

**MILLIY TEXNOLOGIK TADQIQOTLAR UNIVERSITETI “MISIS”NING
OLMALIQ SHAHRIDAGI FILIALI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI DSc.22/30.12.2019.T.98.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

BAYNAZOV UMID RAIMOVICH

**ANGREN KO‘MIR KONIDA KONVEYER TRANSPORTINI
EKSPLUATATSIYA QILISH PARAMETRLARINI
OPTIMALLASHTIRISH**

04.00.16 – Kon mashinalari

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Content of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)
of technical sciences**

Baynazov Umid Raimovich

Angren ko‘mir konida konveyer transportini ekspluatatsiya qilish parametrlarini optimallashtirish3

Байназов Умид Раимович

Оптимизация эксплуатационных параметров конвейерного транспорта на угольном разрезе «Ангренский»19

Baynazov Umid Raimovich

Optimization of operating parameters of conveyor transport at the Angren coal mine.....37

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....40

.

**MILLIY TEXNOLOGIK TADQIQOTLAR UNIVERSITETI “MISIS”NING
OLMALIQ SHAHRIDAGI FILIALI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI DSc.22/30.12.2019.T.98.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

BAYNAZOV UMID RAIMOVICH

**ANGREN KO‘MIR KONIDA KONVEYER TRANSPORTINI
EKSPLUATATSIYA QILISH PARAMETRLARINI
OPTIMALLASHTIRISH**

04.00.16 – Kon mashinalari

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2022.2.PhD/T2818 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume) Ilmiy kengashning web-sahifasida (www.misis.uz) va “ZiyoNet” Axborot ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Toshov Javoxir Buriyevich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponenlar:

Raxutin Maksim Grigorevich
texnika fanlari doktori, professor

Maxmudov Azamat Maxmudovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

“Olmaliq kon metallurgiya kombinati” AJ

Dissertatsiya himoyasi Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti “MISIS”ning Olmaliq shahridagi filiali huzuridagi DSc.22/30.12.2019.T.98.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil “___” _____ soat ___ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (70) 614-22-57; e-mail: info@misis.uz.

Dissertatsiya bilan Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti “MISIS”ning Olmaliq shahridagi filiali Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____ raqam bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (70) 614-22-57.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil “___” _____ kuni tarqatilgan.
(2025-yil “___” _____ № _____ raqamli reyestr bayonnomasi).

F.Ya. Umarov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

G.S. Nutfulloyev

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., dotsent

Sh.Sh. Zairov

Ilmiy darajalar beruvchi, Ilmiy kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda ko‘mirning energetika, kimyo, meditsina va boshqa sohalarda keng qo‘llanilishi ko‘mir mahsulotlariga bo‘lgan ehtiyojini ortib borishiga olib kelmoqda. Bu ko‘mir sanoatini rivojlantirish, sifatli qazib olish, tannarxini pasaytirish va mahsulotning jahon bozorida raqobatbardoshligini oshirishda ustuvor vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda. Hozirgi kundagi yer yuzidagi ko‘mirning umumiy geologik zaxiralari 14-16 trillion tonnani tashkil etadi, shundan o‘rganilgani - 5 trillion tonnadan ortiqdir. Ko‘mir qazib olish asosan ochiq usulda amalga oshirilib, mazkur usulda qazib olishda tog‘ jinslarini tashish jarayoni qimmat texnologiya bo‘lib, mahsulotning tannarxini qimmatlashishiga olib keladi. Ko‘mirni sifatli tashish va energiyatejamkor texnologiyalarni qo‘llash, shuningdek, tashish jarayonlarini loyihalash masalalarini hal etishga e‘tibor qaratish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda dunyoda tog‘ jinslarini tashishda tasmali konveyer eng tejamkor transport vositasi hisoblanadi. Biroq ularni ishlatish bilan bog‘liq bir qator muammolar tufayli so‘nggi o‘n yilliklarda ko‘plab kon korxonalarini unumdorligi past va yuqori ekspluatatsion xarajatlarga ega bo‘lgan temir yo‘l yoki avtomobil transportiga o‘tishga majbur bo‘lmoqda. Tog‘ jinslarini tashish jarayonini takomillashtirish, samaradorlikni oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, tog‘ jinslarini tashishda energiya tejamkor texnika va texnologiyalarni qo‘llash, ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini optimallashtirish, ularni loyihalashda ilg‘or usullarni joriy etish, zamonaviy dasturiy ta‘minotdan foydalanishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda Angren, Boysun va Sharg‘un ko‘mir konlarida energiya tejaydigan va samarador usullarini qo‘llash, yangi energiya samaradorligini oshiruvchi texnologiyalarni yaratish, investitsiyon loyihalarni amalga oshirish, ko‘mir va ko‘mir mahsulotlarini ishlab chiqarish va yetkazib berish hajmini oshirish, zamonaviy qayta ishlash mashinalari va uskunalarni foydalanish samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish bo‘yicha ilg‘or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining tegishli farmoni bilan “O‘zbekiston – 2030” strategiyasida “...mahalliy xom ashyo bazasidan samarali foydalanish va ilg‘or texnologiyalarga asoslangan sanoatni rivojlantirish”¹ kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, tog‘ jinslarini tashish tezligi, barqarorligi va chidamliligini muvozanatlashtirish talablarini hisobga olgan holda, zamonaviy axborot usullari asosida tasmali konveyerning optimal konstruksiyasini yaratish va modellashtirishga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022–2026-yillarda yangi O‘zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida”gi PF–60-son va 2023-yil 11-sentabrdagi ““O‘zbekiston – 2030” strategiyasi

