dejstva regulatorom, kao i uz obezbeđenje dovoljnog broja rezervnih mašina, treba: a) obezbediti rezervne izvore pogonske energije, b) obezbediti službu opravki i održavanja mašina, c) obezbediti dovoljne rezerve materijala koji se prerađuje, d) nastojati da se što je moguće veći deo procesa automatizuje i podvrgne elektronskoj kontroli, e) obezbediti praćenje proizvodnje odgovarajućom službom evidentiranja, da bi se tačno omogućio uvid u rad i funkcionisanje svake pojedine mašine i f) da bezbednost radnika bude maksimalno zadovoljena, tako da se onemogućuje povrede bilo koje vrste.

Tablica 4
VREMENSKI RAZMACI PLANSKIH OPRAVKI MAŠINA

Grupa mašina	Vremenski razmak opravki mašina u časovima				
	Tekuće opravke			Srednje opravke	Velike opravke
	male	srednje	veće		
Motori s karburatorom, kompresori, traktori	120	480	—	1440	2880
Pružne mašine, motorna vozila (bez motora)	192	—	—	1920	3840
Bageri zapremine kašike 0,5 m ³ bez motora, bageri vedričari, parne lokomotive uskog koloseka	240	480	1440 do 2880	5760	11520
Kranovi na parni pogon i sa motorima na unutrašnje sagorevanje; bageri zapremine kašike veće od 0,5 m ³	240	480	960 do 3840	7560	15360
Mešalice, mašine za pranje i sortiranje agregata, dizel-motori, valjci, dizalice, transporteri	288	—	—	2016	4032
Drobnice, ručne dizalice, centrifugalne crpke, torkret-aparati, teške za savijanje armature	480	—	—	1920	3840

Organizacija mašinskog rada. Pri modernom izvođenju radova sve je veće učešće mehanizacije i neophodno je da se svi poslovi i zadaci vezani za rad mašina posebno organizuju.

U toku rada mašine pojedini njeni delovi se troše, habaju. To trošenje ima svoje granice preko kojih se ne sme preći, jer u protivnom može doći do znatnih oštećenja ispravnih delova. Granice trošenja pojedinih delova treba da se predvide tehničkim uslovima opravki što je obuhvaćeno tzv. tolerancama, do kojih istrošenost ne utiče na rad i kapacitet mašine.

Opravke mašina. Za blagovremeno otklanjanje kvarova korisni su tzv. profilaktički pregledi. To se postiže planiranjem radova na održavanju i opravkama. Njih treba po pravilu obaviti u zimskom periodu, kada su mašine van pogona. Planske periodične opravke obuhvataju tekuće opravke, srednje i velike ili generalne opravke mašina (tabl. 4).

Pod *tekućim opravkama* podrazumeva se opravka mašina tokom proizvodnje (otklanjanje manjih kvarova, održavanje mašina u pogonskoj ispravnosti, zamena čeličnih užadi u mašinama sa mehaničkim komandama, zamena habajućih delova).

Pod *srednjim opravkama* podrazumevaju se periodičke opravke, 1...2 puta godišnje (demontaža pojedinih delova mašina, zamena istrošenih ili neispravnih delova). Potpuno se ne rasklapa cela mašina.

Pod *velikim opravkama* podrazumevaju se planske opravke, pri kojima se mašina mora potpuno rastaviti radi detaljnog pregleda u cilju utvrđivanja njihove ispravnosti (zamena svih neispravnih ili istrošenih delova).

TROŠKOVI MEHANIZOVANOG RADA

Utvrđivanje troškova mehanizovanog rada ima dvojaku svrhu: u prvom redu, za upoređenje ekonomičnosti različitih mašina, a zatim za određivanje troškova proizvodnje, odnosno prodajnu cenu građevinske usluge. Pri radovima malog obima neki put je potrebno utvrditi opravdanost primene mehanizovanog rada. To su tzv. jednokratni troškovi koji se za neki određeni posao javljaju jedanput, a obuhvataju dopremu i puštanje mašina u rad.

Troškovi mehanizovanog rada mogu biti: a) troškovi osnovnog sredstva koji obuhvataju troškove amortizacije, investiciono održavanje, kamatu i osiguranje; njima treba dodati troškove transporta, uključenja mašina u rad i jednokratne troškove; b) eksploatacioni troškovi u koje spadaju troškovi održavanja mašina tokom rada, troškovi habajućih delova, troškovi pogonske energije i maziva te troškovi rukovalaca i pomoćnog osoblja.

Da bi se dobila prodajna cena radnog časa mašine, treba pomnožiti zbir troškova osnovnog sredstva i eksploatacionih troškova sa faktorom kojim se obuhvataju troškovi režije i dobiti.

Troškovi *amortizacije* ili otpisa mašine koji omogućuju da se radom mašine realizuju finansijska sredstva za nabavku nove, iste takve mašine (ili po potrebi neke druge). Jedinu ispravan način obračuna amortizacije (otpisa) jest takav da se on obavlja proporcionalno trošenju mašine kao osnovnog sredstva. Vek trajanja jest onaj broj radnih časova koji neka mašina može da ostvari u radu pod normalnim uslovima. *Ekonomski vek* trajanja jest broj radnih časova u okviru kojih troškovi proizvodnje ne izlaze iz ekonomski opravdanog okvira. Da bi se dobio uvid u ekonomski vek trajanja, daju se uporedni podaci za propise koji važe u nas i koji se koriste u Zapadnoj Evropi (tabl. 5).

U praksi se operiše i sa tzv. *normalnim vekom* trajanja mašina, pod čime se podrazumeva ono vreme za koje mašina zastareva, jer su je pretekale po svojim osobinama (performansama) novije, modernije mašine, koje bilo da imaju veći učinak ili su tehnološki savršenije te troše manje radne snage i energije. U svetu se računa sa periodom zastarevanja od 5 do 8 godina.

Troškovi investicionog održavanja obuhvataju srednje i velike (generalne) opravke. Uobičajeno je da se obračunava godišnje, i to u procentu od nabavne vrednosti mašine. U nas ti procenti iznose za mašine 10%, a za vozila 12%. Vrednost godišnjeg otpisa i investicionog održavanja daje se u tabl. 6.

Tablica 5
EKONOMIČAN BROJ RADNIH ČASOVA MAŠINA

Naziv mašine	Narodne novine NRH 14/47	U Zapadnoj Europi
Bageri, univerzalni dizel	11 500	15 750
Buldozeri	7 200	8 000
Skreperi (na pneumatski pogon)	—	10 000
Grejderi	—	10 000
Utovarivači	—	10 000
Ježevi za nabijanje zemlje	—	8 000
Valjci svih vrsta, dizel	9 400	—
Vučeni vibracioni valjci	—	13 500
Kamioni	(175 000 km)	10 000
Damperi	—	10 000
Transportne trake	11 500	11 250
Dizel-lokomotive	9 400	11 250
Baterijske lokomotive	—	10 000
Žičane željeznice	—	22 500
Autodizalice	(21 600)	15 500
Kabel-kranovi, derik-kranovi	(21 600)	(22 500)
Toranjski kranovi	(21 600)	22 500
Čeljusne drobilice	17 300	22 500
Konusne drobilice	17 300	22 500
Mlinovi sa valjcima	17 300	22 500
Mlinovi čekićari	9 400	22 500
Vibraciona sita	9 400	12 500
Pokretna drobilna postrojenja	17 300	12 500
Kompresori, stabilni	14 400	22 500
Kompresori, pokretni	9 400	11 250
Pneumatske bušilice	5 800	6 750
Bušilice, perkusione	—	11 250
Mešalice za beton — manje	9 400	11 250
Mešalice za beton — veće	11 500	11 250
Fabrike betona	—	11 250
Pervibratori	—	2 500
Vibratori	9 400	4 500
Betonski topovi	—	11 250
Pumpe za beton	7 200	10 000
Injekcioni aparati i torkret-aparati	14 400	11 250
Centrifugalne pumpe (bez motora)	14 400	11 250
Ventilatori (bez motora)	11 400	22 500
Elektromotori	—	22 500
Dizel-motori	—	6 750
Parni i eksplozivni maljevi	—	12 500
Transformatori	21 600	—
Elevatori sa kofama	11 500	—
Mašine alatjike (strugovi, bušilice, testere...)	14 400	—
Električni aparati za zavarivanje	7 200	—

Kamate na osnovna sredstva jesu troškovi koji se obračunavaju na sadašnju vrednost osnovnih sredstava, tj. onu koja se krajem godine dobija nakon odbijanja vrednosti godišnjeg otpisa (amortizacije). Isto se tako obračunava i iznos za osiguranje.

Troškovi uključanja mašina u rad (jednokratni troškovi) odnose se na rad mašine na nekom određenom gradilištu te treba tačno utvrditi vreme rada u časovima, da se dobiju troškovi po jednom radnom času mašine. To su troškovi utovara i transporta s manipulacijom do gradilišta i troškovi puštanja u pogon. U to treba uključiti i montažu ako se radi o dizalicama (toranjska dizalica), drobilanama sa separacijama, fabrikama betona, asfaltnim bazama i sl. Puštanje u pogon obuhvata tzv. probni pogon, koji može trajati i nekoliko nedelja. U ove troškove treba obračunati i troškove stajanja (nerada) mašina za vreme probnog pogona, jer se one troše, a troše i pogonsku energiju.

Za novije mašine na pneumaticima koje su samohodne, troškovi mogu obuhvatiti samo troškove transporta. Za drumska vozila, ukoliko ona odlaze na gradilište sa korisnim teretom, ovi troškovi mogu i otpasti. Kada se mašinom tokom rada na gradilištu koristi na više radnih mesta (mešalice za beton, kompresori, dizalice i dr.), treba obračunati i troškove premeštanja. U visokogradnji, ako se radi o primeni lako montažnih toranjskih dizalica i sitne mehanizacije, naročito ako se primenjuje transportovani beton, jednokratni troškovi mogu se obračunati kao režijski troškovi. U jednokratne troškove

unose se i troškovi vraćanja mašine u bazu (demontaža, manipulacija i transport).

