

RAZVOJ HIDRAVLIČNE POGONSKE TEHNIKE SKOZI ČAS – 4. DEL: HIDRAVLIČNE DVIŽNE NAPRAVE

Darko Lovrec

Čim je Bramah uvidel uporabnost principa multiplikacije sile oz. premagovanja večjih bremen s pomočjo hidravlike, je zgradil prvo hidravlično stiskalnico ter širši javnosti prikazal njeno zmogljivost. Hidravlične stiskalnice so bile takoj prepoznane kot zelo koristne naprave za različna področja uporabe. Razen klasične rabe kot stiskalnice so jih pričeli uporabljati tudi za druge namene, npr. za dviganje težkih bremen. Tako se je hidravlična pogonska tehnika pričela uporabljati tudi v dvižnih napravah.

Prve hidravlične dvižne naprave so bile zelo podobne običajnim hidravličnim stiskalnicam, le da so bile prilagojene za dviganje bremen. Pojavile so se namenske dvižne naprave, najprej za dviganje manjših bremen, npr. različne dvigalke in dvižne ploščadi, kaj kmalu pa se je princip uveljavil tudi na drugih področjih. Pojavili so se žerjavi, najprej pristaniški žerjavi in nato še druge vrste žerjavov. Kar hitro pa se je hidravlična dvižna tehnika pričela uporabljati v visokih zgradbah za osebna dvigala.

Prve dvižne naprave so tesno povezane z Bramahom, razmah in nadaljnji pomemben razvoj osebnih dvigal pa z W. G. Armstrongom. Njegove hidravlične dvižne naprave so tako hitro osvojile tudi številna druga področja – v pristaniških dokih, v ladjedelnicah, na tovornih in vojaških ladjah, v manjših proizvodnih obratih pa še kje. Med prvimi je zasnoval tudi hidravlična osebna dvigala. Če je začetek njihovega razvoja povezan z Armstrongom, je nadaljevanje razvoja hitrih in zmogljivih osebnih dvigal povezan z Otisom. Brez dvoma lahko rečemo, da so do nadaljnjega razcveta hidravlike poleg nepogrešljivih hidravličnih stiskalnic pripomogle tudi hidravlične dvižne naprave. Razvoju področja dvižnih naprav se bomo posvetili v tem sestavku.

1 Hidravlična stiskalnica kot dvižna naprava

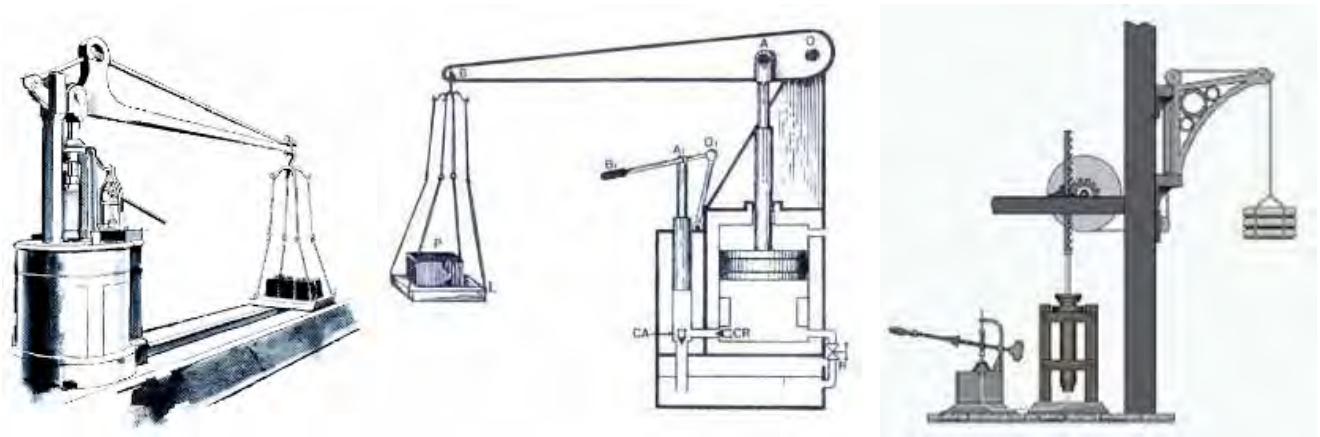
Za dviganje različnih bremen so se najprej uporabljale kar hidravlične stiskalnice v svoji osnovni obliki. Le delovanje in namen uporabe sta bila na-

sprotna: namesto stiskanja dviganje. Tako so bile prve hidravlične dvižne naprave dejansko kar hidravlične stiskalnice. Nekaj primerov teh prvih načinov uporabe hidravličnih stiskalnic smo že omenili v prejšnjem 3. delu pregleda mejnikov zgodovinskega razvoja hidravlične pogonske tehnike. To je bila hidravlična naprava za dviganje pilotov in stebrov iz zemlje, naprava za puljenje dreves s koreninami vred ter naprava za prikaz zmogljivosti hidravlike, izvedena kot dvižna naprava. [1]

Prvo hidravlično dvižno napravo je za dviganja težjih kosov hidravličnih stiskalnic v svoji delavnici uporabil že Bramah. Ko so imele stiskalnice še leseno ogrodje, hidravlične dvižne naprave še niso prišle povsem do izraza. Ko so pričeli uporabljati litoželezna ogrodja, pa brez zmogljivih dvigal ni šlo več. Eno izmed prvih dvigal oz. žerjavov, ki ga je Bramah uporabljal za lastne potrebe, prikazuje slika 1. Izvedba dvižne naprave izhaja iz hidravlične stiskalnice z navzgor delujočo batnico, povezano z mehanskim vzvodom. Ta dvižna naprava je dejansko povečana izvedba Bramahove naprave za prikaz delovanja in zmogljivosti hidravlike, t. i. »balancirke«, direktno hidravlično dvigalo z vzvodom – *slika 1*.

Svojo osnovno izvedbo hidravličnega dvigala z vzvodom je Bramah nadgradil z mehanskim sklopom zobnik-zobata letev, ki se je kasneje uporabljal za številne aplikacije dviganja bremen in vrtenja naprav ali večjih objektov. Poimenovanje indirektno dvigalo izhaja od vmesnega mehanskega prenosnika zobnik-zobata letev, ki omogoča pretvorbo linearne gibanja hidravličnega valja v rotacijsko gibanje vravnega bobna. Na ta način je dosegel dvig in spust bremena s frekvenco 15–20-krat v minuti pri višini giba 5,5–6 m, kar odgovarja hitrosti okoli 4 m/s. [2] Okoli leta 1805 je Bramah sklop zobnik-zobata letev uporabil tudi pri svojem lesnem skobeljnem stroju za izdelavo delov kočij, kasneje pa

Prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž.,
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo



Naprava za prikaz zmogljivosti hidravlike - balancirna naprava

Direktno hidravlično dvigalo, razvito iz balancirne naprave

Indirektno hidravlično dvigalo, 1802

Slika 1 : Prve izvedbe Bramahovih hidravličnih dvigal, Bramah, okoli 1802 [2]

ga je za pretvorbo translatorskega gibanja v rotacijo s pridom uporabljal Armstrong.

Bramah in Robinson sta leta 1844 izdelala tudi hidravlični premični mrtvaški oder, opremljen s hidravličnima valjema in črpalkama, ki je bil nameščen na londonskem osrednjem pokopališču Kensal Green in je služil ob pogrebni slovesnosti za spust krste v podzemne prostore, katakombe. Prvotna izvedba iz leta 1837 je bila opremljena z mehanskim vijačnim pogonom, ki je bil moteče glasen in pogosto v okvari. Zato se je tamkajšnje pogrebno podjetje odločilo, da vgradijo hidravlično dvigalo podobne izvedbe, kot so ga že uporabljali od leta 1839 dalje na pokopališču West Norwood – *slika 2*. Hidravlično dvigalo v Kensal Greenu je bilo veliko večje in težje od westnorwoodskega. Opremljeno je bilo z dvema valjema premera 110 mm in hoda 4,5 m, ki sta za nemoteno delovanje potrebovala dve ročno gnani črpalki,

ki sta ju sinhrono poganjala dva upravljavca naprave. Vsak gib ročice črpalke je povzročil dvig odra za približno 25 mm, kar je predstavljalo za doseganje zgornjega položaja odra dokajšen napor, pa čeprav je bilo v notranjosti katakombe dokaj hladno.

