UDK: 658.5:621.791

PAYVANDLASH TSEXIDA DETALLARNI TASHISH USULLARINING TAHLILI

Safarov Elyorbek Xasanovich
0000-0003-2985-7932
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d.
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.co
Tel: +998937819264
Xudoyberdiyev Doniyor Bekzod o'g'li
0009-0001-2383-6762
Andijon davlat texnika instituti magistranti
Tel: +998 99 478 03 19

Annotatsiya. Ushbu maqolada payvandlash jarayonining texnologik asoslari va u bilan bog'liq logistik jarayonlar, xususan detallarni tashish tizimlarini avtomatlashtirish masalalari yoritilgan. Payvandlash usullari – SMAW, TIG, MIG/MAG, plazmali va lazerli payvandlash, friksion usullar texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlari asosida tahlil qilinib, ularning chok sifati, issiqlik ta'siri va avtomatlashtirish darajasi jihatidan solishtirma tahlili berilgan. Shuningdek, detallarni tashish vositalari — kranlar, trolley, konveyerlar, AGV, forkliftlar, vakuum va magnitli ko'taruvchilar — muhim texnik parametrlar, afzallik va cheklovlar nuqtayi nazaridan baholangan. Tahlil natijalariga ko'ra, avtomatlashtirishda AGV va vakuumli ko'taruvchilarning yuqori samaradorlik ko'rsatkichlari ajralib turadi.

Kalit so'zlar: payvandlash texnologiyasi, avtomatlashtirilgan tizim, AGV (avtonom yuruvchi vosita), detallarni tashish, vakuumli ko'taruvchilar, ishlab chiqarishni avtomatlashtirish.

Аннотация. В данной статье рассматриваются технологические основы сварочного процесса и связанные с ним логистические процессы, в частности вопросы автоматизации систем транспортировки деталей. Методы сварки-SMAW, Tig, MIG/MAG, плазменная и лазерная сварка, фрикционные методы проанализированы на основе их технико-экономических показателей и дан их сравнительный анализ с точки зрения качества сварных швов, теплового воздействия и уровня автоматизации. Также детальные транспортные средства — краны, тележки, конвейеры, АГВ, вилочные погрузчики, вакуумные и магнитные подъемники — оценивались с точки зрения важных технических параметров, преимуществ и ограничений. По результатам анализа в автоматике выделяют высокие показатели КПД АГВ и вакуумных подъемников.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: сварочная технология, автоматизированная система, AGV (автономная ходовая часть), транспортировка деталей, вакуумные подъемники, автоматизация производства.

Annotation. This article covers the technological foundations of the welding process and the related logistic processes, in particular the issues of automation of detail transportation systems. Welding methods-SMAW, TIG, MIG/MAG, plasma and laser welding, frictional methods are analyzed on the basis of technical and economic indicators, giving a comparative analysis in terms of the quality of the seam, thermal effect and degree of automation. Also, the means of transporting details — cranes, trolleys, conveyors, AGVs, forklifts, vacuum and magnetic lifters — were evaluated in terms of important technical parameters, preference and point of restriction. According to the results of the analysis, high efficiency indicators of AGV and vacuum lifters are distinguished in automation.

Keywords: welding technology, automated system, AGV (autonomous walking medium), detail transportation, vacuum lifters, production automation.

Kirish

Payvandlash bu ikki yoki undan ortiq material qismlarini mahalliy qizdirish yoki bosim ta’sirida bir butun holga keltirish jarayonidir. Asosan metall va ularning qotishmalarini biriktirishda qo‘llaniladi. Payvandlashda material eritilib yoki plastika holatiga keltirilib, sovitilganda monolit birikma hosil qiladi. Bu jarayonda issiqlik muhim rol o‘ynaydi, chunki har bir metallning o‘ziga xos eritish harorati mavjud: masalan, po‘lat 1450–1520°C, alyuminiy esa 660°C atrofida eriydi. Payvandlash paytida eritilgan metallning havodagi kislorod bilan reaksiyasi oksidlar hosil qilishi mumkin, bu esa payvand chokining sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli TIG va MIG kabi zamonaviy usullarda himoya gazlari (masalan, argon) ishlatiladi [1].

Payvandlash jarayonida materialning mikrostrukturasi ham o‘zgaradi: issiqlik ta’sir etgan zona (ITZ) va payvand chizig‘i hosil bo‘ladi. ITZ da mexanik xossalar, ya’ni qattiqlik, plastiklik va mustahkamlik o‘zgarishi mumkin. Shu bilan birga, termik deformatsiyalar ham yuzaga keladi, bu qismlarning qizish va sovishdagi kengayish va qisqarishiga bog‘liqdir. Bunday deformatsiyalarni kamaytirish uchun oldindan qizdirish yoki sovitgandan keyin termik ishlov berish kabi usullar qo‘llanadi [2]. Payvandlash turlari esa eritib payvandlash (elektrodli, MIG, TIG) va qattiq fazadagi payvandlash (friksion payvandlash, diffuzion payvandlash) kabi asosiy yo‘nalishlarga bo‘linadi, ularning har biri aniq sharoit va materialga moslab tanlanadi.

Payvandlash tsexida detallarni tashish ishlab chiqarish jarayonining muhim bosqichlaridan biri bo‘lib, detallarni qulay, xavfsiz va uzluksiz tarzda kerakli

ISSN 3030-3907

texnologik punktlarga yetkazishni ta'minlaydi. Detallarni tashish asosan mexanizatsiyalashtirilgan va avtomatlashtirilgan usullar orqali amalga oshiriladi: kranlar, trolleylar, konveyerlar, liftlar yoki maxsus yuk ko‘taruvchi qurilmalar keng qo‘llaniladi. Ayniqsa yirik, og‘ir va noqulay shakldagi metall buyumlarni payvandlash zonalariga olib borish uchun ustun yo‘nalishli ko‘prik kranlari yoki konsolli kranlar ishlatiladi [3]. Bu qurilmalar yukni nafaqat vertikal, balki gorizontal yo‘nalishda ham harakatlantirishga imkon beradi, bu esa tsex ichidagi ishlab chiqarish oqimini sezilarli darajada tezlashtiradi.

Detallarni tashishda texnik xavfsizlik talablari alohida ahamiyatga ega. Yuk ko‘taruvchi uskunalar bilan ishlashda operatorlar maxsus o‘qitilgan bo‘lishi kerak, yuklar esa belgilangan og‘irlik chegaralaridan oshmasligi shart. Tashish jarayoni ishlab chiqarishning umumiy logistik tizimi bilan bog‘langan bo‘lib, noto‘g‘ri tashish nafaqat detallar sifati, balki butun ishlab chiqarish jadvaliga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin. Zamonaviy tsexlarda AGV (avtonom yuruvchi robotlar) kabi avtomatlashtirilgan transport vositalari ham keng joriy qilinmoqda, bu esa ishlab chiqarishning samaradorligini oshiradi va inson mehnatini yengillashtiradi [4].