Eksploatacioni troškovi mašina obuhvataju sve troškove koji su u neposrednoj vezi sa mašinom tokom njenog proizvodnog rada. Ovamo ulaze troškovi održavanja i servisiranja (male i srednje opravke i dnevni servis, pranje i podmazivanje), troškovi habajućih delova (zamenjena guma ako su mašine i vozila na pneumaticima, sečiva pri bagerima, buldozerima, skreperima i utovarnim lopatama, čeličnih užadi za mehaničke komande, čeljusti drobilica, lopatica na mešalicama itd.), troškovi pogonske energije, maziva i pomoćnog materijala te troškovi ručnovalaca mašina i njihovih pomoćnika. Svi ti troškovi svode se na radni čas mašine.

Troškovi održavanja (male i srednje opravke) se procenjuju ili utvrđuju na bazi iskustvenih podataka o izvršenju istih ili sličnih radova. Pri tome može se koristiti i uputstvima proizvođača opreme, koji se baziraju na statističkim podacima, te se mogu smatrati dovoljno tačnim.

Tablica 6
GODIŠNJI OTPIS I INVESTICIONO ODRŽAVANJE

Vrsta mašine	Godišnji otpis %	Investiciono održavanje %
Traktori, manji	25	15
Traktori, veći	20	15
Skreperi	20	15
Bageri na gusenica	25	15
Istovarivači, pozadi		
lakši	25	15
teški	20	15
Motorni valjci	15	12
Valjci na pneumaticima, samohodni	33	30
Kompresori	25	15
Pneumatski alat	25	10
Težinski dozatori	25	17
Mešalice za beton sa benzinskim motorom	30	12
Automešalice za beton sa benzinskim motorom	25	12
Pumpe za beton sa benzinskim motorom	20	15
Vibratori za beton sa elektromotorom	25	10
Toranjске dizalice	20	15
Autodizalice	20	15
Traktor-dizalice		
manje	25	10
veće	17	10
Čeljusne drobilice	17	12
Centrifugalne pumpe sa elektromotorom	17	15

Tablica 7
VREDNOST KOEFICIJENTA p U REALIZACIJI (6)

Uslovi rada	Vrsta vozila		
	skreperi	damperi	istovarivači kroz dno
povoljni	0,45	0,40	0,50
prosečni	0,55	0,50	0,60
nepovoljni	0,65	0,60	0,80
veoma nepovoljni	0,75	0,70	0,90

Troškovi održavanja E_0 u din/h izraženi su obrascem:

$$E_0 = \frac{N_c p}{15000} \quad (6)$$

gde je N_c nabavna vrednost mašine (osnovnog sredstva u dinarima), p koeficijent ovisan o vrsti mašine i o uslovima rada (tabl. 7).

U nedostatku drugih tačnijih podataka za ostale građevinske mašine, u zavisnosti od izloženosti habanju, mogu se prihvatiti vrednosti koeficijenta p u iznosu od 1/3 do 1/2 navedenih vrednosti u tabl. 7 prema uslovima rada i vrsti posla.

Troškovi zamene i održavanja guma obračunavaju se za vozila mašine na pneumaticima isključivo po radnom času u zavisnosti od uslova eksploatacije (tabl. 8) za razliku od drumskih vozila gde se obračunava po prevezenom tona-kilometru. Da bi se moglo da obračunava koštanje po radnom času, potrebno je preračunati vek trajanja guma u km u zavisnosti od eksploatacione brzine po radnom času (tabl. 9). Vrednosti u tablici pomnožene sa nabavnom cenom guma jesu troškovi zamene guma. Ovim troškovima treba dodati i troškove održavanja, koji prema iskustvu iznose oko 10% od troškova zamene.

Tablica 8
VEK TRAJANJA PNEUMATIKA (h)

Uslovi rada	Vrsta vozila		
	skreperi	damperi	istovarivači kroz dno
povoljni	5000	4000	8000
prosečni	3500	3000...3500	5000
nepovoljni	2000	2000...2500	3500

Tablica 9
KOEFIČIJENTI ZA OBRAČUN KOŠTANJA ZAMENE
GUMA PO RADNOM ČASU

Eksploataciona brzina km/h	Vek trajanja pneumatika		
	20000 km	40000 km	60000 km
20	0,001	0,0005	0,00033
40	0,002	0,0010	0,00067
60	0,003	0,0015	0,00100
80	0,004	0,0020	0,00150

Proračun utroška pogonske energije (gorivo i mazivo) različit je za elektromotore i motore sa unutrašnjim sagorevanjem. U oba slučaja mora se uzeti u obzir njihovo opterećenje.

Opšti je obrazac za proračunavanje utroška goriva u kg/h

$$G = N_0 g_s, \quad (7)$$

gde su N_0 nominalna snaga motora u kW, g_s specifična potrošnja goriva u $\text{kgkW}^{-1}\text{h}^{-1}$. Brzohodni dizel-motori manje snage imaju specifičnu potrošnju $\sim 0,30$, a oni veće snage $\sim 0,25$, benzinski motori manje snage $\sim 0,35$, a oni veće snage $\sim 0,30 \text{ kgkW}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Utrošak električne energije (kWh) elektromotora obračunava se množenjem snage motora (kW) sa koeficijentom potrošnje 0,45...0,75 (srednja vrednost $\sim 0,60$).

Uobičajeno je da se troškovi maziva i rad na podmazivanju mašina uzimaju u iznosu 10% od vrednosti utrošenog goriva.

Tačnija vrednost u kg/h može se dobiti prema obrascu:

$$G' = \frac{N_0 g'_s k_e c}{t}, \quad (8)$$

gde je N_0 nominalna snaga motora u kW, g'_s specifična potrošnja maziva ($0,0034 \text{ kgkW}^{-1}\text{h}^{-1}$), k_e srednja vrednost 0,60, c masa ulja u karteru (obično od 0,21 do 0,31 kg/kW), t vreme između dve zamene ulja u karteru, obično oko 200 radnih časova.

Troškovi radne snage (rukovalaca mašinama). Za njihov proračun potrebno je da se zna kakva se kvalifikacija radne snage zahteva za određenu vrstu mašine i koliko je radnika poslujuće.

Tablica 10
GODIŠNJI FOND RADNIH ČASOVA

Klimatsko-meteo- rološki uslovi	Broj radnih smena		
	1	2	3
nepovoljni	1000	1600	2100
povoljni	1600	2560	3360
veoma povoljni	2000	3200	4200

Za proračun koštanja radnog časa mašine potrebno je znati veličinu radnog fonda tokom cele godine (godišnji fond radnih časova). U tablici 10 daju se orijentacione vrednosti tog fonda u odnosu na klimatsko-meteorološke uslove i na broj smena.

MAŠINE ZA ZEMLJANE RADOVE

Potreba za izvođenjem obimnih zemljanih radova danas je sve češća. Dok su ranije zemljani radovi bili uglavnom vezani za izgradnju železničkih pruga, danas uporedo sa razvitkom industrije i saobraćaja sve više rastu potrebe za obimnim zemljanim radovima na hidroenergetskim objektima, na saobraćajnicama, kanalima i objektima za melioracije.

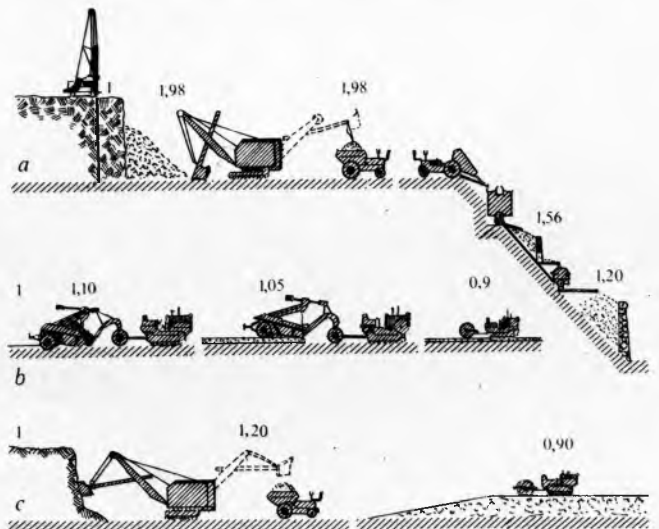
Po svojoj prirodi zemljani radovi su veoma raznovrsni. Dok se pri izgradnji kanala i pri melioracijama može primeniti jedna vrsta mašina, dotle se pri izgradnji puteva i aerodroma mogu primeniti sasvim različite mašine. Za hidroenergetske objekte, tj. velike brane, potrebno je ugraditi velike količine zemljane mase, te se tu, radi specifičnih uslova, moraju primeniti i specifične mašine. Zemljani se radovi prema vrsti zemljišta i uslovima rada mogu svrstati u sledeće grupe: iskop u zemljištu u suvo, iskop pod vodom, iskop u steni u suvo i iskop u steni pod vodom. Uz ovo dolaze i radovi pod zemljom (tunelski radovi), koji mogu biti u zemlji ili u steni.

U poslednje su se vreme u različitim zemljama razvile nove vrste mašina za zemljane radove. U pogledu njihove razvojne linije može se navesti da je umesto transporta na koloseku izvršen prelaz na vozila na pneumaticima (vozila na gusenicama veoma se retko upotrebljavaju). U primeni su traktori i na gusenicama i na pneumaticima. Umesto pogona na paru skoro sve mašine se izrađuju sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Elektromotori se primenjuju za velike mašine i pogone, kao što su veliki bageri.

Veoma je karakterističan nagli razvoj mašina za iskop po ravnom, kao što su buldozeri, skreperi i utovarivači. U novije vreme u naglom je razvoju proizvodnja univerzalnih mašina sa priključnim oruđima, kao što je npr. sa osnovnim bagerom, sa osnovnim traktorom sa priključcima i sl.

Karakteristično je za zemljane radove da učinak mašina zavisi od prirode zemljišta, pri čemu je važna klasifikacija zemljišta. Za radove na iskupu dovoljna je klasifikacija zemljišta na pet kategorija: a) zemlja, b) laporovita glina, c) trošna stena, d) glineni škrljac i e) stena.

Više je uobičajena klasifikacija koja vodi računa o geomehaničkim karakteristikama zemljišta: laka peskovita ilovača, razmekšana glina, pesak i šljunak, obična zemlja, ilovača, dobro minirana stena, običan iskop sa komadima stena i korenjem, lepljiva glina, slabo minirana stena.



Sl. 1. Rastresitost materijala pri različitim vrstama građevinskih radova. a rad u majdanu, proizvodnja agregata, b iskop, nasipanje i valjanje zemlje, c iskop i ugrađivanje nasutog materijala

Pri zemljanim radovima veoma je važno da se vodi računa o sabijenosti materijala. Pri iskupu se obično računa sa tzv. *zdravicom*, tj. iskop se meri prema količini u sraslom stanju. Tokom iskopa materijal se rastresa. Za različite vrste materijala podaci o masi materijala i njegovoj rastresitosti nalaze se u tabl. 11 (sl. 1).