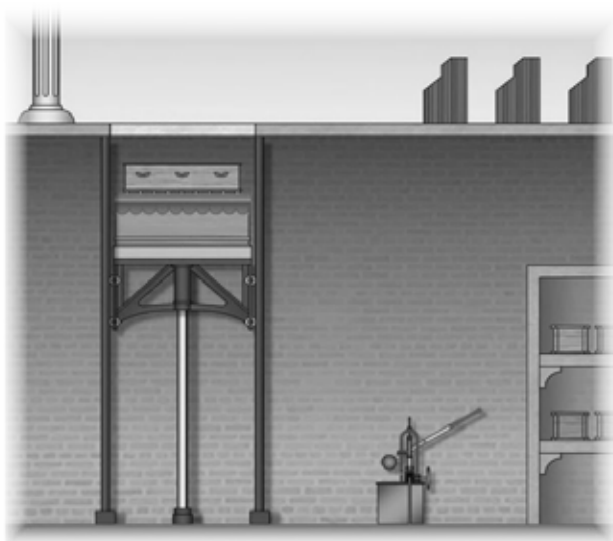
Obe dvižni napravi sta še vedno ohranjeni na svojem mestu v originalni obliki; vmes sta bili le ustrezno obnovljeni, da sta ohranili svojo funkcionalnost. Kolikor je znano, naj bi bilo to dvigalo najstarejši delujoč in še vedno praktično uporaben hidravlični sistem na svetu. Enako bi načeloma lahko rekli za Bramahovo balancirno napravo (dejansko direktno dvigalo), ki je v Muzeju znanosti v Kingstonu, a v tem primeru je govor bolj o napravi za demonstracijo kot dejansko namensko hidravlično napravo.

Omenjena dvižno-spustna naprava za krste mogoče na prvi pogled predstavlja nekoliko »poseben« primer uporabe hidravličnih dvižnih naprav. Tu smo jo omenili ravno zaradi tega, ker je za razliko od drugih pogonskih rešitev edino hidravlika omogočala to, kar je bilo zaželeno oz. potrebno, z drugo pogonsko tehniko in na drug način pa želenega ni bilo možno doseči – zanesljivo in tiho delovanje.

Dejanski razmah običajnih najrazličnejših hidravličnih dvigal in žerjavov na številna druga področja uporabe, vključujoč tudi osebna dvigala (lifti), je tesno povezan z nadaljnjim delom in imenom William G. Armstrong.

2 Sir William G. Armstrong – razmah dvižne tehnike in dvižnih naprav

Sodobna hidravlika je resnično zaživela v vsej svoji veličini z deli Williama Georgea Armstronga (1810–1900). Rojen je bil v Newcastlu v Angliji, le štiri leta pred Bramahovo smrtjo. Že kot mladenič je kazal



Slika 2 : Hidravlični mrtvaški oder, Bramah in Robinson, 1839 [2]

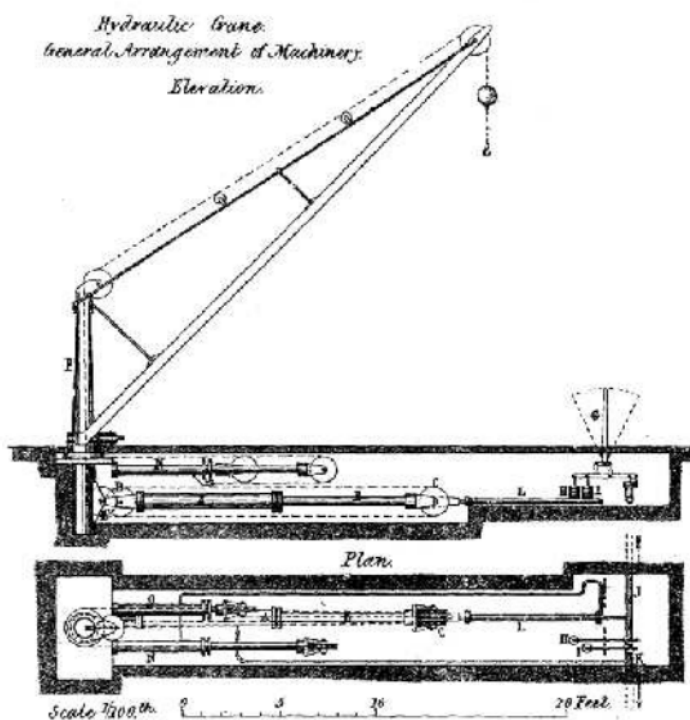
zanimanje za mehaniko in ribolov. Ko je nekega dne lovil v bližini svojega doma, je opazoval vodno kolo, ki je poganjalo majhen mlin. Videl je, koliko energije »gre v nič«, in se odločil za učinkovitejšo izvedbo pogona – na podlagi tega ga je zasnoval, ga skupaj s Henryjem Watsom tudi izdelal in vgradil High Bridge, rotacijski hidravlični stroj, ki pa takrat žal še ni doživel velike pozornosti. To ga je usmerilo na pot praktičnega reševanja tehničnih problemov in ga popeljalo globoko v praktično hidravliko, kjer je pustil ogromen pečat. Izumil je »hidravlično baterijo«, danes poznano kot hidravlični akumulator, ključno sestavino sodobne hidravlike. Bil je vsestranski inženir: ukvarjal se je z orožarstvom, opremljanjem vojnih ladij ... ter tudi z racionalno rabo energije nasploh in na področju hidravlike.

Ko je vodovodno podjetje, skrbnik vodnega pitnega omrežja v Newcastlu, zasnovalo načrt, kako prebivalce Newcastla učinkoviteje oskrbeti s pitno vodo iz vodnega vira in posodobiti vodovodno omrežje (na tlak 5 bar), je Armstrong opazil, da bodo imeli na razpolago bistveno večjo količino vode, kot je je potrebna za oskrbo gospodinjstev, in predlagal, da se višek pitne vode uporabi za pogon hidravličnih žerjavov v prometnem pristanišču. Rešitev pogona žerjava je bila zelo uspešna, zato sta bila zgrajena še dva dodatna in Armstrong je svoje izdelke hitro industrializiral. Specializiral se je za gradnjo žerjavov in dvižnih naprav. [3]

Namesto svojega rotacijskega stroja se je Armstrong odločil izdelati batni stroj, ki bi bil lahko pri-

meren za pogon hidravličnega dvigala. Leta 1846 je bila ta izvedba pogona prepoznana kot »obetajoče delo amaterskega znanstvenika«. Prva preprosta dvigala z batnim pogonom – hidravličnim valjem in škripčevjem, mehanizmom za pretvarjanje translatornega gibanja v rotacijsko, so splošno imenovali kar hidravlična dvigalka (angl. jigger) – *slika 3* in *slika 4*. Različne izvedbe tovrstnih hidravličnih dvigalk so bile predhodniki kasnejših hidravličnih žerjavov in podobnih dvižnih naprav.