Biz quyida payvandlash usullari, ularning tahlili, payvandlash detallari turlari, ularni tashish usullarini tahlilini ko’rib chiqamiz.

Asosiy qism. 1. Payvandlash usullarining tahlili.

Payvandlash texnologiyasida qo‘llaniladigan usullar turli fizikaviy asoslarga tayanadi va ular tanlanayotgan material, chok sifati, ish sharoiti hamda iqtisodiy omillarga qarab farqlanadi. Eng keng tarqalgan usullardan biri bu qo‘l orqali elektr yoyi bilan payvandlash (SMAW bo‘yicha), bunda qoplamali elektrod yordamida metall eritiladi va qo‘shiluvchi qism bilan birga chok hosil qiladi. Bu usul oddiy, arzon va universal bo‘lsa-da, chok sifati va unumdorligi jihatidan TIG yoki MIG usullaridan ortda qoladi. Mazkur usulning afzalliklariga portativlik, oddiy uskunaligi, tashqi muhitda ham ishlash imkoniyati kiradi, kamchiliklariga esa — chok sifatining operatorga juda bog‘liqligi, ish unumdorligining nisbatan pastligi, va elektrod almashtirishga ko‘p vaqt ketishi kiradi [2].

TIG payvandlash (volfram elektrodli inert gaz ostida payvandlash) esa yuqori sifatli va nozik choklar talab etiladigan joylarda qo‘llaniladi; u erimaydigan volfram elektrodi bilan amalga oshiriladi va argon kabi inert gazlar yordamida eritilgan metall oksidlanishdan himoya qilinadi. TIG usuli ayniqsa zanglamaydigan po‘lat va alyuminiy kabi metallar bilan ishlashda afzal hisoblanadi [2]. Yuqori sifatli, tiniq chok, oksidlanishga qarshi himoya, nozik metallarda ham ishlash imkoniyati ushbu usulning afzalliklarini tashkil etadi. Kamchiliklariga nisbatan past tezlik, yuqori tajriba va ko‘nikma talab etilishi, uskunaning murakkabligi va qimmatligi kiradi [1].

ISSN 3030-3907

MIG/MAG payvandlash (eriydigan elektrodli gaz ostida payvandlash) esa avtomatlashtirishga qulay bo‘lib, payvand simi uzluksiz beriladi va inert (MIG) yoki faol (MAG) gaz bilan himoyalanadi. Bu usul yuqori unumdorlikka ega bo‘lib, yirik ishlab chiqarish tsexlarida keng qo‘llaniladi. Ushbu usulning kamchiliklariga yuqori unumdorlik, doimiy sim berish orqali chokning barqarorligi, avtomatlashtirishga yaroqlilik kabi xususiyatlarni misol qilish mumkin. Usulning kamchiliklarini yopiq tsex sharoitining talab etilishi, tashqi muhit (shamol, namlik)ning chok sifatiga ta’sir qilishi, uskunaning murakkabroqligi kabi parametrlar tashkil etadi.

Shuningdek, plazmali payvandlash, lazerli payvandlash kabi yuqori energiyali usullar ham mavjud bo‘lib, ular murakkab geometrik shakllarni juda aniq ishlov berish imkonini beradi, biroq ularning jihozlari qimmat va boshqaruvi murakkabroqdir [1]. Mazkur usullar ayniqsa nozik elektronika, aviatsiya va tibbiyot sohalarida qo‘llanadi. Usul juda aniq va tor choklar, yuqori tezlik, minimal termik deformatsiya kabi afzalliklardan iborat. Kamchiliklar sifatida uskuna yuqori narxini, murakkab boshqaruv va xavfsizlik choralarining kuchli talab etilishini keltirish mumkin [4].

Bundan tashqari, qattiq fazadagi payvandlash (masalan, friksion payvandlash) metallning eritilishigacha bormasdan, plastika deformatsiyasi orqali amalga oshadi. Bu usul metallarning kristall tuzilmasiga kamroq zarar yetkazadi, chokda kamroq nuqson hosil bo‘ladi va issiqlik ta’siri past bo‘ladi, shuning uchun aerokosmik va avtomobilsozlik sohalarida muhim ahamiyat kasb etadi [4]. Usulning kamchiliklarini yuqori mexanik mustahkamlik, kam oksidlanish, issiqlik ta’siri cheklanganligi tashkil qiladi, kamchiliklari esa faqat aylana shaklli detallar uchun mos ekanligi, maxsus uskunalar talab etilishi bilan tavsiflanadi.

Quyida ko’rib o’tilgan payvandlash usullarining texnik xususiyatlarini taqqoslash jadvali ko’rsatilgan (1-jadval).

1-jadval.

Payvandlash usullarining texnik xususiyatlari taqqoslash jadvali

Payvandlash usuli	Energiya manbai	Gaz himoyasi	Qo‘llaniladi (materiallar)	Chok sifati	Issiqlik ta’siri	Avtomatlashtirish	Afzalliklari	Kamchiliklari
SMAW (Qo‘lyoyi bilan)	Elektr yoy (AC/DC)	Elektrod qoplamasi	Po‘lat, quyma temir	O‘rta	Yuqori	Past	Soddaligi, tashqi sharoitda ishlash mumkin	Elektrod tez tugaydi, chok sifati

ISSN 3030-3907

								operatorga bog‘liq
TIG (GTAW)	Elektr yoy (DC)	Inert gaz (Argon)	Alyumin iy, zanglam aydigan po‘lat, mis	Jud a yuq ori	Pas t	O‘rta	Nozik va toza chok, oksidlanishg a qarshi yaxshi himoya	Tezligi past, murakkab boshqaruv, operator mahorati kerak
MIG/MAG (GMAW)	Elektr yoy (DC)	Inert/ Faol gaz	Ko‘pgin a po‘lat turlari, alyumini y	Yu qor i	O‘r ta	Yuqo ri	Yuqori unumdorlik, avtomatlasht irishga yaroqli	Tashqi muhitga sezgir (shamol), yopiq joyda ishlash zarur
Plazmali payvandlash	Plazm ali yoy	Inert gaz	Yuqori qattiqlik dagi metallar	Jud a yuq ori	Jud a past	O‘rta – yuqor i	Juda tor va aniq chok, past deformatsiy a	Qimmat uskuna, boshqaruv murakkab, xavfsizlik choralari kuchli
Lazerli payvandlash	Lazer nurlan ishi	Odat da inert gaz	Yupqa plitalar, nozik konstruk siyalar	Jud a yuq ori	Jud a past	Yuqo ri	Juda tez, deformatsiy a minimal, robotlashtiri shga yaroqli	Uskuna narxi juda yuqori, aks ettiruvchi metallar bilan murakkab
Qattiq fazadagi (masalan, friksion)	Ishqal anish issiqli gi	Yo‘q	Alyumin iy, titan, po‘lat	Jud a yuq ori	Jud a past	Yuqo ri	Metall kristall tuzilmasi buzilmaydi, chok mustahkam, issiqlik	Faqat ayrim shakllar (aylana), maxsus uskunalar kerak

ISSN 3030-3907

							deformatsiyasi kam	

Eslatma:

✓ Chok sifati — metallning birikma joyidagi mexanik va kimyoviy mustahkamlik darajasi.