Svaki zemljani rad obuhvata sledeće operacije: iskop, transport i nasipanje. Pri nekim radovima operacije transporta mogu da budu dominantne, dok pri drugim one se svode samo na prebacivanje na kraće rastojanje. I operacija nasipanja može da bude važna kada se radi o izradi nasipa vodojaža. Ako se moraju izvesti sve navedene operacije, daće se prednost mašinama koje ih mogu izvršiti same. (To su tzv. kompleksne mašine, npr. skreperi.)

Tablica 11
GUSTINA MATERIJALA I RASTRESITOST

Materijal	Gustina u sraslom stanju kg/m ³	Rastresitost %	Koeficijent rastresitosti k_r	Gustina u rastresitom stanju kg/m ³
Suva glina	1370	25	0,80	1090
Laka glina	1660	30	0,77	1280
Zbijena, žilava ili vlažna glina	1780	33	0,75	1340
Suva zemlja	1660	25	0,80	1330
Vlažna zemlja	2000	25	0,80	1600
Zemlja pomešana sa peskom i šljunkom	1840	18	0,85	1570
Mešavina zemlje i kamena (šut)	1490...1780	30	0,77	1140...1370
Suvi šljunak	1930	12	0,89	1720
Mokar šljunak	2140	14	0,88	1900
Mešavina ilovače i humusa	1600	20	0,83	1330
Tvrda stena dobro minirana	2380	50	0,67	1590
Drobljeni kamen i stena	1930...2330	35	0,74	1430...1720
Škriljci ili meka stena	1780	33	0,75	1340

Pri izboru građevinskih mašina za zemljane radove treba voditi računa o količini radova, roku izvršenja i o razvučenosti gradilišta. Nadalje, treba voditi računa o mesnim okolnostima kao što su vrsta zemljišta, nosivost tla, vodostaji i klimatski uslovi. O njima zavise metode rada, izbor mašina i izbor transporta (transport po koloseku ili transport na pneumaticima).

Također uslovi dopreme i povraćaja mašina sa gradilišta, mostovi, vođeni tokovi, putevi, dalekovodi i sl. mogu biti odlučujući faktori pri izboru veličine mašina i izboru radnih mesta (npr. za velike bagere). Visoke vode, način iskopa i okupiranost terena mogu usloviti primenu mašina (npr. bagera) s obzirom na mogućnost njihovog kretanja i premeštanja.

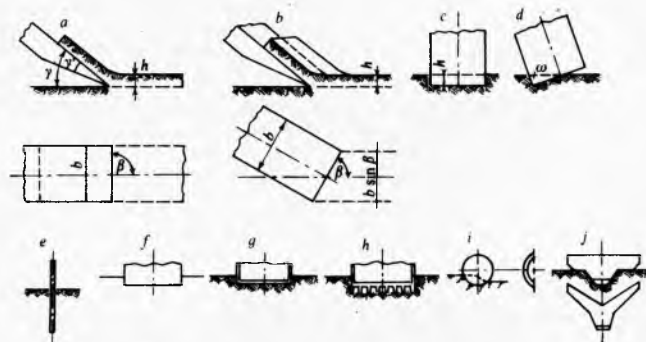
Različiti uslovi kao mogućnost napajanja mašina električnom energijom, snabdevanja radnom snagom i uslovi ishrane radnika mogu odlučiti o vrsti mašine.

Pri zemljanim radovima može se računati sa godišnjim radnim vremenom od 2300 do 2600 radnih časova za lake materijale, a za teške materijale od 1900 do 2400 radnih časova.

Osnovi teorije rezanja i kopanja zemlje. Mašine za kopanje zemlje mogu se svrstati prema načinu rada, tj. da li rade kontinualno ili ciklički. Mašine kontinualnog dejstva jesu bageri, grejderi, rijači i sl. Mašine sa cikličnim dejstvom jesu: bageri sa jednom kašikom, buldozeri, skreperi, utovarivači i sl. Za te mašine karakteristično je da neravnomerno koriste snagu pogonskog motora tokom rezanja i transporta zemlje. Tako npr. bageri za vreme okretanja koriste oko 20 do 30% snage potrebne za rezanje zemlje. Osnovne teorije o rezanju zemlje radnim organima dali su Dombrovski, Zelenin i Dalinin (SSSR). Kao osnovni organ za rezanje zemlje javlja se klin za rezanje u različitim oblicima (sl. 2). Karakteristike klina za rezanje

jesu: širina, ugao oštice i njegove strane. Položaj klina ili noža u prostoru karakterišu uglovi nagiba prema zemlji, prema smeru rezanja i ugao u odnosu na vertikalu.

Organi za rezanje jesu: a) elementarni organ za rezanje, koji se primenjuje u rijačima i krličnim drenažama, b) plosnati nož, koji se primenjuje u buldozerima i grejderima, c) sečice za rezanje, koje se primenjuju u skreperima, bagerima vedričarima, rovokopačima i sl., d) sečice sa zubima, na kašikama bagera i bagera vedričara, e) sferni disk elevejting-grejdera i f) plug za razrivanje zemlje.



Sl. 2. Oruđa za rezanje zemlje. a) klin sa uglom zahvata $\beta = 90^\circ$, b) klin sa uglom zahvata $\beta \neq 90^\circ$, c) klin sa uglom zasecanja $\omega = 0^\circ$, d) klin sa uglom zasecanja $\omega \neq 0$, e) elementarni organ rezanja, f) nož za rezanje ploštice, g) nož sa perimetrom za rezanje, h) nož sa nazubljenim perimetrom, i) sferični nož, j) plužni nož

Tablica 12
KOEFIČIJENTI REZANJA TLA PREMA DOMBROVSKOME (N/cm²)

Vrsta zemljišta	Bager		Skreper
	sa čeonom kašikom	sa skreper-skom kašikom	
Suv pesak, rastresit	0,16...0,25	0,28...0,45	0,25...0,40
Pesak, glinoviti pesak, peskovita glina (vlažna)	0,30...0,70	0,60...1,20	0,53...1,05
Peskovita glina, šljunak sa sitnim srednjim zrnom, laka glina, vlažna i nezbijena	0,60...1,30	1,00...1,90	0,95...1,80
Srednje teška glina ili teška nezbijena, glinac	1,15...1,95	1,60...2,60	1,50...2,50
Teška glina	2,00...3,00	2,60...4,00	2,50...3,90
Laporac, lakši peščari	2,80...3,25	3,10...4,20	—
Teška suva glina	2,25...4,70	2,80...6,00	—
Rastresita stena	—	—	—

Kako će se zemlja deformisati prilikom rezanja, zavisi od granulometrijskog sastava i od sadržaja vode. Pri rezanju peskovitog zemljišta ispred elementarnog organa obrazuje se talas. Zemlja u plastičnom stanju seče se u kontinualnim slojevima (sl. 2), dok se koherentna i suva zemlja lomi u komade. Kidanje zemlje pri kopanju obično se obavlja pod uglom koji je blizak uglu unutrašnjeg trenja. Prema Gorjackinu otpor rezanja zemlje može se izraziti obrascem:

$$W_r = K A, \quad (9)$$

gde je K specifičan otpor rezanja zemlje, A površina poprečnog preseka sloja.

Ovo je svakako prva aproksimacija, jer otpor rezanja raste sa dubinom, sa stepenom porasta od 1...2 i zavisi od sastava tla. Sem toga, otpor zavisi i od konstruktivnih karakteristika organa za rezanje i od režima rezanja. Manji je otpor rezanja ako je razmak zuba veći a brzina rezanja manja. Pri porastu brzine rezanja od 0,4 na 2,0 m/s raste otpor rezanja za 11...12%. Uobičajene brzine rezanja jesu 0,5...1,5, a retko do 2,0 m/s. U proučavanju je primena tehnike vibriranja radi smanjenja otpora rezanja.

Analogni obrazac onomu za rezanje vredi za kopanje zemlje:

$$W_k = K_k A. \quad (10)$$

Vrednosti koeficijenta rezanja K odgovaraju vrednostima koeficijenta kopanja K_k za pesak, peskovitu glinu, glinoviti pesak, srednje tešku i tešku glinu.

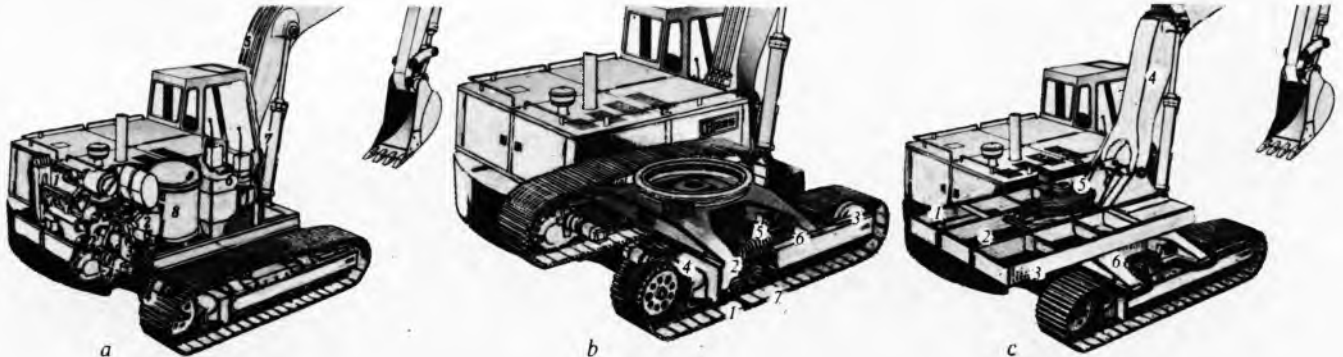
Bageri (v. *Bagerovanje*, TE 1, str. 636). U novije vreme razvojna linija bagera prelazi na hidraulične komande i hidraulični pogon. Ovde su obuhvaćeni hidraulični bageri i bageri sa teleskopskom katarkom. Hidraulični bageri su prvo primenjeni u SAD. Bageri sa čeonom kašikom za operacije dizanja katarke i istovara korpe imaju hidrauličke cilindre sa dvostrukim dejstvom. Sasvim hidraulični bageri imaju uljne pumpe za pogon motora a rade sa pritiskom (sl. 3). Bageri novijih konstrukcija imaju uljni pritisak do 25 MPa, a ima modela i sa pritiskom do 40 MPa. Raspodela snage i prenos obavlja se metalnim cevima i specijalno armiranim cevima. Preopterećenje mašine tokom rada eliminiše se sigurnosnim ventilima. Primenom hidrauličnog pogona moguće je potpuno eliminisati kvačila, menjačke kutije, kočnice i čeličnu užad sa dobošima. Na taj način se smanjuju habanje i zastoji zbog zamene užadi i pohabanih delova. Komandovanje je lakše i udobnije, te je moguć kontinualan prelaz iz jedne operacije u drugu. Takvi bageri su pokretljiviji i obično imaju nešto kraći radni ciklus od bagera sa mehaničkim komandama. Bageri novijih konstrukcija imaju obično dve uljne pumpe, a ima ih i sa više pumpi.