Svoj prvi tovrstni žerjav je Armstrong namestil na obrežju Newcastla in ga poimenoval Crane No.1. Prednosti uporabe hidravlične dvigalke – žerjava – je opisal na sledeč način: »*Za hidravlično moč sta značilni velika natančnost in mehko gibanja, zaradi česar je še posebej primerna tako za spuščanje kot za dviganje najrazličnejšega tovora, še posebej tistega, ki zahteva nežnost in varnost. Zelo enostavno jo je možno nadzorovati, tako da jo lahko upravljavci dozirajo z veliko natančnostjo, v primerjavi z izvedbami, delujočimi na paro, pa se ne pojavljajo nobene nevarnosti. Naprava je takoj na razpolago za uporabo, brez kakršnih koli predhodnih priprav, medtem ko para zahteva pripravo, pa tudi vzdrževanje parnega stroja je veliko dražje. Pri parnih sistemih je hitrost dviganja odvisna od hitrosti vrtenja parnega pogona, zato lahko en žerjav obratuje samo z eno hitrostjo, pri več hidravličnih žerjavih pa lahko vsak deluje neodvisno drug od drugega in s svojo hitrostjo glede na potrebe – vrsto in velikosti tovora. Hitrost gibov je pri hidravličnih dvigalih odvisna zgolj od velikosti napajalne cevi ...*

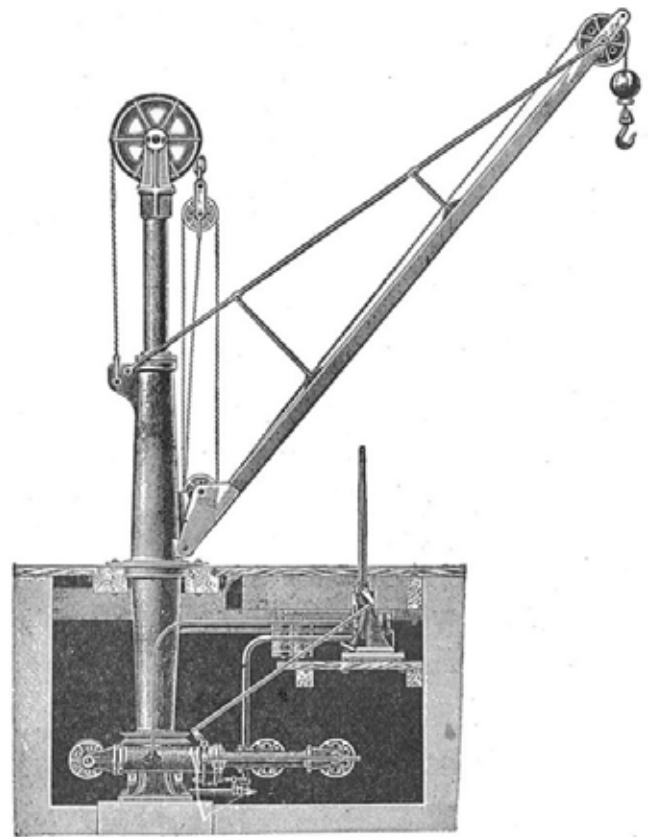


Slika 3 : Lord Sir William George Armstrong (1810-1900) in njegov 5-tonski pristaniški žerjav z vgrajeno hidravlično dvigalko, 1846, [3], [4]

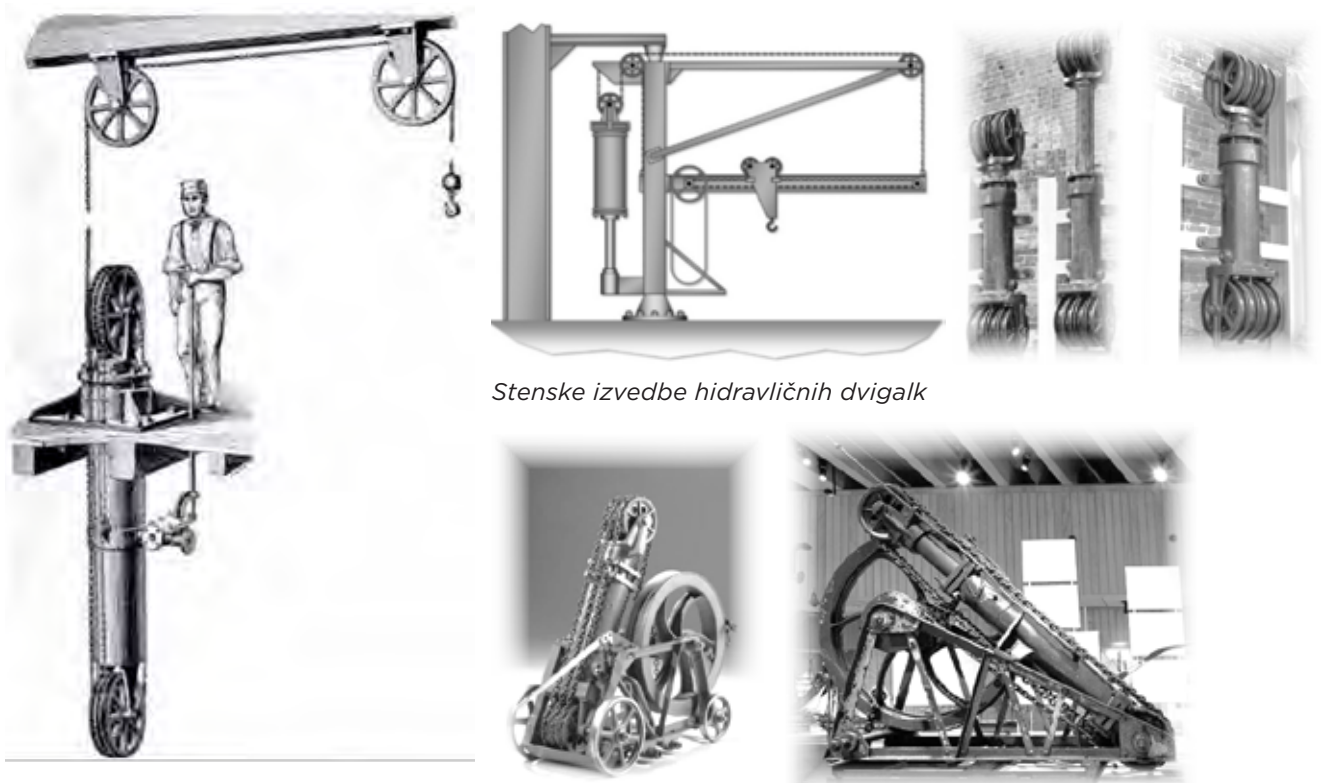
... Tudi stroški izvedbe in kasnejše uporabe hidravličnih žerjavov so veliko nižji kot pri parnih izvedbah. Stroški vzdrževanja in uporabe so vezani na porabo vode, pri čemer pa gre za viške pitne vode, ki je prebivalci ne porabijo. Tudi če pogledamo še vidik osebja, potrebnega za upravljanja tega žerjava, lahko rečemo, da je za upravljanje hidravličnega žerjava potrebnih veliko manj oseb, kar celovito gledano pomeni izredno ekonomično rešitev ...»

Čeprav je bil Armstrong po izobrazbi odvetnik, deloval pa kot »inženir z intuicijo« - občutkom za tehniko ter smislom za obravnavo problema kot celote, je svojo kariero gradil tudi na podlagi uspešnega pisanja prodajnih publikacij in oglasov za svoje naprave. To dokazuje tudi prejšnji opis prednosti uporabe hidravličnega dvigala pred mehansko in parno izvedbo, kar lahko takoj uvidi vsak upravljavec pristanišča in laik.

Kot omenjeno, so bili prvi hidravlični žerjavi dejansko hidravlično gnane mehanske dvigalke. Od sredine 19. stol. dalje so se tovrstne dvigalke uporabljale v številnih modernih pristaniščih in njihovih skladiščih. Njihovo število je naraščalo hkrati s širjenjem vodovodnega omrežja, ki je bilo razen po mestu napeljano tudi do pristanišč. Armstrongove dvigalke s škripčevjem so postale pogonski del kasneje razvitih večjih žerjavov – slika 4. Princip se je uporabljal vse do sredine 19. stoletja. Hidravlične



Slika 4 : Manjše pristaniško dvigalo z vgrajeno hidravlično dvigalko [5]



Stenske izvedbe hidravličnih dvigalk

Ilustracija delovanja in uporabe hidravlične dvigalke – Hayward Tyler

Prenosna hidravlična dvigalka – vitla; W. Armstrong, 1888, 400 kg

Slika 5 : Različne izvedbe preprostih hidravličnih dvigalk – hidravlični vitli

dvigalke so bile, takoj za Bramahovimi stiskalnicami, prvi hidravlični stroji viktorijanske dobe v Angliji in so se pojavile veliko prej kot drugi rotacijski hidravlični stroji.