✓ Issiqlik ta’siri — chok atrofidagi materialning deformatsiyalanish yoki tuzilma o‘zgarish darajasi.

✓ Avtomatlashtirish — usulning avtomatik yoki robotlashtirilgan ishlab chiqarish liniyasiga mosligi.

Ilmiy jihatdan tahlil qilinsa, har bir usulda issiqlik uzatish, metallning suyuq holatdagi harakati (eritma dinamikasi), gazlar bilan himoya darajasi, chok atrofidagi mikrostruktura o‘zgarishlari, va keyingi termik ishlov zarurati farq qiladi. Sifatli va xavfsiz payvand chokini hosil qilish uchun metallning kimyoviy tarkibi, kristall tuzilmasi, issiqlik sig‘imi, termik kengayish koeffitsienti kabi fizik-kimyoviy omillar hisobga olinadi [1, 2].

Aytish mumkinki, har bir payvandlash usuli o‘zining texnologik imkoniyatlari, iqtisodiy foydaliligi va mahsulot sifatiga ta’sir darajasiga qarab tanlanadi. Zamonaviy ishlab chiqarishda bu usullarni optimal tarzda tanlash — energiya samaradorligini oshirish, ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtirish va materiallar isrofiga yo‘l qo‘ymaslikda muhim rol o‘ynaydi [4].

2. Payvandlash tsexida detallarni tashish usullari tahlili.

Payvandlash tsexida detallarni tashish usullarining bir qancha turlari mavjud: ko‘prik kranlar (yagona nurlik, ikki nurlik, konsolli), trolley (relssiz yoki relsli aravachalar), konveyer tizimlari (lentali, rolikli, zanjirli), AGV (Avtonom yuruvchi robotlar), forkliftlar (yuk ko‘taruvchi avtomobillar), qo’l aravachalar va transpaletlar, portal kranlar, magnitli yuk ko‘taruvchilar, vakuumli ko‘taruvchilar, zanjirli va arqonli yuk ko‘taruvchilar, rotatsion va egiluvchan transportyorlar. Keltirilgan usullarni tahlil qilib chiqamiz.

1. Ko‘prik kranlar.

Ko‘prik kranlar payvandlash tsexlarida og‘ir va katta o‘lchamdagi detallarni tashish uchun eng ko‘p qo‘llaniladigan samarali usullardan biridir. Ular tsexning yuqori qismiga o‘rnatilgan relslar bo‘ylab harakatlanuvchi ko‘prik shaklidagi konstruksiyaga ega bo‘lib, bu ko‘prik ustida joylashgan yuk ko‘taruvchi aravacha gorizontal va vertikal yo‘nalishda harakatlanadi. Bunday kranlar oddiy qo‘lda boshqariladigan sistemalardan tortib, to‘liq avtomatlashtirilgan raqamli boshqaruv tizimlarigacha bo‘lgan turlarga ega [5, 6]. Ko‘prik kranlar yagona nurlik, ikki nurlik va konsolli bo‘lishi mumkin. Yagona nurlik kranlar o‘rtacha yuklar uchun ishlatiladi, ikki nurliklar esa og‘ir yuklarni ko‘tarishda qo‘llaniladi; konsolli kranlar

ISSN 3030-3907

tsex chegarasidan tashqariga chiqib yuklarni tashishda foydali bo‘ladi. Ular yuqori yuk ko‘tarish sig‘imi (100 tonnagacha), aniqligi va katta ish maydoniga egaligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, bu turdagi kranlar baland shipli binolar va mustahkam relslar talab qiladi, ularning texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari ham yuqori bo‘ladi. Ammo sanoat ishlab chiqarishida, ayniqsa og‘ir mashinasozlik va metallsozlikda bunday kranlarning samaradorligi ularni ajralmas bo‘g‘inga aylantiradi [7].

2. Trolley (transport aravachalari) — bu sanoat sohasida yuklarni qisqa masofalarga tashish uchun qo‘llaniladigan harakatlanuvchi vositalar bo‘lib, ular relsli yoki relssiz (erkin harakatlanuvchi) shaklda bo‘ladi. Bu qurilmalar odatda sex ichida yoki omborxonalarda qo‘llaniladi va yuklarni kranlarga yuklash, montaj uchastkalariga yetkazish, yoki ishlab chiqarish zanjiri bo‘ylab uzatish uchun xizmat qiladi [8].

Trolley’larning asosiy afzalliklaridan biri — oddiy konstruksiya va arzon ekspluatatsiya hisoblanadi. Ayniqsa, relsli turlarida yo‘nalish qat’iy bo‘lib, yukni tebranishsiz, barqaror tarzda tashish imkoni mavjud. Bu payvandlangan, nozik yoki deformatsiyaga sezgir detallar uchun muhim. Shuningdek, trolley’lar mexanizatsiyalashgan yoki avtomatlashtirilgan bo‘lishi mumkin, bu esa inson mehnatini kamaytiradi [9].

Biroq kamchiliklari ham mavjud: relsli trolley’lar yo‘l infratuzilmasiga bog‘liq, ya’ni ular faqat oldindan tayyorlangan marshrutlar bo‘ylab harakatlana oladi. Bu esa ishlab chiqarish muhitidagi moslashuvchanlikni cheklaydi. Relssiz (masalan, akkumulyatorli) trolley’lar esa mobilroq bo‘lsa-da, batareya quvvati, sirpanish xavfi va boshqaruv aniqligi bo‘yicha muayyan cheklovlarga ega.

Trolley’lar ayniqsa qayta ishlanayotgan yoki og‘ir metall konstruktsiyalarni joyidan qo‘zg‘atmasdan tashish talab qilingan joylarda, masalan, kema qurilishi, mashinasozlik, va energetika sanoatida samarali qo‘llaniladi. Ular ko‘pincha AGV (avtonom yuruvchi vositalar) yoki konveyer tizimlari bilan integratsiyalashgan holda ishlatiladi [10].