S obzirom na uključanja hidrauličnog prenosa postoje bageri sa delimičnim i sa punim hidrauličnim pogonom. Bageri

sa delimičnim hidrauličnim pogonom izvršavaju sve radne operacije preko takvog pogona, a bageri sa punim hidrauličnim pogonom i kretanje bagera. Treba razlikovati i način regulisanja prenosa snage motora na pojedine pumpe. Pri tzv. krutom sistemu pumpa radi sa konstantnim pritiskom bez obzira na opterećenje, dok pri sistemu sa regulisanjem snage pritisak tečnosti je promenljiv i zavisi od opterećenja. Pri radu više pumpi snaga motora može se rasporediti prema njihovom broju, ili što je bolje i ekonomičnije, rasporediti prema opterećenju. Zato se primenjuje poseban regulator.

Dok su u početku i hidraulični bageri konstruisani kao univerzalni, sa mogućnosti priključnih oruđa, danas se veći bageri konstruišu uglavnom samo sa čeonom kašikom. Pre par godina maksimalna veličina kašike je iznosila oko 3,0 m³, danas postoje konstrukcije sa više od 6,0 m³ (sl. 4 i 5).

Bageri sa teleskopskom katarkom. Pre dvadesetak godina počeo je razvoj hidrauličnih bagera sa teleskopskom katarkom. Prvi modeli imali su veoma skromne mogućnosti, kao što su obrtanje katarke oko podužne osovine za 45° u oba smjera, domet oko 4,5 m sa motorom snage 17,5 kW. Danas se izrađuju veoma moćne mašine snage oko 176 kW, sa obrtnom katarkom u oba smera (neograničeno), sa dužinom katarke 16 m, i sa raznim radnim organima, kao povlačnom i dubinskom kašikom zapremine 1,5 m³, visinskom (čeonom) kašikom i zahvatnom kašikom od po 0,9 m³, nožem za planiranje dužine 3000 mm i trapeznom lopatom za iskop kanala do 4100 mm širine.



Sl. 3. Konstrukcija hidrauličkog bagera. a) 1 pogonski motor, 2 dve aksijalne klipne pumpe, 3 zupčasta pumpa sa dvojnóm komorom, 4 aksijalni klipni motori za pogon gusenica, 5 armirana gumena creva, 6 servoventili, 7 hidraulični cilindar, 8 rezervoar ulja; b) 1 gusenice sa koturačama, 2 vodeći točkovi, 3 točak za zatezanje gusenice, 4 pogonski točak, 5 opruga za zatezanje gusenice, 6 nosači, 7 ploče gusenice; c) 1, 2, i 3 nosači bagerske kućice, 4 krak, nosač bagerske kašike, 5 hidraulični uređaj, 6 nosači



Sl. 4. Hidraulični bager sa dubinskom kašikom, snage motora 220,8 kW (300 KS) i zapreminom kašike od 3,0 m³

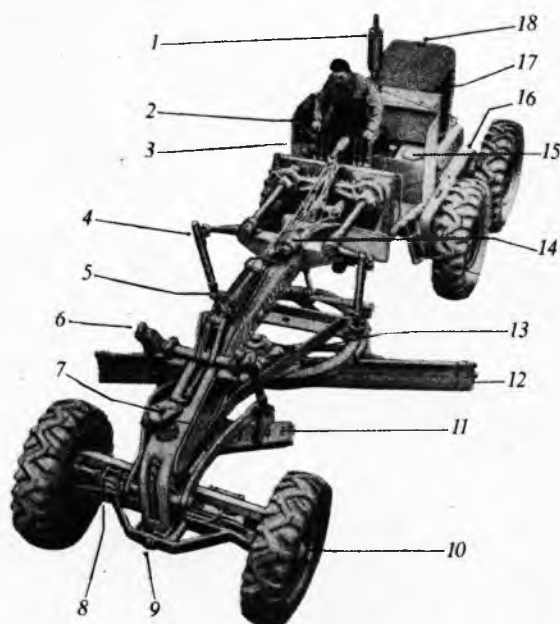


Sl. 5. Hidraulični bager sa čeonom kašikom, snage motora 420 kW (572 KS) i zapreminom kašike 4,6 m³

Osnovna karakteristika ove vrste bagera je promenljiva dužina katarke. Oni imaju postolje na gusenicama ili na pneumaticima. Postoji i kombinacija gusenica i pneumatika, pri čemu pneumatici služe samo za transportovanje bagera sa jednog radnog mesta na drugo, a gusenice omogućuju veću stabilnost. Prednost takve vrste bagera u odnosu na klasične univerzalne bagere jest u preciznom vođenju kašike tokom rada, što ih čini pogodnim za fine zemljane radove, kao npr. fina planiranja kosina i iskopa (useka i zaseka). Nedostatak im je što su osetno skuplji od univerzalnih bagera, jer se ova vrsta bagera može smatrati specijalnim mašinama. Danas se ova vrsta bagera proizvodi u velikom asortimanu s obzirom na vrstu postolja i snagu motora, odnosno veličinu radnih organa (sl. 6).



Sl. 6. Bager sa teleskopskom kašikom zapremine 800L, snage motora 73,6kW (100KS) i dometom u daljinu 10,0m, u visinu 6,3m i u dubinu 7,4m



Sl. 7. Motor-grejder. 1 izduvna cev sa prigušivačem, 2 hidraulične komande, 3 upravljač, 4 nosači točka sa nožem, 5 cilindar rijača, 6 nosači rijača, 7 veza ručnog i hidrauličnog upravljača, 8 cilindar za iskretanje točkova, 9 osovina prednjeg trapa, 10 prednja guma, 11 rijač, 12 nož grejdera, 13 hidraulični motor za okretanje točka sa nožem, 14 motor za isturanje noža u stranu, 15 rezervoar za ulje, 16 tandem-pogon zadnjih točkova, 17 motor AU-350, 18 hladnjak

Grejderi su mašine za finije zemljane radove, kao što su različita profilisanja, planiranja i razastiranja. Oni imaju svestrano pokretljiv nož, koji se nalazi između prednjih i stražnjih točkova. Danas se proizvode skoro isključivo kao samohodni, sa dve do tri osovine, od kojih su jedna ili dve pogonske. Snage motora su 29...95 kW. Glavni radni deo je nož, koji je pričvršćen na nazubljenom prstenu većeg prečnika, pomoću kojega se može da okreće oko vertikalne osovine. Pomoću posebnih uređaja prsten se može obrtati oko horizontalne osovine tako

da se može izdizati i spuštati nož iznad tla, menjati ugao noža prema horizontali u oba smisla, promeniti ugao u odnosu na smer kretanja grejdera, isturati nož u stranu u odnosu na smer kretanja (sl. 7 i 8).

Dužina blago zaobljenog noža iznosi 2500...4800 mm, a visina do 500 mm. Prednji točkovi su svestrano pokretljivi, tako da su grejderi pogodni i za izradu kosina. Učinak se povećava ako grejder sa prednje strane ima rijač za raskopavanje zemlje, ili ako ima mali čeonik raonik (priključno oruđe).

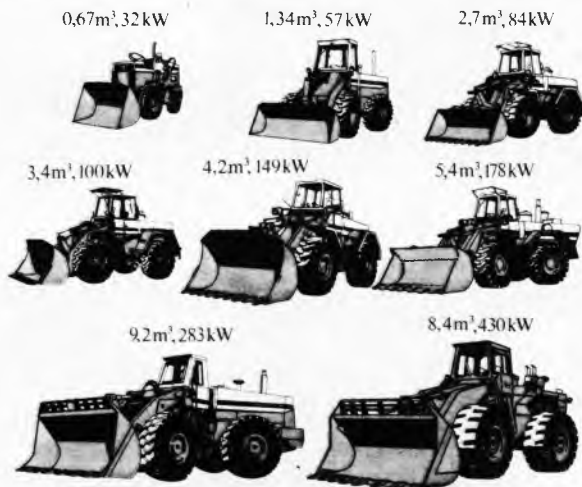


Sl. 8. Motor-grejder na planiranju donjeg sloja, sa uređajem za automatsko održavanje nivelete elektronom

Primenljivost grejdera i njegov kapacitet povećavaju se primenom priključnih oruđa (buldozerski nož, rijač, nož za čišćenje snega i transporter sa gumenom trakom). Mesto originalnog noža primenjuje se nož tanjurastog oblika (diskos) koji rotira i zaseca zemlju, koja se zatim pomoću transportera izbacuje u stranu ili ubacuje u vozila.

Grejderi su pogodni za: a) skidanje humusa (za tu vrstu radova to su odlične mašine, specijalno kada se radi o uklanjanju vegetacije), b) izradu škarpi (kosina) i kanala (veoma su pogodni za otvorene jarkove u lakom zemljištu, za rigole, kao i za niske škarpe sa deponovanjem materijala sa strane), c) iskop i nasipavanje (izrada puteva), d) popunjavanje iskopa (deponija), e) lako skidanje materijala (iskop postelje sa deponijom sa strane), f) mešanje različitih materijala (mešanje prethodno usitnjenih materijala i razastiranje u tankim slojevima), g) izrada bitumenskih zastora (razastiranje mase u tankim slojevima) i h) čišćenje snega.