Dvigalke so sicer delovale podobno kot običajno vrtno škripčevje. Namesto vrtenja kolesa škripčevja in ročnega vlečenja vrvi je vlečenje opravljal zmogljiv hidravlični valj, pri čemer je bila dolžina giba pogojena oz. določena z dolžino giba valja in prigrajenega škripčevja, dvižne vrvi ali verige. Vrv ali veriga, odvisno od bremena in namena dvigalke, je bila pritrjena na konec batnice in napeljana večkrat v vzdolžni smeri okoli valja in je preko večjega števila vrvnic (vrvnih kolotov oz. koles) omogočala želeno multiplikacijo pomika. Prenos sile in izvorna sila na batnici valja sta analogna kot pri klasičnem škripčevju. Videz prvih hidravličnih dvigalk kot osrednjega pogona žerjava prikazuje *slika 5*. Po hidravlični dvigalki so tudi celotni žerjav poimenovali kar hidravlični žerjav.

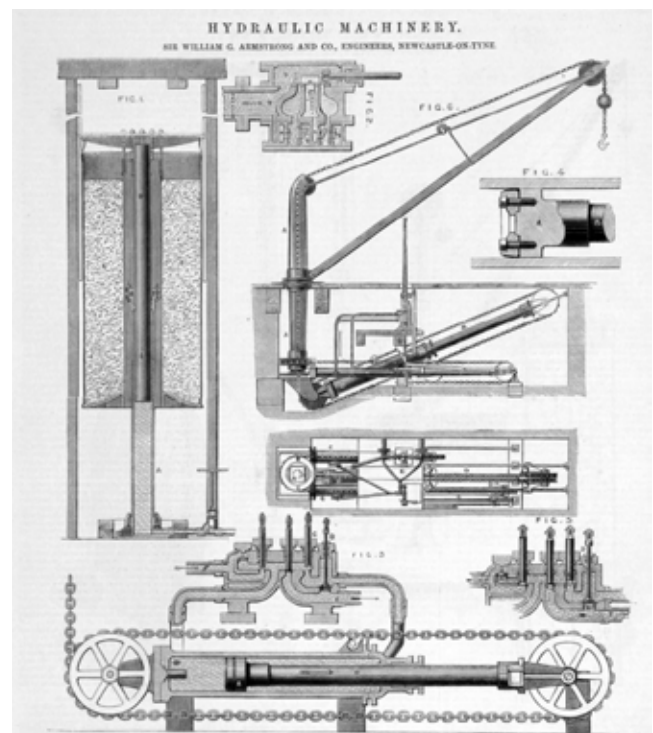
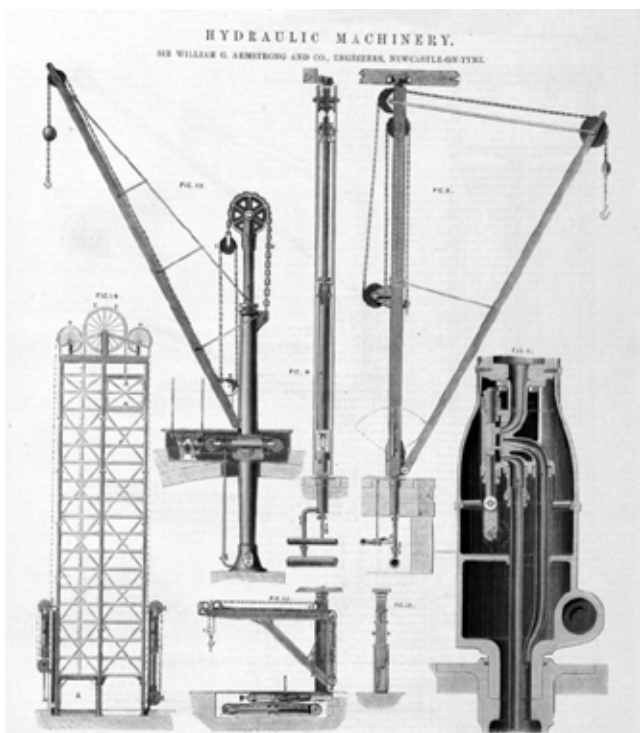
Različne izvedbe dvigalk oz. dvižnih mehanizmov so uporabljali v številnih pristaniščih in na pomolih, v ladjedelnicah, v skladiščih, objektih železniške infrastrukture, v delavnicah ... svojo uporabo so našle tudi v gledališčih za dviganje in spuščanje težkih zaves na odru. Hidravlične dvigalke so bile ali fiksno nameščene na določenem mestu ali pa so bile prenosne. Slednje, v manjši izvedbi in nameščene na voziček, so pogosto uporabljali v ladjedelnicah. Tako so jih lahko po potrebi premeščali in z gibkimi cevmi ter z vijačenjem priključili na bližnji vodovo-

dni priključek. Te dvigalke so uporabljali kot zmogljive prenosne vitle za vse vrste nalog. Bale tovara, kot sta juta ali bombaž, so bile prevelike in težke, da bi jih lahko pristaniški delavci, ki so skrbeli za natovarjanje in raztovarjanje ladij, ročno dvigali. Hidravlična dvigalka se je pojavila že v času, ko so bili žerjavi še predragi in prisotni le v omejenem številu.

Posebno uporabna izvedba dvigalk je bila stenska izvedba dvigalke, še posebej stenska izvedba z zasučnim okvirjem oz. konzolo – konzolno dvigalo. Obe izvedbi sta potrebovali zelo majhen vgradni prostor, velika dolžina valja pa je omogočala dolge pomike oz. velike višine dviganja.

Iz dokaj preprostih dvigalk so se kar hitro razvili prvi hidravlični žerjavi za veliko večja bremena. Prvi prototip žerjava iz leta 1846 je temeljil na preprosti hidravlični dvigalki in je bil leto kasneje nameščen v pristanišče in tam uporabljan. Doživel je velik uspeh, na podlagi katerega je Armstrong ustanovil podjetje za izdelavo žerjavov – W. G. Armstrong & Co. Svoje izdelke je tudi primerno oglaševal v strokovnih revijah, npr. *The Engineer*. Del njegove dokumentacije, vezan na dvižne naprave, prikazuje *slika 6*.

Zaradi vedno večjega zanimanja in povpraševanja po žerjavih se je kar hitro preselil na večjo lokacijo v Elswick na obali reke Tyne (Newcastle), kjer je proizvodnjo razširil na različne vrste žerjavov in ostalo opremo za pristanišča. Tako je bil eden redkih, ki je ob začetku kariere zaslužil več denarja kot inženir, kot pa bi ga kot odvetnik. Čeprav ni imel formal-



Slika 6 : Dokumentacija Armstrongovih dvižnih naprav in komponent: *Hydraulic Machinery*, Sir William G. Armstrong & Co. [7]

ne izobrazbe inženirja, se je Armstrong dokazoval kot velik inovator in kjerkoli so se pojavile tehnične ovire, je vedno našel pot, da jih je obšel oz. rešil. Značilen tovrstni primer predstavlja Grimsby Dock Tower, s katerim je ob poznavanju učinka geostatičnega tlaka tlak napajanja svojih žerjavov povišal na 8–10 bar ter s tem povečal zmogljivost prenašanja bremen in svojih žerjavov ter posledično njihovo učinkovitost. Problematiki, vezani na zagotavljanje hidravlične energije, se bomo posvetili v enem naslednjih poglavij pregleda zgodovine razvoja hidravlike; tu ga omenjamo le toliko, ker je v tesni povezavi z Armstrongovimi žerjavi in njegovim naprednim inženirskim in vsestranskim razmišljanjem. Zaradi tega Armstronga tudi uvrščamo med največje inženirje 19. stoletja, glede področja hidravlike pa ga postavljamo ob bok Bramahu.