3. Konveyer tizimlari — bu uzluksiz yoki yarim uzluksiz harakat orqali yuklarni bir nuqtadan ikkinchisiga avtomatik tarzda yetkazib beruvchi mexanik transport tizimidir. Sanoatda keng qo‘llaniladigan uch asosiy turi — lentali, rolikli, va zanjirli konveyerlardir. Ular ishlab chiqarish jarayonini soddalashtiradi, mehnat samaradorligini oshiradi va yuk tashishning xavfsizligini ta’minlaydi [11].

Lentali konveyerlar elastik lenta orqali yukni tashiydi, bu ularni har xil shakldagi va hajmdagi buyumlarni silliq va zarar yetkazmasdan tashishga mos qiladi. Ular ayniqsa yuqori tezlikda, uzoq masofaga, engil va o‘rtacha og‘irlikdagi yuklar uchun samaralidir. Ammo ularning asosiy kamchiligi – yuqori harorat,

ISSN 3030-3907

abraziv muhit yoki o‘tkir qirralarga ega yuklar bilan ishlashda lentaning tezda eskirishi va almashtirish zarurati.

Rolikli konveyerlar esa yukni aylanuvchi roliklar orqali harakatlantiradi. Bu tizim katta, qattiq yoki pastki qismi tekis yuklar uchun qulay va energiyani kam sarflaydi. Ularning muhim afzalligi – yukning og‘irligidan foydalanib, tortish kuchi bilan tabiiy harakatni amalga oshirishi (gravitatsion roliklar), bu esa elektr quvvatiga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi. Biroq, notekis shakldagi, siljishga moyil yoki og‘irlik markazi noto‘g‘ri joylashgan buyumlar bilan ishlashda roliklar muammoli bo‘lishi mumkin [12].

Zanjirli konveyerlar esa yukni zanjirli uzatmalar orqali harakatlantiradi va ular og‘ir yuklar, issiqlikka chidamli yoki sanoat sharoitida iflos muhitda foydalanish uchun ayni muddao. Bular ko‘pincha avtomobil, metallurgiya yoki mashinasozlik sanoatida qo‘llanadi. Afzalligi – bardoshli va mustahkam konstruktsiyasi, lekin ularning kamchiligi – katta ishqalanish, shovqin darajasi va murakkab texnik xizmat ko‘rsatish ehtiyoji.

Umuman olganda, konveyer tizimlari barqaror ishlash, mehnat xavfsizligini oshirish va ishlab chiqarish samaradorligini ko‘tarish imkonini beradi, biroq har bir tur ma’lum sharoitlarga mos tanlanishi lozim. Tanlovda yukning fizik xususiyatlari, tashish tezligi, masofasi va tashqi muhit sharoitlari inobatga olinadi.

4. AGV (Autonomous Guided Vehicles) — bu oldindan belgilangan yo‘nalishlar bo‘yicha mustaqil harakatlana oladigan, yuk tashishga mo‘ljallangan avtonom transport vositalaridir. Ular odatda sanoat ishlab chiqarish korxonalari, logistika markazlari va omborxonalarda materiallarni avtomatik tashish vazifasini bajaradi. AGV’larning ishlashi navigatsiya tizimlariga (masalan, lazerli skanerlash, magnit izlar, GPS yoki vizual belgilar) asoslanadi, bu esa ularni aniq, ishonchli va inson aralashuvisiz ishlaydigan tizimlar qatoriga kiritadi [13].

AGV’larning asosiy afzalliklaridan biri bu — ishlab chiqarish va tashish jarayonlarining uzluksizligini ta’minlashi, inson xatoliklarini kamaytirishi hamda 24/7 rejimida ishlay olishidir. Ular bilan ishlashda mehnat xavfsizligi yuqori bo‘ladi, chunki sensorlar va to‘qnashuvdan saqlovchi tizimlar AGV’ni to‘xtatishga yoki yo‘nalishini o‘zgartirishga imkon beradi. Ayniqsa, tizimli va ko‘p takrorlanuvchi yuk tashish operatsiyalarida AGV samaradorligi yuqori bo‘ladi [9].

Biroq AGV’lar hamma ishlab chiqarish tizimlariga to‘g‘ri kelavermaydi. Ularning asosiy kamchiligi — yuqori boshlang‘ich sarmoya, murakkab dasturlash va infrastruktura talabidir (masalan, maxsus navigatsiya yo‘llari yoki RFID belgilar). Bundan tashqari, o‘zgaruvchan ishlab chiqarish muhitida, kutilmagan to‘siqlar paydo bo‘lganida yoki marshrut tez-tez o‘zgarib turadigan joylarda ularning ishlashi samarasiz bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907

AGV’lar ayniqsa "smart factory" (aqlli zavod) va "Industry 4.0" kontseptsiyalariga muvofiq ishlaydigan korxonalarda yuqori darajada mos keladi. Ular robotlashtirilgan qo‘llar, avtomatlashtirilgan omborlar va raqamli ishlab chiqarish tizimlari bilan integratsiyalashgan holda ishlaydi. Bunday integratsiya natijasida logistika tezligi oshadi, chiqindilar kamayadi, va ishlab chiqarish sifati yaxshilanadi [14].

5. Forkliftlar (yuk ko‘taruvchi avtomobillar) — bu yuklarni ko‘tarish, tashish va balandlikka joylashtirish imkonini beruvchi g‘ildirakli mexanik vositalar bo‘lib, sanoat, logistika, qurilish va omborxona tizimlarida keng qo‘llaniladi. Ularning ishlash printsipi old tomonga o‘rnatilgan ikkita vilkali (fork) platforma yordamida yukni ko‘tarish va gorizontal yo‘nalishda harakatlantirishga asoslangan. Forkliftlar ichki yonuv dvigatelli (benzin, dizel, gaz) yoki elektr dvigatelli turlarda bo‘ladi, bu esa ularni turli ishlab chiqarish va ekologik sharoitlarga moslashtiradi [15].

Forkliftlarning asosiy afzalligi — ko‘tarish kuchi, manevrlilik va ko‘p maqsadli ishlatilishi hisoblanadi. Ular yordamida paletli, konteynerli yoki o‘ramli yuklarni qisqa masofalarga tez va xavfsiz tashish mumkin. Ayniqsa tor joylarda burilishga qodirligi forkliftlarni omborxonalarda juda foydali qiladi. Shuningdek, elektr forkliftlar atmosferaga zararli chiqindilar chiqarmasligi sababli yopiq binolarda qo‘llash uchun ideal hisoblanadi [9].

Shu bilan birga, forkliftlar xavfsizlik bo‘yicha muhim talablarga ega. Notog‘ri ekspluatatsiya, yukni muvozanatsiz ko‘tarish yoki operatorning tajribasizligi ag‘darilish yoki to‘qnashuv xavfini oshiradi. Bundan tashqari, ichki yonuv dvigatelli forkliftlar yopiq binolarda ishlatilsa, havoning ifloslanishiga sabab bo‘ladi, bu esa ishchi salomatligiga salbiy ta’sir qiladi. Shuningdek, forkliftlar baland rafli yoki avtomatlashtirilgan tizimlarga integratsiya qilishda cheklangan imkoniyatlarga ega, bu ularni zamonaviy “aqlli” ombor tizimlaridan biroz orqada qoldiradi.