Utovarivači (utovarne mehaničke lopate) služe za utovar materijala u transportna sredstva, a po potrebi mogu kopati i utovarivati lak i sipak materijal. Sastoje se od traktora na gusenicama ili na pneumaticima, na kojima je montirana kašika sa polugama i hidrauličnim komandama. Po konstrukciji i načinu rada ima ih više vrsta: utovarivači sa čela, utovarivači preko

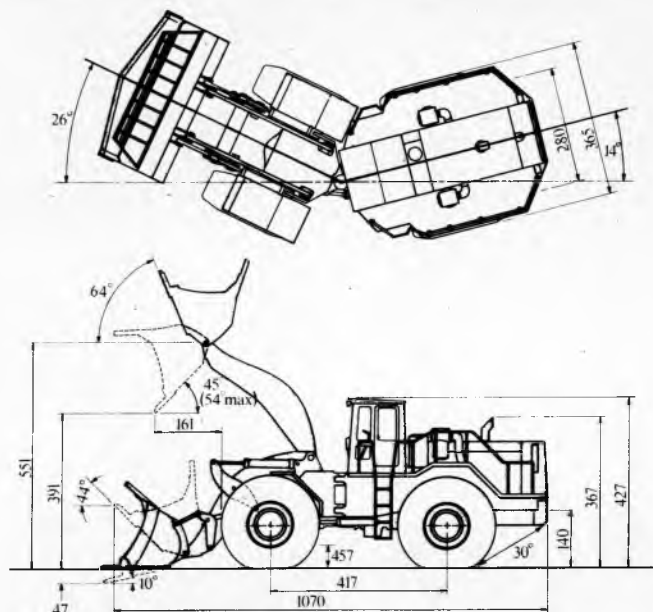


Sl. 9. Familija utovarnih mehaničkih lopata zapremine kašike 0,67...9,2m³ i snage motora 31,6...430,6kW (43...585KS)

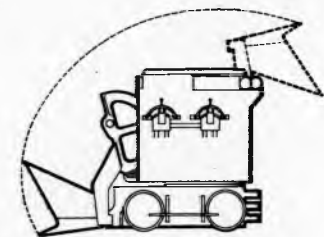
glave i utovarivači sa kolicima. Utovarivači sa samo jednom kašikom imaju zapremine kašike 0,3...3,5 m³, a snagu motora 44...66 kW/m³ zapremine kašike.

Teži se da im se pokretljivost poveća, što se postiže konstrukcijom dvodelne šasije. Za potrebe hidrogradnje konstruišu se kašike do 6,00 m³ zapremine, sa snagom pogonskog motora do 276 kW. Sve veća je orijentacija na utovarivače na gumenim točkovima (pneumaticima).

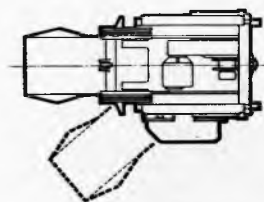
Utovarivači sa čela kretanjem napred zahvataju materijal lopatom i izdižu ga do visine transportnog sredstva, pri tome se ili okreću ili kreću unazad da bi materijal istovarili u transportno sredstvo. Mana im je da se ne mogu obrtati na mestu kao bageri. Pogodni su za utovar materijala sa deponija, ukoliko ne postoje silosi (sl. 9, 10 i 11).



Sl. 10. Konstrukcija mehaničke utovarne lopate sa zglobovom šasijom, zapremine kašike 6,0 m³



Sl. 11. Utovarna lopata EIMCO 21 za rad u tunelu, na pneumatski pogon i utovar preko čela



Utovarivači za utovar preko glave. Za razliku od utovarivača za utovar sa čela ovi utovarivači prebacuju natovarenu lopatu preko glave vozača da bi je istovarili. Time oni dobijaju na brzini rada, jer posle hoda unapred vozilo ne treba da se obrće. Po svojoj konstrukciji razlikuju se dva tipa: prvi, lakše konstrukcije, za rad sa sipkim materijalom i drugi, koji je teške konstrukcije i specijalno je konstruisan za rad u majdanima. Za rad u majdanima primenjuju se isključivo utovarne lopate na gusenica.

Razvoj konstrukcije mehaničkih utovarnih lopata teži ka povećanju snage pogonskog motora i u vezi s tim povećanju zapremine kašike. One su na pneumaticima sa niskim pritiskom,

imaju dvodelnu šasiju vezanu zglobovom i veoma su pokretljive, zahvaljujući hidrauličnim komandama. U pogledu dometa one se izjednačuju sa hidrauličnim bagerima i osnovna razlika jest samo u robusnosti konstrukcije i u donjem stroju koji u bageru velike moći leži na gusenica. Mehaničke utovarne lopate imaju zapreminu kašike 6,00...9,20 m³.

Specijalne mehaničke utovarne lopate (mašine) mogu da posle prebacivanja lopate preko glave lopatu okrenu u stranu, tako da mogu puniti vozila sa strane.

Učinak mehaničke utovarne lopate u m³/h izračunava se prema obrascu:

$$U_p = \frac{60}{T_c} k_v k_p q, \quad (11)$$

gde je T_c ukupno trajanje radnog ciklusa u min, k_v koeficijent iskorišćenja radnog vremena, k_p koeficijent punjenja, a q učinak u jednom radnom ciklusu.

Ukupno trajanje ciklusa T_c iznosi: za utovarivač sa čela 75...90 s, za utovarivač preko glave 60...75 s, za lopatu sa uređajem za obrtanje glave 30...60 s. U tabl. 13 dan je pregled primene mašina za iskop u suvom.

Tablica 13
PREGLED PRIMENE MAŠINA ZA ISKOP U SUVOM

Mašina	Iskop	Utovar	Transport	Razastiranje i planiranje	Način iskopa
Bager sa čeonom kašikom	*	*			u visinu
Bager sa dubinskom kašikom	*	*			u dubinu
Bager sa skreperskom kašikom	*	*	delimično		u dubinu
Bager sa zahvatnom kašikom	*	*	delimično		u dubinu
Teleskopski bager	*	*		delimično	u visinu i u dubinu
Buldozer	*	—	delimično	*	u slojevima
Skreper	*	*	*	*	u slojevima
Grejder	*		delimično	*	u slojevima
Mehanička utovarna lopata	*	*	delimično		u visinu

Mašine za iskop i radove u steni obuhvataju pneumatski alat i pribor te bušaća kola. Pogon im je na sabijeni vazduh (v: Bušaći čekići, TE 2, str. 551, v. Kompresori, TE 7, str. 221).

MAŠINE ZA SABIJANJE TLA

Intenzivna izgradnja nasutih zemljanih brana početkom ovog stoljeća dovela je do naglog razvoja mašina za sabijanje tla. Na gradnjama prastarih brana u Indiji iskorištava se isključivo ljudska radna snaga. Uz ručno kopanje zemlju su prenosili kuli (nosači) u kotaricama na glavi, uglavnom žene, i nabijali je bosim nogama.

U SAD (od 1922. god.) problem sabijanja tla obrađivan je na naučnoj bazi. Od 1901. do 1922. god. zemlja se sabijala valjcima sa stočnom vučom. Na branama Tabaud i Jackson Creek zemlja se sukcesivno nasipavala u tankim slojevima i valjala. Primećeno je da konjska kopita i naplaci na kolima znatno povećavaju sabijanje. Prvi valjci (tzv. ježevi) primenjeni su 1922. god. u Kaliforniji. Od 1922. do 1934. god. sve brane u Americi nabijane su tim valjcima i od tada se ježevi smatraju klasičnim sredstvom za sabijanje tla. A. Hasen i R. R. Proctor postavili su tih godina temelje naučnim metodama sabijanja tla.

Poslednjih godina pojavili su se vibracioni valjci i valjci na pneumaticima, koji su se brzo raširili u SAD, a odatle i po drugim zemljama, naročito u Francuskoj.

Svrha nabijanja tla jeste da se skрати vreme sleganja i da se poveća nosivost nasutih slojeva ili prirodnog tla. Valjanje povećava gustinu tla.

Mašine koje se primenjuju za sabijanje tla dele se na statičke i dinamičke. Po pravilu su statičke mašine bolje za sabijanje koherentnih materijala, dok su dinamičke povoljnije za sabijanje nekoherentnih materijala. Podela mašina za sabijanje tla data je u tabl. 14.

Tablica 14
PREGLED MAŠINA I SPRAVA ZA SABIJANJE TLA

Mašine sa statičkim dejstvom (valjci)		
Glatki valjci	sa jednim valjkom	
	sa tandem-valjcima	
	sa tri valjka	
	sa tri osovine	
Posebne mašine	Ježevi	
	Kompaktori	
	Valjci sa segmentima	
	Valjci sa mrežom	
Mašine sa dinamičkim dejstvom		
Nabijači	bez pogonskog motora	Ručni nabijači Ploče za nabijanje
	sa sopstvenim pogonom	Eksplodivski nabijači Mali nabijači
Vibracione mašine za površinsko nabijanje	Vibratori sa balastom	Vučeni vibrovaljci Dvojni vibrovaljci Tandem-vibrovaljci Troosovinski vibrovaljci Vibracioni ježevi Vibracioni kompaktori
Vibracione mašine za dubinsko vibriranje	Vibratori skakavci	Male vibroploče Kombinovane vibroploče Velike vibroploče Mamut-vibratori

Jež se sastoji od glatkog valjka, kome su po površini zavarene noge (stariji tipovi) ili bodlje radi prodiranja u nasutu zemlju sabijanja. Valjak je izrađen od lima debljine 15...30 mm, sa zatvorenim stranama, pa se može puniti vodom ili vodom i peskom. Dužina noge (bodlje) jest 18...23 cm okruglog ili kvadratnog preseka (kao srubljeni čun ili piramida), a izrađene su tako da ne čupaju zemlju prilikom gaženja. Noge (bodlje) su raspoređene tako da ih na kvadratni metar omotača dolazi 10...12. Ima specijalnih konstrukcija, u kojima se noge (bodlje) mogu odstranjivati pa se dobija za potrebe transporta gladak



Sl. 12. Samohodni vibracioni jež, mase 9,0t, snage motora 82,3kW (112KS) sa 2500min⁻¹

valjak. Po masi i nameni ježevi su: a) ježevi srednje mase 2...4t, kojima je prečnik valjka (bez nogu ili bodlji) 1,00 m, dužina valjka 1,20 m, a dužine nogu (bodlji) 0,18 m; b) ježevi mase 8...14t, kojima je prečnik valjka (bez nogu ili bodlji) 1,50 m, dužina valjka 1,50 m, a dužina nogu (bodlji) 0,23 m.