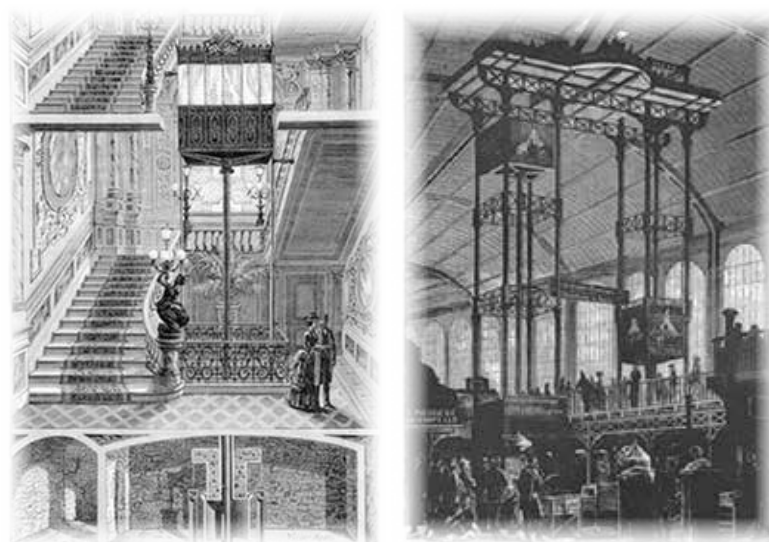
S kombinacijo inovativnih idej, trdim delom in dejstvom, da sta bili strojegradnja in industrijska revolucija na svojem višku, je Armstrongovo podjetje nenehno rastlo in okoli leta 1863 imelo že skorajda 4000 zaposlenih. Razen same rasti podjetja je širilo tudi področje njegovega delovanja: na področje gradnje lokomotiv, vojaške opreme, ladjedelništva, mostogradnje ... Tako se je povezoval s Stephensonom, Brunelom, Mitchelom, Withworthom, z gradbenimi podjetji ... in svoje uspešne hidravlične rešitve prenašal na druga področja tehnike.

Številne informacije in dokumentacija, vezana na delo in življenje Williama G. Armstronga ter ostalih velikanov industrijske revolucije, so na razpolago v različnih strokovnih virih, ki jih dopolnjujejo strokovnjaki, zanesenjaki s področja stroke, zgodovinarji in ljubitelji tehnike, npr. [6], [7]. Dokumentirane navedbe se nanašajo npr. na tehnične revije iz tistega časa, v katerih so bili predstavljeni novi dosežki, spoznanja in izdelki ter rešitve s področja tehnike. Ena takih je bila npr. že omenjena in cenjena angleška strokovna revija *The Engineer*. [6]

3 Hidravlična osebna dvigala

Za Armstronga lahko rečemo, da je bil velik specialist in inovator za hidravlične dvižne naprave. A ni se ukvarjal samo z napravami za dviganje in pretovarjanje bremen, temveč se je lotil tudi dvižnih naprav za ljudi – potniška oz. osebna dvigala, t. i. lifti. Pri zasnovi teh dvigal je izhajal iz tovornih dvižnih ploščadi, le da sta bili pri osebnih dvigalih potrebni veliko večja višina dviga in dograditev potniške kabine.

Za manjše višine dviga, npr. za eno nadstropje, je zadostovalo, da so uporabili plunžerski hidravlični valj in ga namestili v bolj ali manj globoko vgradno luknjo pod potniško kabino. Dviganje na večje višine je s seboj prineslo »gradbeniški problem« – vrtnje globoke luknje za namestitev valja. Zaradi tega Armstrongova potniška dvigala niso bila primerna

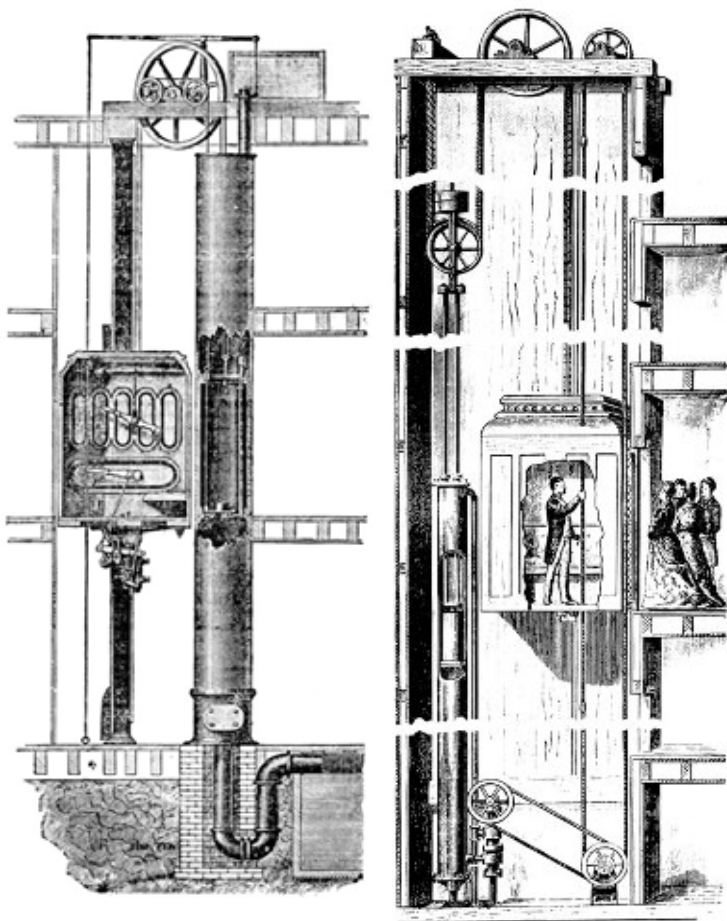


Slika 7 : Angleško (Armstrongovo) direktno hidravlično osebno dvigalo in predstavitev dveh ogromnih tovrstnih dvigal na sejmu v Parizu leta 1867

za večje višine dviga, so pa povsem zadostovala za moderne hiše viktorijanske dobe z dvema ali tremi nadstropji, kjer osebno dvigalo z umetelno izdelano potniško kabino nikakor ni smelo manjkati. Višje hiše so sicer imele več nadstropij, a ni bilo potrebe, da bi do njih vodilo dvigalo (pomožne sobe za služinčad in podobno). Primer Armstrongovega osebne dvigala s konca 18. stoletja prikazuje *slika 7*. Ta vrsta dvigal se je razširila tudi drugod po Evropi, kjer so bile v velemestih pomembne hiše. V Angliji in Evropi izvedba tovrstnih Armstrongovih dvigal ni predstavljal nekega posebnega problema: smiselne višine dviga so bile omejene in v »dosegu« izvedbe, pa tudi zakoni so omejevali dovoljeno hitrost dviganja – v Berlinu niso bile dovoljene višje hitrosti dviganja od 1 m/s (zaradi slabega počutja potnikov!). Tovrstno dvigalo so na področju osebnih dvigal splošno poimenovali *angleško direktno plunžersko hidravlično dvigalo*.

Še zanimivost: Obe ogromni osebni dvigali, razstavljeni na pariškem sejmu (Paris Universal Exposition of 1867) v galeriji strojev, je obiskalo devet milijonov obiskovalcev s celega sveta. V tem času so Francozi za osebna dvigala pričeli uporabljati izraz »ascenseur«, kar v angleščini pomeni »elevator«. Ta izraz se je najprej uveljavil širom po svetu, pa čeprav so Angleži (ki se imajo za izumitelje teh naprav) uporabljali izraz »lift«. Ta se pogovorno uporablja tudi pri nas. Nemci predvsem za osebna dvigala uporabljajo izraz Fahrstuhl, ki pa se po svetu ni uveljavil. V prvih dvigalih so namreč potniki sedeli in niso stali.