Zamonaviy ishlab chiqarishda forkliftlar ko‘pincha skanerlash tizimlari, yuk sensori va avtomatik tormozlash texnologiyalari bilan jihozlanmoqda, bu ularni xavfsizroq va samaraliroq qiladi. Biroq ularning to‘liq avtomatlashtirilgan muqobillari — AGV yoki AMR'lar (autonomous mobile robots) bilan raqobat kuchayib bormoqda. Shunday bo‘lsa-da, forkliftlar hali ham arzon, ishonchli va tezkor yuk ko‘taruvchilar sifatida sanoatning ajralmas bo‘lagi bo‘lib qolmoqda [16].

6. Qo‘l aravachalar va transpaletlar — bu yuklarni qisqa masofalarga qo‘lda yoki mexanik yordamda tashishga mo‘ljallangan eng oddiy, ammo muhim mexanik transport vositalaridir. Ular ayniqsa omborxonalarda, savdo tarmoqlarida va kichik sexlarda keng qo‘llaniladi, chunki ular oddiy tuzilishga, past

ISSN 3030-3907

ekspluatatsiya xarajatlariga va yuqori moslashuvchanlikka ega. Ushbu vositalar og‘irlikni pastdan ko‘tarib, g‘ildiraklar yordamida harakatga keltiradi, bu esa inson kuchidan samarali foydalanish imkonini beradi [17].

Qo‘l aravachalari, odatda ikki yoki to‘rt g‘ildirakli platformali tuzilmalar bo‘lib, yengil va o‘rta og‘irlikdagi yuklarni inson kuchi bilan ko‘chirish uchun mo‘ljallangan. Ularning afzalligi — yuqori manevrlilik va oson boshqaruv, ayniqsa tor joylarda, liftlarda yoki yo‘laklarda. Shuningdek, ular oddiy parvarish va arzon narxi bilan ajralib turadi. Biroq, bu vositalarning kamchiligi — yuk ko‘tarish quvvatining cheklanganligi (odatda 100–300 kg gacha) va to‘liq inson kuchiga tayanishi tufayli tez charchashga olib kelishi mumkin [9].

Transpaletlar (palet aravachalari) esa paletlangan yuklarni tashish uchun maxsus ishlab chiqilgan bo‘lib, ular gidravlik tizim orqali yukni ko‘taradi va harakatlantiradi. Ular ko‘proq yuk ko‘tarish imkoniyati (ba'zilari 2 tonnadan ortiq) va yuklarni balandlikka ko‘tarishsiz silliq harakatlantirish imkoniyati bilan afzaldir. Elektr transpaletlar esa boshqaruvni yengillashtirib, ish unumdorligini oshiradi. Biroq transpaletlar ham faqat silliq, qattiq qoplamali zaminlarda samarali ishlaydi, g‘ovak yoki notekis joylarda ularning ishlashi qiyinlashadi. Shuningdek, cheklangan ko‘tarish balandligi (odatda 20 sm atrofida) ularni faqat gorizontal tashish vazifalarigagina moslashtiradi [18].

Umuman olganda, qo‘l aravachalari va transpaletlar soddaligi, iqtisodiyligi va foydalanuvchiga qulayligi bilan ajralib turadi, ammo ular zamonaviymashinalarga nisbatan avtomatlashtirish imkoniyatining yo‘qligi va operatsion imkoniyatlarning cheklanganligi bilan farqlanadi. Shunga qaramay, ular materiallarni boshqarish tizimining eng asosiy bo‘g‘inlaridan biri bo‘lib qolmoqda.

7. Portal kranlar — bu og‘ir yuklarni katta maydonlarda ko‘tarish, tashish va joylashtirish uchun mo‘ljallangan, o‘zining ustunlarida harakatlanuvchi va ko‘taruvchi tizimi yuqori nurlarda joylashgan yirik ko‘taruvchi inshootlardir. Ular ko‘pincha ochiq havoda — kema portlarida, temir yo‘l terminallarida, metallurgiya kombinatlari va yirik sanoat hududlarida ishlatiladi. Portal kranning asosiy afzalligi - katta yuk ko‘tarish quvvati (ba’zida bir necha yuz tonnagacha) va keng ish maydonini qamrab olish qobiliyatidir, bu esa ularni yirik hajmli yuklar bilan ishlashda muqobilsiz qiladi [19].

Portal kranlar ko‘tarish, harakatlanish va aylanish funksiyalarini birlashtirgan bo‘lib, ularning ustunlari ostidan boshqa transport vositalari (masalan, vagonlar, yuk mashinalari) erkin harakatlana oladi. Bu arxitekturaviy ustunlik ularni logistika samaradorligini oshirish va ko‘p darajali yuk operatsiyalarini bir vaqtda amalga oshirish imkonini beradi. Shuningdek, ular turli ish sharoitlariga

ISSN 3030-3907

moslashuvchan bo‘lib, shamolga, yomg‘irga va boshqa tashqi omillarga nisbatan chidamliligi bilan ajralib turadi [20].

Biroq portal kranlar katta joy talab qilishi, yuqori qurilish va o‘rnatish xarajatlari, shuningdek, doimiy texnik xizmat ko‘rsatish ehtiyoji sababli faqat yirik korxonalarda o‘zini oqlaydi. Ularning harakatchanlik darajasi cheklangan, ya’ni ular faqat o‘z relslarida harakatlana oladi, bu esa foydalanishdagi moslashuvchanlikni pasaytiradi. Shuningdek, ishchi xavfsizligini ta’minlash uchun maxsus o‘qitilgan operatorlar zarur, chunki yuklarning katta massasi muvozanat va boshqaruvda yuqori aniqlikni talab qiladi.

Portal kranlar zamonaviy sanoat ishlab chiqarish tizimlarida yuqori yuk ko‘tarish va tashish imkoniyatlari, ishonchlilik va uzoq xizmat muddati bilan ajralib turadi. Ular avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan jihozlanib, aqlli monitoring, masofaviy boshqaruv va yukni aniq joylashtirish kabi imkoniyatlarga ega bo‘lmoqda. Shunday bo‘lsa-da, ular har doim yuqori texnik va infratuzilmaviy talablar bilan birga keladi [21].