Obično se valjanje retko izvodi samo sa jednim valjkom, nego sa grupom od dva, tri ili četiri valjka zajedno. Valjci moraju da imaju mogućnost prilagođavanja neravninama na nasipu i zato su međusobno vezani pomoću zglobova (sl. 12).

Gustina sabijene zemlje raste sa brojem prelaza ježeva i asimptotski se približava nekoj određenoj granici. Porast gustine ekonomičan je do tzv. ekonomičnog broja hodova. Za svaki rad u praksi treba izvršiti prethodne probe, obično na tzv. probnom polju.

Debljina nasutog sloja ne sme da bude veća od 1,20D, gde je D dužina noge (bodlje). U početku rada na nabijanju one se potpuno ubadaju u nasip, pri kraju nabijanja jedva u njega prodiru. Brzina hoda pri valjanju (ukoliko je u razumnim granicama) nema uticaj na kvalitet nabijanja.

Vučna sila kretanja valjka jest funkcija tla (koje se nabija) i brzine kretanja. U prvoj aproksimaciji može se računati sa srednjom veličinom potrebne vučne sile koja je jednaka 25% od težine valjka za slabo koherentno zemljište, odnosno 40% od te težine za jako koherentno zemljište.

Valjak na pneumaticima sastoji se od čeličnog sanduka, koji leži na više gumenih točkova. Sanduk se puni vodom, peskom ili tegovima. U naročito teškim modelima, da sanduk ne bi bio odviše glomazan i valjak teško pokretljiv, opterećuje se isključivo tegovima. Za obezbeđenje podjednagog prenošenja opterećenja na tlo postoji uređaj za jednaku raspodelu tereta na sve točkove, bez obzira na neravnosti zemljišta. U protivnom može doći do nejednagog opterećenja točkova i neravnomernog sabijanja tla, a sem toga će se i preopterećene gume preterano zagrevati i trošiti. Postoji više uređaja koji su većinom patentirani, npr. Albaret, sa prenosom opterećenja pomoću kablova i koturača te hidrauličkih uređaja.

Valjci na pneumaticima prema svojoj masi čine tri grupe: a) valjci mase 5...15t, koji imaju grupisane točkove u dva reda. Veličina guma je obično 7,50 × 15". Oni se upotrebljavaju uglavnom pri građenju puteva. Raspodela opterećenja zbog velikog broja točkova nije podjednaka (sl. 13). b) Valjci mase 45...50t, kojima je masa kad su prazni obično 11...14t. Oni uglavnom imaju po četiri točka u jednom redu sa uređajem za raspodelu tereta pomoću užeta i koturača. Gume su im veličine 18,00 × 24" sa 24 uložaka. Sanduk može biti od jednog komada ili podeljen na dva, odnosno četiri dela. Ovi valjci imaju široku primenu pri građenju visokih nasutih brana, sletno-poletnih staza na aerodromima i građenju puteva. c) Valjci mase 100...200t, koji su konstruisani specijalno za građenje aerodroma i njihova primena je dosta ograničena.

Pri istoj masi valjka sabijanje će biti jače ukoliko je unutrašnji pritisak u gumi veći zbog većeg specifičnog opterećenja na tlo. Pritisak točka je približno ravan unutrašnjem pritisku



Sl. 13. Kompaktor sa 4 + 5 pneumatika, mase 9,0...27t i snage motora 70,7kW (96KS)

u gumi i znatno je manji od pritiska koji može ostvariti jež. Upoređenje ovih dveju vrsta valjaka dosta je delikatno, jer im je način dejstva različit. Gume ne ubadaju u nasip i ne lome njegove čestice. Sabijanje se upotrebom valjaka na pneumaticima ostvaruje približavanjem čestica, bez većeg kretanja jednih prema drugima, te se njihovo dejstvo prema tome približava dejstvu konsolidacije, a uloga vremena čini se, pri tome ima neku važnost. Zato je važno da brzina kretanja valjaka na pneumaticima bude maleha, pogotovo onih najtežih.

Proračun učinka polazi od količine energije sabijanja, koju prima svaki kubni metar zemlje. Tipizaciju sabijanja u laboratoriji postavio je R. R. Proctor. Malj mase m pada 75 puta sa određene visine h . Tako se predaje uzorku zapremine V energija sabijanja C u J/m^3 :

$$C = \frac{75ghG}{V} \quad (12)$$

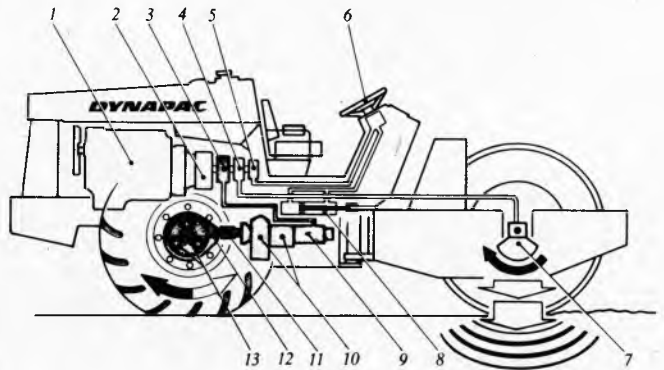
Na gradilištu se energija sabijanja može odrediti pomoću obrasca:

$$C = \frac{nZ}{bd}, \quad (13)$$

gde je n broj prelaza valjaka po jednoj traci, Z efektivna vučna sila na kuki traktora, b korisna širina valjaka, d debljina sloja posle nabijanja.

Vibracioni valjci. Masa vibracionih valjaka jeste 340...5000 kg. Njihova je frekvencija 20...75 Hz (1200...4500 min^{-1}). Tokom rada može se isključiti vibrator te ovi valjci dejstvuju kao statički valjci. Masa je takvog valjka znatno manja te zahteva manju vučnu silu. Vibracioni valjci uspešno sabijaju nevezani materijal debljine nasutog sloja do 0,40 m sa samo nekoliko prelaza, a uz to mogu sa uspehom valjati i slabo vezane materijale. Rezultati ispitivanja uporednog dejstva statičkih i

dinamičkih valjaka pokazali su da mali vibracioni valjak mase 340 kg, prečnika 570 mm, sa specifičnim opterećenjem od 0,48 MPa (4,8 kp/cm^2) jednim prelazom postiže identično dejstvo kao i statički glatki valjak profila 800...1600 mm sa 2...3 puta većim pritiskom pri valjanju peska srednje krupnoće (sl. 14, 15, 16).



Sl. 16. Shema samohodnog vibracionog valjka. 1 pogonski motor, 2 pogonska pumpa, 3 hidraulična pumpa za vožnju, 4 hidraulična pumpa za vibriranje, 5 hidraulična pumpa za upravljanje, 6 ventil za upravljanje, 7 hidraulični motor za vibriranje, 8 cilindar za upravljanje, 9 hidraulični motor za vožnju, 10 trobrzinski prenos, 11 kardanski zglobovi, 12 diferencijal i 13 planetarni prenos

Dejstvo vibracionog valjka u dubinu znatno je veće od dejstva statičkog valjka. Optimalne su frekvencije vibracionih valjaka oko 40 Hz. Iz ekonomskih razloga smatra se da je optimalan broj prelaza 3...5, jer sa povećanjem broja prelaza ne raste ekvivalentno i sabijenost.

Kada će se koja vrsta valjaka primeniti, zavisi prvenstveno od geomehaničkih uslova, zatim od tehničkih uslova i propisane tehnologije, i od drugih specifičnih uslova.

Redosled izbora mašina za sabijanje tla u zavisnosti od geomehaničkih uslova vidi u tabl. 15.

Tablica 15
PREGLED POVOLJNOSTI MAŠINA ZA SABIJANJE TLA

AASHO klasifikacija	Vrsta zemlje	Redosled mašina za sabijanje prema povoljnosti	Optimalna vlažnost %
A-1-a A-1-B	granulirani materijal	vibracioni valjak pneumatski valjak glatki valjak	7...15
A-24 do 7	granulirani materijal sa zemljom	vibracioni valjak pneumatski valjak glatki valjak	9...18
a-3	fini čisti pesak	pneumatski valjak glatki valjak	9...15
a-4	prašina	jež pneumatski valjak glatki valjak	10...20
A-5	elastična prašina	jež vibracioni valjak pneumatski valjak glatki valjak	10...35
A-6	prašinasta glina ilovača	jež pneumatski valjak glatki valjak	10...30
A-7-5 A-7-6	elastična prašinasta glina	jež vibracioni valjak pneumatski valjak glatki valjak	20...35 15...35

Ostale mašine za sabijanje tla. Pored navedenih mašina u primeni su i obični glatki valjci (cestovni valjci). Cestovni valjak ima više mana: teško se penje sa jednog sloja na drugi; teško se kreće po nasutom materijalu, osobito ako je sloj deblji; dejstvo sabijanja takvog valjka prodire na manju dubinu; pri valjanju tim valjkom može doći do guranja



Sl. 14. Glatki vibracioni valjak, mase 9,1 t, snage motora 69,9 kW (95 KS), sa 2300 min^{-1}



Sl. 15. Dvojni vibracioni valjak na hidraulični pogon, mase 7,0...8,5 t

nasutog materijala. Ova vrsta valjka je pogodna za valjanje lomljenog kamena i krupnog šljunka. Pri optimalnoj vlažnosti materijala može valjak sa tri osovine mase 10t uvaljati sloj debljine 0,10m sa 3...6 prelaza.

Druga vibraciona sredstva su nabijači kao npr. vibrosoli i vibracione ploče. Pogon im je sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Imaju ugrađen vibrator sa 1200 min^{-1} , prilikom rada sami se kreću unapred (poskakuju), a održavanje pravca kretanja postiže se upravljačem (*Delmagove žabe*).

MAŠINE ZA PRERADU KAMENA I ŠLJUNKA

Droblilice za kamen (v. *Drobljenje*, TE 3, str. 395). Pri preradi kamena u betonski agregat redovno nije moguće jednom operacijom dobiti željeni granulometrijski sastav, nego se mora preći drobljenju u nekoliko uzastopnih faza: primarno drobljenje, sekundarno drobljenje i korekcija.