V Ameriki so se pojavile druge vrste hidravličnih dvigal. Prvo je bilo t. i. »kvazi hidravlično, vodno dvigalo«, ki je kot medij uporabljalo vodo, vendar ne za neposredno premikanje potniške kabine preko hidravličnega valja, temveč za posredno preko



Slika 8 : Baldwin-Hale »water balance elevator«, 1873 (levo), in Otisova izvedba indirektnega hidravličnega dvigala s škripčevjem in teleskopskim valjem, okoli 1880 (desno), [8]

mase vode v posebni posodi za vodo. Delovalo je na principu gravitacije – slika 8: Vzporedno s potniško kabino je bila nameščena večja cev s posodo za vodo, ki so jo skozi en ventil napolnili z vodo, skozi drugega pa praznili. Gibanje potniške kabine so dosegli z maso vode in vzpostavljanjem ravnotežja s številom potnikov in maso kabine. Za premikanje je bila običajno zadolžena oseba, ki je skrbela za polnjenje in praznjenje posode z vodo (od tod izvira kasnejša prisotnost »lift boya«, značilnega predvsem za Ameriko). Tovrstna dvigala so izdelovali v podjetju Baldwin-Hale v Ameriki. *Slika 8* (levo) prikazuje eno zadnjih tovrstnih izvedb iz leta 1873. Zaradi načina delovanja so ga poimenovali »water balance elevator« oz. nekako dvigalo z uravnotežanjem količine vode.

Veliko boljše rešitev izvedbe potniškega dvigala je predlagal Elisha G. Otis. Preden so začeli izdelovati dvigala na hidravlični pogon, so v Otisovem podjetju že imeli izkušnje s parnimi in mehanskimi dvigali. Bili so že uveljavljen proizvajalec osebnih dvigal, saj je bil ravno Otis tisti, ki je iznašel varnostno mehansko zavoro, ki je preprečila pad kabine v primeru pretrganja nosilne vlečne vrvi. Dvigala s parnim po-

gonom so sicer dovolj dobro delovala pri manjših višinah dviga, pri večjih pa se je pojavil problem stisljivosti pare pri ohlajanju v valju in s tem povezanim nenatančnim zaustavljanjem na posameznem višjem nadstropju. Električna pogonska tehnika pa je bila v tistem času še na začetku razvoja.

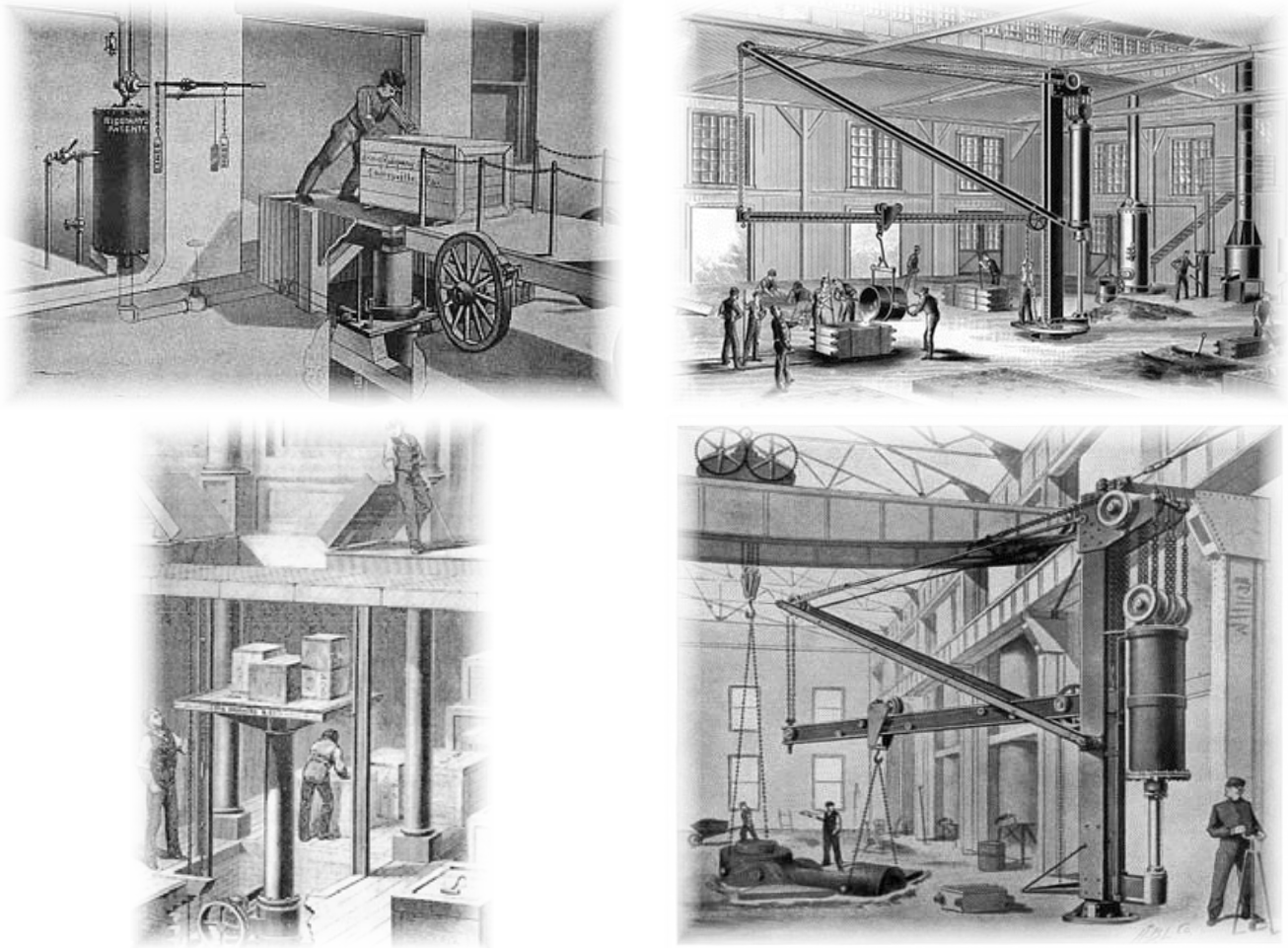
Kot odlična rešitev za dvigala, primerna za uporabo v ameriških nebotičnikih poslovnega sveta v mestih Chicago, Pittsburgh, New York ..., ki so ob prelomu stoletja že imela trinajst ali več nadstropij, se je uveljavila izvedba s teleskopskim hidravličnim valjem, nameščenim v istem jašku kot potniška kabina in opremljenim s škripčevjem za multiplikacijo dviga.

Lahko bi rekli, da je Otis uporabil Armstrongov preverjen koncept kombinacije hidravličnega valja in škripčevja, saj je to omogočalo dviganje na velike višine, preprost valj pa je nadomestil s teleskopskim in tako še povečal učinek. Razen tega pa je pogonski sklop namestil v dvigalnem jašku vzporedno s potniško kabino oz. ob njo ter dodal samodejno delujočo varnostno zavoro za primer pretrganja nosilne vrvi kabine ter protiutež za zmanjšanje potrebne sile valja. Protiutež kot rešitev je bila že dolgo znana – egipčanski shaduf. Oba »dodatka« sta bila, kot že omenjeno, njegovi iznajdbi oz. ponovna uporaba že znane rešitve v novejši zasnovi. Tovrstna izvedba dvigala se je hitro uveljavila v poslovnem svetu v Ameriki, v podjetju Otis pa so ga leta 1878 oglaševali kot prvo visokohitrostno hidravlično dvigalo (high speed hydraulic elevator). Prvo takšno dvigalo je bilo vgrajeno v stolpnico Boreel Building v New Yorku [9], dosegalo pa je hitrost dviganja 3 m/s, kar je bilo kar trikrat več, kot j bilo v tem času dovoljeno v Berlinu. [10]

4 Druge izvedbe hidravličnih dviznih naprav in področja uporabe

Manjše hidravlične dvizne naprave, bodisi dvizne ploščadi ali pa manjši žerjavi, so postale nepogrešljiv del opreme večine skladišč in proizvodnih obratov. V ospredju uporabe je bilo premagovanje manjših višin ali pa prenašanje/premikanje težjih in nevarnejših obdelovancev ali tovara. Nekaj značilnih primerov izmed številnih prikazuje *slika 9*.