8. Magnitli yuk ko‘taruvchilar — bu ferromagnit materiallarni, xususan po‘lat va temirni, kontaktlarsiz tarzda ko‘tarish va tashish imkonini beruvchi maxsus elektromagnit yoki doimiy magnitlar asosida ishlovchi ko‘tarish moslamalaridir. Ular asosan metallurgiya sanoati, kema qurilishi, temir yo‘l depolari, omborlar va qayta ishlash korxonalarida keng qo‘llaniladi. Magnitli yuk ko‘taruvchilarning asosiy afzalligi — tezkorlik, kontaktga ehtiyoj bo‘lmasdan yukni ushlash, va yuk shakliga moslashuvchanlik hisoblanadi. Bu xususiyatlar ayniqsa yupqa, uzun yoki tartibsiz shakldagi metall listlar, quvurlar yoki prokatlar bilan ishlaganda juda muhimdir [22].

Ushbu tizimlar ikki asosiy turga bo‘linadi: elektromagnitli ko‘taruvchilar (faqat tok bilan ishlaydi) va doimiy magnitli ko‘taruvchilar (quvvat manbaiga bog‘liq bo‘lmasdan ishlaydi). Elektromagnitlar yukni ushlab turishda elektr energiyasini doimiy tarzda talab qiladi, bu esa boshqaruvdagi yuqori aniqlik va tezkor o‘chirish/yoqish imkonini beradi. Biroq, energiyaning to‘satdan uzilishi xavfli holatga olib kelishi mumkin — yuk tushib ketishi ehtimoli mavjud. Shu sababli, ko‘pchilik zamonaviy tizimlar akku batareyali avariya himoyasi bilan jihozlanadi [23].

Doimiy magnitli ko‘taruvchilar esa xavfsizlik darajasi yuqori, energetik mustaqil va texnik xizmat ko‘rsatish talablari kam bo‘lgan uskunalardir. Biroq ular faqat ma'lum og‘irlikgacha bo‘lgan yuklarda samarali ishlaydi va magnit kuchining aniq nazoratini amalga oshirish qiyinroq bo‘ladi.

Magnitli ko‘taruvchilarning kamchiligi shundaki, ular faqat magnitlanadigan materiallar bilan ishlay oladi — bu esa ularning universalligini cheklaydi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, metall sirtida zang, yog‘ yoki notekisliklar mavjud bo‘lsa, magnit kuchi pasayadi va yukning ishonchli ushlanishi xavf ostida qoladi. Bundan tashqari, yuqori magnit maydoni elektron qurilmalar va atrofdagi odamlarga nojo‘ya ta'sir ko‘rsatishi mumkin, shuning uchun foydalanishda maxsus xavfsizlik choralariga rioya etilishi shart [24].

Biroq, ularning kontaktlarsiz, ishchi kuchisiz, silliq va tez ishlashi, ayniqsa yuklarni mexanik vositalarsiz joylashtirish imkoniyati, magnitli ko‘taruvchilarni sanoatda xarajatlarni kamaytiruvchi va jarayonlarni tezlashtiruvchi samarali yechimga aylantiradi.

9. Vakuumli ko‘taruvchilar — bu sirtlari silliq bo‘lgan yuklarni (masalan, oynalar, metall plitalar, plastmassa, yog‘och panellar va karton qutilar) ko‘tarish va tashish uchun vakuum bosimi kuchidan foydalanadigan maxsus ko‘tarish moslamalaridir. Ushbu tizimlar havo siqilishi natijasida hosil bo‘lgan past bosimli zona orqali yukning ustiga yopishib, uni mexanik ravishda ko‘tarish imkonini beradi. Vakuumli ko‘taruvchilar zamonaviy logistik tizimlar, avtomobilsozlik, mebel ishlab chiqarish va shisha sanoatida keng qo‘llanilmoqda [25].

Ularning asosiy afzalliklaridan biri — kontaktlarsiz va teng taqsimlangan ushlash kuchi hisoblanadi. Bu nozik va mo‘rt materiallar (masalan, shisha yoki polikarbonat) bilan ishlashda zarar yetkazmasdan ko‘tarish imkonini beradi. Vakuumli tizimlar inson kuchiga ehtiyojni kamaytiradi, bu esa ishchilar salomatligini saqlashda muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, ularning ergonomik konstruksiyasi ish unumdorligini oshirib, jarayonni avtomatlashtirishga xizmat qiladi [26].

Biroq vakuumli ko‘taruvchilarning ayrim cheklovlari mavjud. Birinchidan, ular faqat yopiq, tekis va havo o‘tkazmaydigan sirtlar bilan ishlay oladi — bu esa yirik, notekis, teshikli yoki g‘ovakli yuzalarga nisbatan qo‘llanish imkoniyatini kamaytiradi. Ikkinchidan, vakuumli tizimlar doimiy ravishda elektr yoki pnevmatik energiyaga tayanadi. Tizimdagi bosim pasayganda yoki havo oqimi to‘xtaganda yuk tushib ketishi mumkin, shuning uchun zaxira vakuum saqlash tizimi yoki xavfsizlik klapanlari bo‘lishi talab qilinadi.

Bundan tashqari, issiq yoki juda sovuq muhitlarda vakuumli ko‘taruvchilarning samaradorligi pasayadi, chunki havo zichligi va sirt xususiyatlari o‘zgaradi. Shu bilan birga, ularning o‘rnatish va sozlash jarayoni boshqa mexanik uskunalarga nisbatan murakkabroq va yuqori texnik xizmat talab qiladi [27]. Lekin, to‘g‘ri ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatish sharoitida, vakuumli ko‘taruvchilar yuqori xavfsizlik, yukga zarar yetkazmaslik va ish samaradorligini oshirish kabi yutuqlari bilan boshqa ko‘tarish vositalaridan ajralib turadi.

ISSN 3030-3907

10. Zanjirli va arqonli yuk ko‘taruvchilar — bu og‘ir yuklarni vertikal yoki gorizontal yo‘nalishda ko‘tarish va tushirish uchun ishlatiladigan, yukni uzluksiz harakatlantiruvchi mexanik uzatmalar asosida ishlovchi ko‘tarish vositalaridir. Ular asosan sanoat sexlari, omborlar, qurilish maydonlari, temiryo‘l va kemasozlik korxonalarida keng qo‘llaniladi. Har ikki tur — zanjirli va arqonli — yuk ko‘tarishda asosiy mexanizmlardan biri bo‘lib, ularning tanlovi yuk og‘irligi, ish muhiti va uzluksizlik darajasiga bog‘liq [28].