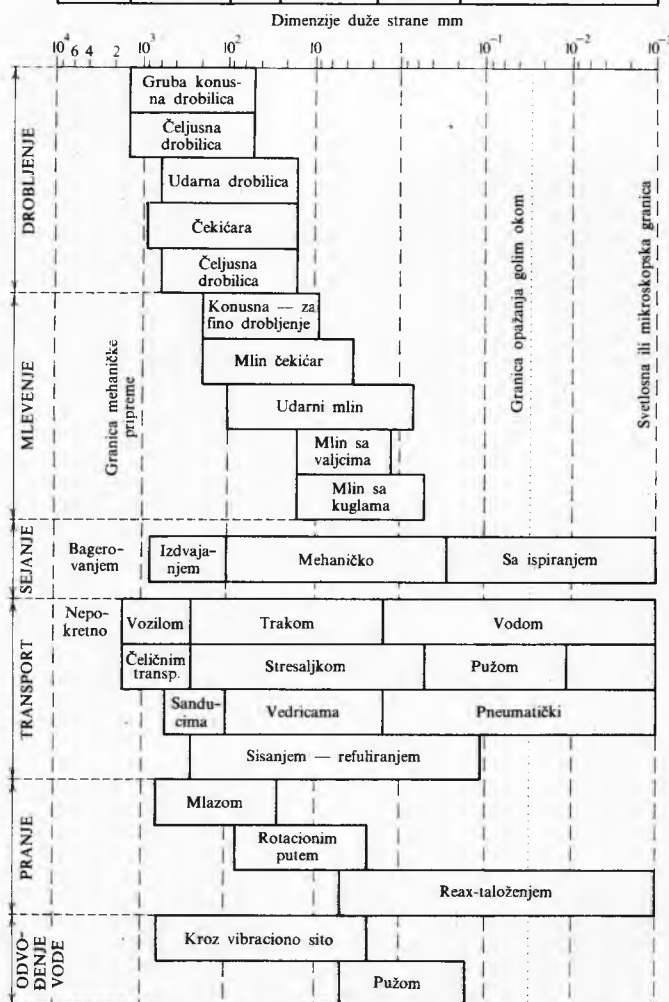
Primarno drobljenje obuhvata preradu sirovog materijala (obično neposredno iz majdana, šljunčare ili pozajmišta) do usitnjenja 70...100 mm.

Sekundarno drobljenje obuhvata dalji stepen prerade do usitnjavanja u najsitnije frakcije (samo u ograničenim količinama). Gotovo je redovno da krupnijih frakcija ima odviše, a sitnijih premalo.

Korekcija (kompenzacija) je treći stepen drobljenja i ona obuhvata dalju fazu prerade viška krupnijih frakcija da bi se popunio manjak u sitnim frakcijama.

Za primarno drobljenje služe čeljusne ili konusne drobilice (kružne drobilice). Za sekundarno drobljenje primenjuju se

Otpucavanje	Primarno drobljenje	Sekundarno drobljenje	Mlevenje
Blokovi	Komadi	Tucanik	Sitnež
			Pesak
			Prašina



Sl. 17. Izbor i primena sredstava za drobljenje, mlevenje i presejavanje

čeljusne, kružne drobilice (tzv. granulatori) i udarne drobilice. Za korekciju, tj. preradu krupnijih suvišnih frakcija u sitnije, služe mlinovi sa valjcima, kuglama ili šipkama, mlinovi čekićari i male kružne drobilice (zirosfere).

Droblilična postrojenja i separacije. Pri snabdevanju gradilišta betonskim agregatom nije moguće primeniti samo jednu ili poneku mašinu za drobljenje ili prosejavanje, jer ni jedna zasebna pojedinačna mašina ne može dati traženu granulaciju. Sem toga, pri eksploataciji majdana ne bi bio ekonomičan postupak koji bi davao veoma sitan kamen, nego se redovno odabire postupak kojim se dobija dosta krupan kamen, koji se utovaruje bagerima kašikarima (zapremina kašike do $2,3 \text{ m}^3$ s otvorom čeljusti na drobilici od 1200...1500 mm), a transportuje se teškim kiperima ili istovarivačima pozadi. Na taj način se štedi na troškovima bušenja i na eksplozivu, pri čemu se glavni zadatak poverava primarnim drobilicama, koje treba da dalje usitnjavaju kamen.

Vrsta mašina	Okretaji min^{-1}	Usitnjavanje	Specifični učinak m^3/h				Specifična potrošnja energije $\text{kW m}^{-3} \text{h}^{-1}$				Abanje g/t	
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Obične čeljusne drobilice	250...320	1:3...1:4										
Čeljusne droh primarne	150...200	1:5...1:7										
sa klatnom sekundarne	200...300	1:5...1:7										
Udarne čeljusne drobilice	375	1:5...1:10										
Konusne drob primarne	300	1:20										
Konusne drob sekundarne	300...750	1:6...1:10										
Konusne drob. zirosfere	300...750	1:12										
Mlinovi sa valjcima	600...100	1:3...1:4										
Mlinovi sa šipkama	do 1:50											
Mlinovi čekićari	500...2500	1:30										
Udarne mlinovi	200...1400	1:30										

Sl. 18. Karakteristika mašina za preradu kamena

Izbor mašina. Za izbor mašina mjerodavni su podaci koji su dati na sl. 17 i sl. 18. Primenom konusnih drobilica može se postići veći stepen usitnjavanja uz povoljniji oblik zrna, ali one zahtevaju znatno veću visinu celog postrojenja. Ova vrsta drobilica ne zahteva uređaje za hranjenje, ali su takvi uređaji neophodni za čeljusne drobilice. Konusne drobilice nemaju prazan hod, što nije slučaj sa čeljusnim, koje moraju imati teške zamajce, da bi im rad bio ravnomerniji. Na izbor mašina utiče i vrsta kamena koji će se drobiti.

O spravljanju betona, mešalicama za beton, pumpama za beton i mašinama za obradu betona v. *Beton*, TE 2, str. 1.

MAŠINE ZA TRANSPORT I VUČU

Poslednjih trideset godina primenjuju se u SAD transportna sredstva van koloseka, koja služe za zemljane radove većeg obima, i za radove na izgradnji puteva. Za razliku od drumskih vozila i kamiona, vozila van javnih puteva takva su transportna sredstva koja se mogu kretati po svakom terenu (zemljani put, usek, nasip ili pozajmište). U ovu grupu vozila dolaze damperi, istovarivači pozadi i istovarivači kroz dno. Poslednjih godina ova se vozila primenjuju i u Evropi.

Tipovi vozila. Osnovna razlika između drumskih vozila i vozila van javnih puteva u njihovoj je robusnosti i brzini kretanja. Drumska vozila imaju odnos mase konstrukcije prema masi korisnog tereta 0,7...0,8, dok u vozilima van javnih puteva taj odnos jest oko 1. Za drumska vozila potrebna je snaga 15kW za tonu korisnog tereta, dok je kod vozila van javnih puteva potrebno 9...11 kW. Zato su drumska vozila skoro dva puta brža, ali i znatno osetljivija. U pogledu gabarita vozila van javnih puteva nisu toliko vezana za postojeće propise drumskog saobraćaja. Moderna tehnika proizvodnje vrlo velikih guma omogućila je izradu vozila koja su u stanju nositi i do 200 t. Pored navedenih vrsta vozila ovamo se ubrajaju i skreperi, koji su i mašine za iskop i utovar i vozila van javnih puteva.

Damperi su manja vozila, nosivosti 3...7 t, zapremine koša do 4,0 m³. Damperi imaju krutu vezu motora sa menjačem i diferencijalom. Zadnja osovina je pogonska i ona ima velike pneumatike, koji ujedno preuzimaju i ulogu gibnjeva i amortizera. Sedište vozača je obično tako podešeno da se može u toku rada obrtati za 180°, što omogućava vožnju u oba smera bez okretanja vozila. Istovaruje se odjednom oslobađanjem koša koji stoji u labilnoj ravnoteži. Lakim trzajem vozila koš se vraća u prvobitni položaj. Imaju veoma mali poluprečnik okretanja, do 3,0 m, a brzine vožnje su do 24 km/h. Pogodni su za prevoz bilo kojeg materijala, prvenstveno zemlje i kamena, a primenjuju se uglavnom za radove manjeg obima. Zbog visokog položaja težišta, dosta su nestabilni te treba voditi računa da poprečni nagib puta ne bude prevelik. To isto važi i za kretanje na velikim usponima (sl. 19).



Sl. 19. Mini damperi za unutrašnji prevoz na gradilištu

Istovarivači pozadi. To su teška vozila, pogodna za savlađivanje najtežih radova u građevinarstvu, a naročito u rudarstvu. Izrađuju se za 9...70 t nosivosti, sa sandukom zapremine 6...33 m³. U građevinarstvu se upotrebljavaju uglavnom do 35 t nosivosti (oko 22 m³). U manjim modelima, do 10 t, zadnja pogonska osovina ima dve gume, u srednje teškim vozilima postoje dve pogonske osovine sa po dve dvojne gume. Pražnjenje sanduka unazad obavlja se aktiviranjem teških hidrauličnih dizalica (jedne do dve). Operacija pražnjenja (istovara) traje 36...90 s. Pri radovima sa kamenom primenjuje se specijalna konstrukcija sanduka sa uloškom od hrastovine radi amortizacije udara većih komada. Za rad zimi imaju uređaj za odmrzavanje. Sanduk ima duplo dno, koje se zagreva gasovima iz motora. Vozačka kabina zaštićena je štitom, koji je preko nje prevučen, tako da je omogućen bezbedan rad i uz bagere sa velikom kašikom. Da bi rad sa utovarnim sredstvima bio ekonomičan, treba da je zapremina sanduka 3...6 puta veća od kašike utovarnog oruđa. Radi lakšeg rukovanja u toj vrsti vozila ugrađuju se hidraulični ili električni servomotori (sl. 20).

Istovarivači kroz dno. U takvoj vrsti vozila sanduk je vezan sa vučnim traktorom preko sedla. I to su teška vozila, pogodna



Sl. 20. Istovarivač pozadi (damper), nosivosti 40 t, snage motora 312,8 kW (425 KS), zapremine koša 19 m³

za teške zadatke. Izrađuju se za 10...60 t nosivosti, tj. do zapremine sanduka do 30 m³. Pražnjenje se obavlja otvaranjem dna po celoj dužini pomoću hidrauličnog uređaja. Vreme istovara je nešto kraće nego u istovarivačima pozadi, jer se istovariti može još dok je vozilo u pokretu. Za tu vrst vozila može se računati sa opterećenjem pogonske osovine do 50% od ukupne mase vozila, dok se za istovarivač unazad može računati sa 80%. Zato istovarivači kroz dno, zbog manje adhezije mase, mogu savladati uspone do 10%, a damperi i istovarivači pozadi uspone i do 20% (sl. 21).