Veliko bolj kot pri manjših dvigalih in dviznih ploščadah je hidravlika prišla do izraza pri velikih pristaniških žerjavih in ostalih pristaniških napravah. Kljub izjemni primernosti za delovanje žerjava je v prvi polovici devetnajstega stoletja na tem področju hidravlika dosegla sorazmerno majhen napredek. Vzrok so bile težave z zanesljivostjo in učinkovitostjo pretvorbe linearnega pomika batnice valja v rotirajoče gibanje celotnega dvigala ali pa vrvnega bobna vitla. V prvi polovici 19. stoletja je prekladanje tovara v pristaniščih, ladjedelnicah in na železniških postajah še vedno potekalo s pomočjo



Slika 9 : Različne izvedbe skladišnih in delavniških hidravličnih dviznih ploščadi ter manjših dvigal

žerjavov, ki jih je poganjal človek, pa čeprav so bile potrebe po višjih in zmogljivejših žerjavih velike.

V 30. letih 19. stoletja se je kot material za gradnjo ladij začelo uporabljati železo, hkrati pa so se povečevale tudi dimenzije ladij. Običajni dvizni sistemi niso bili več ustrezni. V večini držav so našli rešitev v žerjavu s paro, ki se je pojavil v 50. letih 19. stoletja. Vendar se je v pristaniščih in ladjedelnicah v Angliji pojavila več kot konkurenčna alternativa – žerjav z vodnim hidravličnim pogonom.

V angleških pristaniščih so hitrost dvigovanja »zrtovali« za doseganje prenašanja velikega tovora. Zato so bili hidravlični valji robustni, saj so premikali več vrvi in verig za zagotavljanje »počasnega, a zanesljivega« pretovora, žerjavi pa veliki. Grafike na *sliki 10* prikazujejo nekaj izvedb pristaniških prekladalnih žerjavov in ladijskih dvigal v dokih.

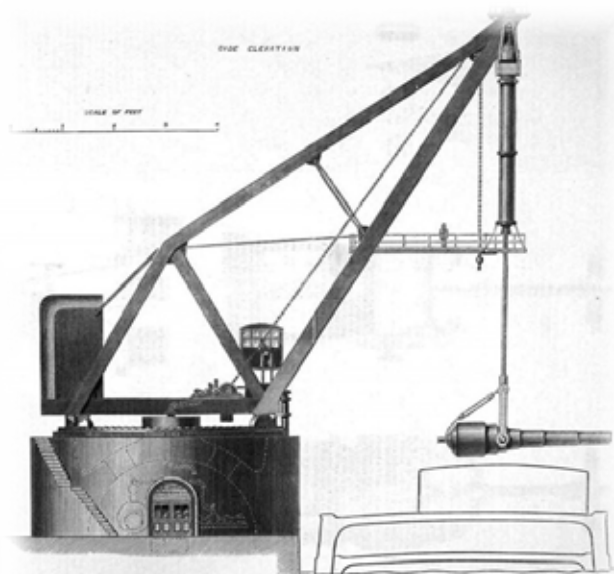
Tudi na področju »transporta oseb« so se razen Armstrongovega direktnega hidravličnega dvigala in Otisovega indirektnega hidravličnega dvigala pojavile različne izvedbe osebnih dvigal. Eno od teh predstavlja osebno dvigalo s horizontalno nameščenim hidravličnim valjem, kombiniranim s

škripčevjem. Ta pogonski sklop je bil lahko nameščen v poljubnem nadstropju zgradbe ali na njenem najvišjem nadstropju, če je nosilnost stropa to dopuščala, običajno pa je bil nameščen v kletnih prostorih pod potniško kabino. Izvedba dvigala je delovala na principu uravnoveženja mase kabine s protiutežmi, zaradi česar je bil tudi sam hidravlični pogonski sklop manjših dimenzij in je potreboval manjši vgradni prostor. Razen tega je bilo delovanje izredno tiho in mehko ter hitro – dosegali so hitrost dviga 2 m/s.

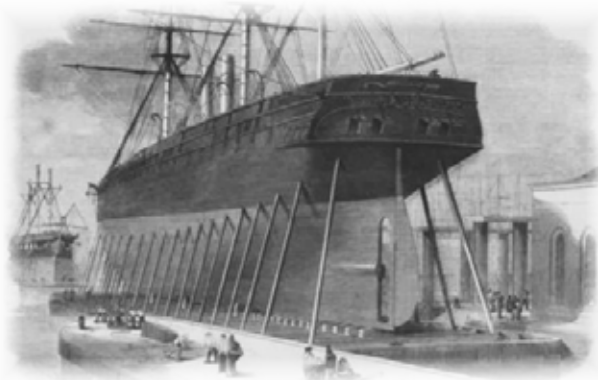
Kot dodatno prednost izvedbe so izpostavljali, da zaradi namestitve pogona v kleti zgradbe zaradi konstantne višje temperature tudi ni nevarnosti, da bi voda kot takrat uporabljena hidravlična tekočina pri nizkih temperaturah zmrznila. Kot nadaljnjo prednost so omenjali, da tudi ni prostorskih problemov z namestitvijo vravnice velikega premera (okoli 1 m in več), saj je v kleti veliko več prostora kot kjerkoli drugje v dvigalnih jaških, v primeru vzdrževanja in pregleda pa je celotna tehnika veliko lažje dostopna. Izvedbo horizontalnega hidravličnega pogona s škripčevjem, nameščenega v kleti zgradbe, prikazuje *slika 11*. Takšni potisno delujoči hidravlični valji so bili vgrajeni predvsem v nebotičnikih v Ameriki, še po-



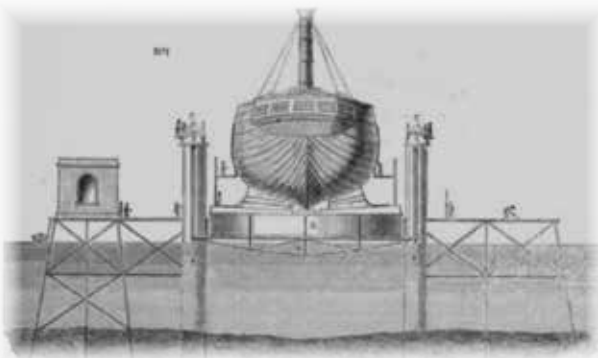
Manjši robustni hidravlični žerjav



160-tonski hidravlični žerjav; Armstrong & Co.



Hidravlično dvigalo za ladje; London, Craving Docks, 1853



Hidravlični dvižni dok, Victoria Docks



100-tonski plovni žerjav; Armstrong, Mitchel & Co.