Zanjirli ko‘taruvchilar metall zanjirlar orqali yukni ko‘taradi. Ularning asosiy afzalligi — mustahkamlik va qisqa balandlikda yuqori yuk ko‘tarish qobiliyati. Shuningdek, ular kam texnik xizmat talab qiladi, changli yoki nam muhitda ham ishonchli ishlay oladi. Zanjirning elastikligi va mustahkamligi tufayli ular zaruriy holatlarda yukni aniq pozitsiyaga tushirishga imkon beradi. Biroq, zanjirli ko‘taruvchilarning kamchiligi — bu harakatning nisbatan sekinligi va zanjirning vazni, bu esa ko‘taruvchi mexanizmga qo‘shimcha yuk keltiradi [9]. Shuningdek, ular faqat qisqa ko‘tarish balandligida samarali ishlaydi, bu ularning qo‘llanish doirasini cheklaydi.

Arqonli yuk ko‘taruvchilar esa po‘lat arqon (kabel) yordamida yukni ko‘taradi. Bu turdagi ko‘taruvchilar yuqori tezlikda, katta balandlikda va og‘ir yuklarda samarali ishlaydi, shu sababli ular ayniqsa qurilish, yirik sexlar va ko‘prik kranlarda keng tarqalgan. Ularning asosiy ustunligi — ko‘tarish balandligi va yuk hajmi bo‘yicha moslashuvchanlik. Arqonlar oson o‘raladi, og‘irlik bo‘yicha yengil va yuqori kuchlanishga chidamli. Biroq, arqonli tizimlar ko‘proq texnik xizmatni talab qiladi, arqonlar aşinishga (eskirishga) sezgir bo‘ladi, shuningdek, ular qimmatroq va murakkabroq mexanizmga ega [29].

Umuman olganda, zanjirli ko‘taruvchilar mustahkam va soddaligi bilan, arqonli esa balandlik va yuk hajmiga moslashuvchanligi bilan ajralib turadi. Tanlov muayyan ish sharoitlariga, yuk og‘irligiga va texnik xizmat ko‘rsatish imkoniyatlariga bog‘liq bo‘ladi. Ikkala tizim ham sanoatdagi yuk ko‘tarish operatsiyalarining ajralmas elementi bo‘lib, ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga va ishchilar xavfsizligini ta’minlashga xizmat qiladi.

11. Rotatsion va egiluvchan transportyorlar – bu materiallarni ishlab chiqarish jarayonida yoki logistika tizimlarida turli yo‘nalishlarda (aylanma, egri-bugri yoki tor muhitlarda) samarali tashish uchun mo‘ljallangan zamonaviy konveyer tizimlaridir. Ular ayniqsa cheklangan joylarda, o‘zgaruvchan tashish yo‘nalishlariga ehtiyoj bo‘lgan liniyalarda qo‘llaniladi va oddiy konveyer tizimlarining statik tuzilmasiga nisbatan ko‘proq moslashuvchanlik taqdim etadi [30].

ISSN 3030-3907

Rotatsion transportyorlar – bu materiallarni aylanma yoki spiral shaklda yuqoriga yoki pastga yo‘naltirish imkonini beruvchi vertikal yoki gorizontal aylanuvchi tizimlardir. Ular joyni tejalgan holda katta balandliklar orasida yuk tashishni ta’minlaydi. Afzalliklari orasida kompaktlik, uzluksiz harakat, va balandliklar orasida uzluksiz integratsiya bor. Bu ularni qadoqlash liniyalari, oziq-ovqat sanoati yoki farmatsevtikada keng foydali qiladi. Biroq, murakkab konstruktsiya va yuqori texnik xizmat talabi ularning narxini oshiradi va nosozlikka nisbatan sezuvchanlikni kuchaytiradi [31].

Egiluvchan transportyorlar esa segmentli yoki g‘ildirakli modulli tuzilmasi orqali yo‘nalishini o‘zgartira oladi, ya’ni ularni egib, bo‘g‘ib yoki joyiga moslab moslashtirish mumkin. Bu ularni notekis, tor va murakkab yo‘llarda yuk tashish uchun ideal vositaga aylantiradi. Ularning eng katta ustunligi – moslashuvchanlik va portativlik bo‘lib, ko‘pincha vaqtinchalik yuk tashish liniyalarida yoki omborlarda ishlatiladi. Egiluvchan transportyorlarni oson yig‘ish va saqlash ham mumkin, bu esa joy tejalishini ta’minlaydi. Shunga qaramay, ularning yuk ko‘tarish quvvati cheklangan bo‘ladi va yuqori intensivlikdagi liniyalar uchun kamroq mos hisoblanadi. Bundan tashqari, segmentlar orasidagi harakat yuqori aniqlikni talab qilgan sohalarda barqarorlik muammolari keltirib chiqarishi mumkin [32].

Umuman olganda, rotatsion va egiluvchan transportyorlar ishlab chiqarish va logistika tizimlarida moslashuvchanlik, joydan samarali foydalanish va yuk oqimini uzluksiz boshqarish imkoniyatlarini beradi. Ular murakkab marshrutlar va cheklangan ish sharoitlarida boshqa transport vositalariga qaraganda ancha afzal, lekin bu imkoniyatlar yuqori xarajatlar, xizmat ko‘rsatish murakkabligi va yuk turiga qo‘yilgan cheklovlar evaziga erishiladi.

Ko’rib o’tilgan usullar o’zining afzallik va kamchiliklariga, qo’llanish sohalariga hamda bir qator boshqa xususiyatlarga ega. 2-jadvalda payvandlangan detallarni tashish usullari xususiyatlarini o’zaro taqqoslab tahlil qilamiz.

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Payvandlangan detallarni tashish usullari taqqoslash jadvali

Tashish Usuli	Yuk Turi	Afzalliklari	Kamchiliklari	Ishlash Muhiti	Texnik Xizmat	Yuk Ko'tarish	Ko'tarish Balandligi	Moslashuvchanlik	Tezlik	Energiya Tabiati	Qo'llanilishi
Ko'prik kranlar	Og'ir, katta yuklar	Yuqori yuk ko'tarish quvvati, balandlikda ishlash	Joy cheklovlari	Og'ir sanoat, qurilish	Yuqori	Yuqori	Yuqori	Past	Elektr	O'rtacha	Keng sanoat tarmoqlari
Trolley	Yengil va o'rtacha yuklar	Oson harakatlanish, yuqori manevr imkoniyati	Cheklangan yo'nalishlar	Kichik omborlar	Past	O'rtacha	Past	Yuqori	Elektr yoki pnevmatik	Past	Omborlar, kichik ishlab chiqarish
Konveyer tizimlari	O'rtacha yuklar	Uzluksiz tashish, ko'p miqdorda materiallarni tez tashish	Juda qattiq sirtlarga ehtiyoj	Yirik ishlab chiqarish, logistika	O'rtacha	Yuqori	O'rtacha	Yuqori	Elektr	O'rtacha	Logistika, ishlab chiqarish tarmoqlari
AGV	Yengil va o'rtacha yuklar	Avtomatlashtirilgan, xavfsiz	Cheklangan ko'rsatkichlar, yuqori boshlang'i	Logistika markazlari	Yuqori	O'rtacha	Past	Yuqori	Batareya	Yuqori	Logistika, ishlab chiqarish