Sl. 21. Istovarivač kroz dno, nosivosti 25 t, snage motora 220,8 kW (300 KS), zapremine koša 15 m³

Traktori na pneumaticima. Traktori na pneumaticima razvili su se zahvaljujući razvoju guma velikih dimenzija. Za razliku od traktora na gusenicama, oni mogu da razviju velike brzine uz dovoljnu vučnu snagu, što im u mnogome daje prednost. Oni ne isključuju traktore guseničare, nego se nadopunjuju. Neosporo je da traktori guseničari imaju prednost kada se radi o savlađivanju velikih uspona i pri radu na vrlo mekom terenu, jer imaju znatno veću površinu naleganja.

Veliki pneumatici za motorna vozila namenjena nošenju velikih tereta po zemljištu svih vrsta, kombinovano sa primenom brzhodnih dizel-motora, doveli su do revolucije u metodama izvođenja zemljanih radova. Osnovni razlog ovome je jednostavan. Gume velikih dimenzija imaju male unutrašnje pritiske. Usled toga nastaje naleganje veće površine na tlo, zbog čega se guma ne useca nego *pliva* i prijanja na neravnosti podloge. Na taj način se povećava adhezija, što povećava vučnu silu, odnosno otežava pojavu klizanja, tako čestu pri drumskim vozilima sa visokim pritiscima u gumama. Time je omogućeno kopanje, transport i planiranje po svim terenima i postizanje znatnih brzina po privremenim saobraćajnicama.

Pneumatici su veoma brzo postali neophodni za transportne daljine ~ 2000 m zbog ekonomičnosti. Vozila na pneumaticima se dopunjuju vozilima sa vučom na gusenicama i redovno su neekonomična na kraćim daljinama, jer ne mogu doći do izražaja svi visoki kvaliteti ove vrste vozila.

Konstrukcija pneumatika. Spoljna površina gume, koja naleže na tlo, ima specijalno oblikovano gazište, što je rezultat opsežnih proučavanja uslova eksploatacije (sl. 22).

Razlikuju se sledeći tipovi guma: gume za nošenje tereta, gume za vuču, gume za rad u kamenu.

Gume za nošenje tereta imaju oblik pravilno raspoređenih pločica ili dugmadi na gazištu. Taj model odlično nosi teret i dobro prenosi trenje na tlo. Njihova je specijalna primena za osovine koje nisu pogonske, kao što su osovine na vučnim skreperima, gume na valjcima sa pneumaticima i sl. Te gume su pogodne za samohodne skrepere pri radu na peskovitom ili šljunkovitom zemljištu, ili na mekom terenu.

Gume za vuču imaju veoma izražena rebra koja nisu zatvorena. Takva rebra omogućuju najveće iskorišćenje vučne sile. Same se čiste od blata i ilovače. Preporučuju se za samohodne skrepere i grejdere u najrazličitijim uslovima pogona, a za samohodne skrepere sa jednom pogonskom osovinom za vlažno i glinovito zemljište.

Gume za radove u kamenu imaju veoma razmaknuta ali zatvorena rebra. Svrha im je da što više štite skelet gume, da obezbede veliku sigurnost protiv habanja bez smanjenja sposobnosti prenošenja vučne sile. Specijalna im je primena za istovarivače pozadi pri radovima u majdanima i na stenovitom terenu te za skrepere na zemljištu sa škriljcima.



Sl. 22. Pneumatici sa niskim pritiskom za građevinske mašine. Primena pneumatika: 1 i 2 za nabijanje tla valjcima na pneumaticima; 3 za vučene skrepere i za prikolice; 4 za vuču teških tereta po javnim putevima i van njih; 5 za dugačke transporte van javnih puteva; 6 vučne gume za grejdere; 7 pneumatici za maksimalnu vuču, za buldozere na pneumaticima kada rade kao gurači; 8 za rad na zemljištu sa kamenjem daju maksimalan otpor protiv zasecanja; 9 teške gume za rad u majdanima, veoma otporne protiv zasecanja; 10 pneumatici za meko zemljište, sami se čiste; 11 pneumatici pogodni za radove u veoma teškim uslovima za rad u kamenu i na mekom zemljištu jer dobro plivaju

Sastavni delovi pneumatika jesu: peta, skelet, sloj za raspodelu naprezanja, gazište i vazдушna komora.

Peta ima uloške od čeličnih žica, koje su uklopljene u gumeni omotač sa unutrašnje strane zida. Svrha joj je da omogućiti dobar ležaj u obruču (felgi).

Skelet se sastoji od više uzastopnih uložaka tkanine, danas većinom od sintetičkih materijala. Oni su međusobno odvojeni tankim slojevima gume. Svrha je skeleta da armira gazište, te da ga tako načini trajnim i sposobnim za prijem naprezanja za vreme vožnje.

Sloj za raspodelu naprezanja i amortizaciju udara sastoji se od grubog pletiva i služi kao pokrivač skeleta.

Gazište se izrađuje od gume specijalnog kvaliteta otporne na habanje. Ima obrađenu površinu prema nameni gume i služi za nošenje tereta i obezbeđenje prenosa vučne sile motora. Debljina habajućeg sloja zavisi od uslova rada, jer taj sloj mora da bude u stanju da primi sve udare, čupanja i zasecanja.

Vazдушna komora, tj. unutrašnja guma, ima zadatak da drži vazduh pod pritiskom.

Drumska vozila. Uslovi rada drumskih vozila daleko su povoljniji od uslova za vozila van javnih puteva, zbog čega

ona mogu da budu mnogo slabije konstrukcije, s gumama mnogo manjih dimenzija, imaju obavezno gibnjeve, a često i amortizere. Drumska vozila imaju brzinu kretanja oko dva puta veću nego vozila van javnih puteva. Zbog potrebe za većom vučnom snagom drumska vozila imaju i veću snagu motora po neto toni nosivosti.

Za potrebe građevinarstva dolaze u obzir sledeći tipovi drumskih vozila: laka kombinovana kola, laki kamioni, kamioni srednje težine, teška vozila.

Laka kombinovana kola (kombi-vozila) mogu služiti za potrebe servisa, za brze transportne usluge i za prevoz osoblja. Nosivost im je oko 1,5 t.

Laki kamioni obično imaju uređaj za mehanički istovar istresanjem, a nosivost im je 3...5 t.

Kamioni srednje težine najčešće imaju mehanički uređaj za istovar, a nosivost im je 5...7 t.

Teška vozila (kamioni) retko imaju uređaj za mehanički istovar, jer su predviđena za duže vožnje, gde vreme utovara i istovara nije bitno. Ova vozila imaju ugrađeni priključak za prikolice, tako da se obrazuje vučni voz. To se ostvaruje pomoću kuke, ili specijalnog okretnog sedla (tip Federal). Nosivost im je 10, 15, 20, 25 i više tona.

Ovamo treba da se dodaju i specijalne prikolice za prevoz opreme i mašina, nosivosti do 50 t, vezanih za tegljač preko sedla.

Posebna grupa jesu specijalna vozila za prevoz vode i goriva (auto-cisterne, obično nosivosti 3...5 t), zatim vozila za prevoz cementa (silos-kamioni) i vozila za transport betona (trakmikseri).

Transport na koloseku, transportne trake i žičane železnice obrađeni su u posebnim člancima (v. *Železnice*, v. *Žičare*).

Mašine za prenos i dizanje. Za razliku od transportnih sredstava, kojima je glavni zadatak savlađivanje daljina uz eventualno istovremeno savlađivanje visina u znatno manjoj meri, mašine za prenos i dizanje i podižu i prenose teret. Materijal dopremljen sa većih udaljenosti obično se nakon dolaska na gradilište pretovaruje u dizalice i prenosnice da bi se ugradio ili prethodno preradio. Mašine za prenos i dizanje skoro su isključivo za unutrašnji transport, na gradilištu. One mogu biti sredstva i uređaji za dizanje tereta i sredstva i uređaji za dizanje i prenos tereta (v. *Prenosila i dizala*, v. *Vuča*).

Mašine za radove na putevima. Nagli razvoj drumskog saobraćaja zahteva povećanje osovinskih pritisaka, što postavlja posebne uslove u tehnološkom procesu građenja puteva. Pri mehanizovanju procesa posebno se rešava donji stroj (podloga), a posebno gornji stroj (zastor). Za izvedbu donjeg stroja posebno je pitanje stabilizacija tla kada se radi o iskorštenju lokalnih materijala. Pri izradi zastora postoje specifičnosti kada se radi o betonskim kolovozima u poređenju sa kolovozima od ugljovodoničnih veziva.

Pri izradi modernih kolovoza za intezivan saobraćaj i velike eksploatacione brzine zahteva se velika preciznost izrade i izvanredan kvalitet. Radi toga je neophodno da se materijal priprema u centralnim pogonima (slično kao za betonske brane), u fabrikama betona kada se radi o betonskim kolovozima, ili u asfaltnim bazama kada se radi o tzv. crnim kolovozima. Jedino će se na taj način moći ostvariti potrebna homogenost materijala, koja je preduslov za ujednačenost kvaliteta. U vezi s tim postavlja se i problem mehanizovanja celog tehnološkog procesa, jer je primena ručnog rada izvor slabog i neujednačenog kvaliteta, te se zbog toga mora izbegavati.

Sem izgradnje novih puteva dolazi u obzir i održavanje putne mreže. Za tu vrstu radova postoje i odgovarajuće mašine. O mašinama za zemljane radove, odnosno mašinama za radove u steni v. *Cesta*, TE 2, str. 600.

LIT.: A. Gabay, Les engins mécaniques de chantier. Th. Gauthier, Lausanne 1953. — H. Nickols, Moving the earth. North Castle Books, Connecticut 1955. — G. Garbotz, Baumaschinen und Baubetrieb. Carl Hanser, München 1956, 1957. — O. Walch, Baumaschinen und Baueinrichtungen. Springer Verlag, Berlin 1956, 1957, 1958. — Строительные машины, справочник, Москва 1963. — Н. К. Фенин, В. Г. Ясичевский, Организация и технология гидромелиоративных работ. Госиздат, Москва 1963. — B. Trbojević, Građevinske mašine. Građevinska knjiga, Beograd 1975.

B. Trbojević