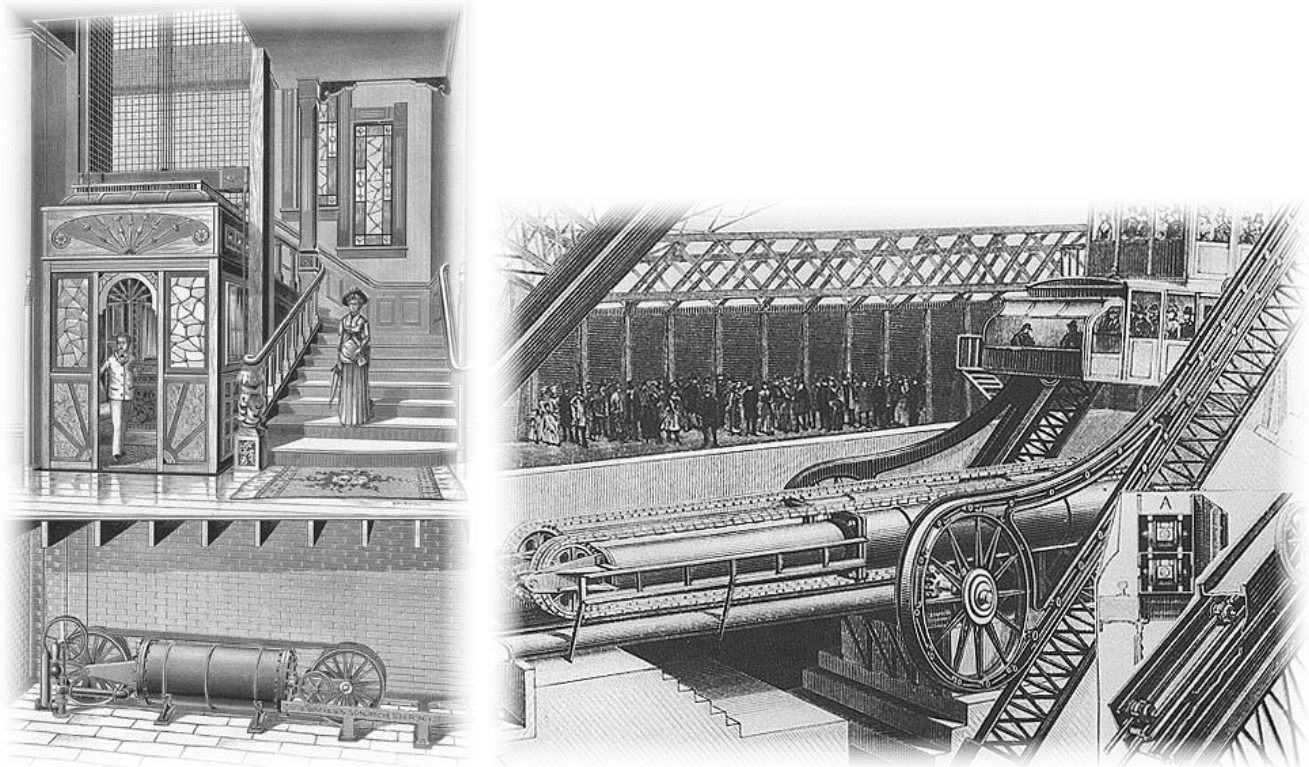
Slika 10 : Hidravlične dvižne naprave v pristaniščih in ladjedelnicah

sebej so se vgrajevali v nebotičnike v Philadelphiji. Z večjimi ali manjšimi konstrukcijskimi razlikami so jih izdelovali različni izdelovalci osebnih dvigal.

Naslednji zanimiv primer uporabe hidravlične pogonske tehnike za premikanje potnikov predstavlja nagnjeno oz. poševno veliko kabinsko dvigalo. Dvigalo za obiskovalce Eifflovega stolpa na prvi etapi poti proti vrhu stolpa sta zasnovala in zgradila Roux-Combaluzier in Lepape. Nagnjeni dvigali sta bili nameščeni na vzhodnem in zahodnem stebru stolpa, vsaka kabina pa je sprejela do 90 potnikov, hitrost

premikanja pa je znašala 1 m/s. Na končni postaji poševnega dvigala so potniki prestopili v Otisovo vertikalno uravnateženo hidravlično dvigalo.

Razen velikih žerjavov in manjših ali večjih potniških dvigal so bila majhna priročna hidravlična dvigala nepogrešljiv kos opreme vsake obrtniške delavnice ali proizvodnega obrata. Te dvigalke so uporabljali za preprosta pomožna dela tako pri manjših opravilih, kot je npr. nameščanje ležajev, in pa tudi pri različnih delih pri ogromnih objektih – npr. pri poravnavanju velikih in težkih jeklenih konstrukcij ob njihovo-



Slika 11 : Horizontalni hidravlični pogon osebnih dvigal (levo) in pogon poševnega potniškega dvigala na Eifflovem stolpu (desno)



Slika 12 : Oglas za dvigalke proizvajalca Tangye Brothers iz Birminghama

vem nameščanju na ustrezno mesto pred pritrjevanjem. Različne možnosti uporabe majhnih prirodnih hidravličnih dvigalk prikazuje letak enega vodilnih proizvajalcev malih dviznih naprav – slika 12.

5 Zaključek

Ta kratki pregled uporabe hidravlike prikazuje drugo pomembno, zelo široko in raznoliko področje praktične uporabe hidravlične pogonske tehnike –

dvižne naprave. Na tem področju se je hidravlika kar hitro uveljavila in potrdila svoje primernost: velika bremena, bodisi mase ali pa sile, v kombinaciji z velikimi hitrostmi gibanja. Če dodamo še relativno preprostost naprav, njihovo varno, zanesljivo in tiho delovanje, lahko kar hitro uvidimo, da je hidravlična pogonska tehnika prevzela primat tam, kjer so prej domovali parni pogoni. Hidravlične dvižne naprave so poleg hidravličnih stiskalnic brez dvoma utrdile pomen in širitev hidravlične pogonske tehnike celo na več različnih področij, kot je to veljalo za stiskalnice.

Pionirja sta bila brez dvoma Armstrong in Otis, ki sta na področju dvižnih naprav pustila ogromen pečat. Vsak na svojem podpodročju delovanja. Prvi na področju hidravličnih žerjavov najrazličnejših vrst in tam, kjer je bilo potrebno dvigati in prenašati težka bremena, drugi pa na področju transporta oseb – osebna dvigala. Obe imeni imata še danes vidno vlogo v stroki, pa čeprav se danes tam uporablja druga pogonska tehnika. To še posebej velja za osebna dvigala Otis.

Viri

- [1] Lovrec, D.: Razvoj hidravlične pogonske tehnike skozi čas – 3. del: Bramahove stiskalnice in naprave, Ventil – revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, ISSN 1318-7279, jun. 2019, letnik 25, št. 3, str. 228–237.
- [2] Skinner, S.: Hydraulic Fluid Power; A Historical Timeline, 2014, Steve Skinner Presentations, 126 strani, ISBN: 978-1-291-67689-1.
- [3] Blaise Pascal, and the Men Who Made Hydraulics, <https://www.gerrardhydraulics.com.au/news/blaise-pascal-men-made-hydraulics/>, (objavljeno: 6. 8. 2016; ogled: 27. 7. 2019).
- [4] Gibson, J. W., Pierce, M. C.: Remnants of Early Hydraulic Power Systems, 3rd Australasian Engineering Heritage Conference 2009, 2009, 13 strani.
- [5] Rankin, K.: The Book of Modern Engines and Power Generators, vol. VI, London: Caxton, 1912 edition of 1905 book.
- [6] N. N.: Grace's Guide to British Industrial History; Sir W.G. Armstrong, https://www.gracesguide.co.uk/W._G._Armstrong_and_Co (ogled: 27. 7. 2019).
- [7] Sturgeon, W. C.: The elevator museum, <http://www.theelevatormuseum.org/> (ogled: 27. 7. 2019).
- [8] Vogel, M.: Elevator Systems of the Eiffel Tower 1889, Contributions from the Museum of History and Technology, Paper 19: <http://www.ajhw.co.uk/books/book246/book246.html>, (ogled: 2. 8. 2019).
- [9] N. N.: The first one Hundred Years, Otis Elevator Company, 1853–1953, kronologija razvoja podjetja Otis, jubilejna publikacija ob 100-letnici obstoja, 1953, 49 strani.
- [10] Weingarten, F.: Die Entwicklung der hydrostatischen Energieübertragung im 19. und 20. Jahrhundert, o + p Oelhydraulik und Pneumatik, 26 (1982), Nr. 12, str. 873–879.

powered by
icm
www.icm.si

IAM

EINTRONIKA

Robotics

4Industry

11.-13.02.2020

Ljubljana, Slovenija, GR