			ch xarajatlar								
Forkliftlar	Og'ir yuklar	Yuqori yuk ko'tarish quvvati, ko'p maqsadli	Manevr cheklovlari, hamma joyda ishlamaydi	Omborlar, qurilish maydonchalari	O'rtacha	Yuqori	Past	Yuqori	Elektr yoki gaz	O'rtacha	Omborlar, qurilish
Qo'l aravachalar va transpaletlar	Yengil yuklar	Qulay va oddiy, tejamkor	Cheklangan yuk va masofa	Kichik omborlar	Past	Kam	Kam	Yuqori	Mehanik	Past	Omborlar
Portal kranlar	Og'ir yuklar	Keng hududlarda ishlash, yuqori ko'tarish balandligi	Katta o'rnatish maydoni, yuqori narx	Og'ir sanoat, omborlar	Yuqori	Yuqori	Yuqori	Past	Elektr	Yuqori	Og'ir sanoat
Magnitli yuk ko'taruvchilar	Metall materiallar	Kontaktlarsiz ishlash, yuqori tezlik	Faollikka nisbatan sezgir, faqat metall materiallar	Sanoat, qayta ishlash	O'rtacha	Yuqori	Past	Yuqori	Elektr	O'rtacha	Sanoat, metallurgiya

ISSN 3030-3907

Vakuumli ko'taruvchilar	Silliq sirtli materiallar	Kontaktlarsiz, silliq ishlash	Faqat silliq materiallarga mos	Sanoat, shisha ishlab chiqarish	Yuqori	O'rtacha	O'rtacha	Yuqori	Elektr	O'rtacha	Sanoat
Zanjirli va arqonli yuk ko'taruvchilar	Og'ir yuklar	Mustahkam, yuqori yuk ko'tarish	Yukni tez ko'tarish imkonsiz	Sanoat, qurilish	O'rtacha	Yuqori	O'rtacha	Past	Elektr	O'rtacha	Og'ir sanoat
Rotatsion va egiluvchan transportyorlar	O'rtacha yuklar	Moslashuvchanlik, egiluvchanlik	Cheklangan yuk ko'tarish quvvati	Sanoat, ishlab chiqarish	O'rtacha	O'rtacha	Yuqori	Yuqori	Elektr	Past	Shisha sanoati, mebel sanoati

ISSN 3030-3907

Yuqorida keltirilgan tashish usullari tavsifi va taqqoslash jadvalida berilganlar asosida payvandlangan detallarni tashish jarayonini avtomatlashtirish usul eng ma’qul usul yoki usullarni aniqlash mumkin.

AGV tizimlari avtomatlashtirilgan tashish jarayonlarini ta’minlab, yuqori tezlikda ishlaydi va xavfsizlikni oshiradi, ammo yuqori boshlang‘ich xarajatlar va texnik xizmatni talab qiladi. Vakuumli ko‘taruvchilar esa materiallarni zarar yetkazmasdan, yuqori aniqlikda tashiydi, lekin faqat silliq yuzali yengil materiallar bilan ishlaydi va narxi qimmatroq bo‘lishi mumkin. AGV tizimlari katta miqyosda avtomatlashtirish uchun, vakuumli ko‘taruvchilar esa nozik detallarni ehtiyotkorlik bilan tashish uchun eng maqbul usullardir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. O'Brien, R. L. (2004). *Welding Handbook, Volume 1: Welding Science and Technology*. American Welding Society.
2. Messler, R. W. (2004). *Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy*. Wiley-Interscience.
3. Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. Wiley.
4. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson.
5. Ефимов, И. Н., & Краснов, А. В. (2019). *Грузоподъемные машины и оборудование*. Москва: Машиностроение.
6. International Organization for Standardization. (2016). *ISO 4301-1: Cranes — Classification — Part 1: General*.
7. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. (2022). *Ko‘tarish uskunalari xavfsizligi: Texnik reglament*.
8. Horen, M. (2020). *Material Handling Equipment*. Springer.
9. Groover, M. P. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Pearson.
10. International Organization for Standardization. (2011). *ISO 3691-1: Industrial trucks — Safety requirements and verification*.
11. Ray, A. (2016). *Material Handling Systems: Designing for Safety and Efficiency*. Elsevier.
12. International Organization for Standardization. (1989). *ISO 5048: Continuous mechanical handling equipment – Belt conveyors with carrying idlers – Calculation of operating power and tensile forces*.
13. Blackburn, T. A. (2020). *Autonomous Guided Vehicles in Logistics*. Springer.
14. International Organization for Standardization. (2020). *ISO 3691-4: Industrial trucks — Safety requirements and verification — Part 4: Driverless industrial trucks and their systems*.

15. Rudenko, N. (2021). *Industrial Vehicles and Material Handling*. Elsevier.
16. International Organization for Standardization. (2011). *ISO 3691-1: Industrial trucks — Safety requirements and verification*.
17. Tompkins, J. A., & White, J. A. (2010). *Facilities Planning*. Wiley.
18. International Organization for Standardization. (2014). *ISO 3691-5: Industrial trucks — Safety requirements and verification — Part 5: Pedestrian-propelled trucks*.
19. Kravchenko, O. V. (2018). *Lifting and Handling Machines*. Moscow: Mashinostroenie.
20. International Organization for Standardization. (2006). *ISO 8306-1: Cranes — Portal and semi-portal cranes — Part 1: General requirements*.
21. European Federation of Materials Handling (FEM). (2020). *Document 5.001: Design principles for cranes*.
22. Popov, G. (2019). *Lifting Magnetic Devices in Industrial Operations*. Springer.
23. International Organization for Standardization. (2002). *ISO 10516: Lifting appliances — Magnetic lifting devices — General requirements*.
24. European Federation of Materials Handling (FEM). (2020). *Section 5: Design of electromagnetic lifting devices*.
25. Boothroyd, G., & Knight, W. (2005). *Product Design for Manufacture and Assembly*. CRC Press.
26. International Organization for Standardization. (2021). *ISO 22225: Vacuum lifting devices — Safety requirements*.
27. Schmalz GmbH. (2020). *Vacuum Handling Systems – Technical Guide*.
28. International Organization for Standardization. (2016). *ISO 4301-1: Cranes and lifting appliances — Classification — Part 1: General*.
29. Hoist Manufacturers Institute (HMI). (2020). *Performance Standards for Electric Chain and Wire Rope Hoists*.
30. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson.
31. Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2020). *Belt Conveyors for Bulk Materials* (7th ed.).
32. Interroll Group. (2021). *Technical White Paper: Flexible Conveyor Systems in Intralogistics*.

ISSN 3030-3907