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi to‘g‘risida”gi PF–158-son Farmoni.

to'g'risida"gi PF-158-son Farmonlari, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 13-iyundagi "2017-2021-yillarda ko'mir sanoatini yanada rivojlantirish va modernizatsiya qilish dasturi to'g'risida"gi PQ-3054-son va 2019-yil 07-martdagi "O'zbekko'mir aksiyadorlik jamiyatini boshqarish samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4497-son qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika ilm-fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. "Yer to'g'risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xomashyolarni qayta ishlash)" ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Ochiq kon ishlarida tog' jinsini tashishda tasmali konveyerlarni modellashtirish va takomillashtirish bo'yicha Anistratov Yu.I., Annakulov T.J., Atakulov L.N., Galkin V.I., Dmitriev V.G., Malgin O.N., Poderni R.Yu., Rakishev B.R., Rahimov V.R., Raimjanov B.R., Rzhhevskiy V.V., Toshov J.B., Shemetov P.A., Sheshko E.L., Agata Kirjanów-Błażeja, Chao Wang, Gabriel Fedorko, Joseph Schall, John R. Rounds, Jaime Maria, Liu Hongyuan, Lech Gładysiewicz, Ogden R.W., Özel Tuğrul, Piotr Bortnowskia, Qiu Pang, Robert Burduk, Robert Krol, Staffan Jacobson va boshqa olimlar ko'mir qazib olish texnologiyasi va foydali qazilmalarni tashish tizimini takomillashtirishda salmoqli natijalarga erishdilar. Biroq, hozirgi kunga qadar konveyer tasmalari bilan ta'sir etuvchi tog' jinslarining kuchlanish-deformatsiya holatini turli foydalanish sharoitlarida o'rganish masalalari, shuningdek, tog' jinslarining fizik-mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda, konveyer liniyasining qayta yuklash punktlariga bo'lgan masofalarni optimallashtirish bo'yicha muammolar to'liq o'rganilmagan. Kon massasini konveyer orqali turli tezliklarda tashish jarayonida ta'sir kuchlarini e'tiborsiz qoldirish natijasida hal qilinmagan muammolar mavjud.

Shu tariqa, tog' jinslarining fizik-mexanik xususiyatlariga bog'liq holda qayta yuklash punktining maqbul ko'rsatkichlarini aniqlash uslubini ishlab chiqish, shuningdek, kon massasini tashishda konveyer tezligining optimal parametrlarini belgilash, chekli elementlar usuli asosida tasmali konveyerning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini modellashtirish va optimallashtirish zaruriyati tug'ilmoqda. Bu kon-geologiya sohasining dolzarb ilmiy-amaliy muammosi hisoblanadi va bu yo'nalishda tadqiqotlar olib borishni talab etadi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining "Ko'chma maydalash va uzatish komplekslaridan foydalangan holda davriy uzluksiz texnologiyasini tadqiq etish, samaradorligi va ishonchliligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar va tavsiyalar ishlab chiqish" (2017-2018 yy.) mavzusidagi loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi qayta yuklash punktlarini modellashtirish va optimal geometrik parametrlarini aniqlash asosida konveyer transportini ekspluatatsiya qilish parametrlarini optimallashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

ochiq kon ishlarida konveyer transportini takomillashtirish va qo‘llash bo‘yicha tadqiqotlar tahlili;

konveyer tasmasining tog‘ jinsi bilan o‘zaro ta’sirini raqamli usullar yordamida tadqiq qilish;

chekli elementlar usuli asosida ANSYS dasturidan foydalanib tasmali konveyerning yuklash punktini modellashtirish;

raqamli modellashtirish asosida bunkerning turli balandliklarida konveyer tasmasi bilan tog‘ jinslarining o‘zaro ta’sirini tadqiq etish;

konveyer tasmasining tog‘ jinsi bilan o‘zaro ta’sirida kuchlanish-deformatsiya holatini aniqlash metodikasini ishlab chiqish;

ochiq kon ishlarida konveyer tasmasining xizmat muddati va ishonchligini uzaytiradigan qayta yuklash punktlari parametrlarini optimallashtirish bo‘yicha uslub va tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti ochiq kon ishlarida konveyer liniyasining qayta yuklash punkti hisoblanadi.

Tadqiqotning predmetini konveyer tasmasini tog‘ jinslari bilan o‘zaro ta’siri tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda raqamli modellashtirish, nazariy umumlashtirish va tajriba o‘tkazish; tog‘ jinslarining konveyer tasmasi bilan o‘zaro ta’siri jarayonini modellashtirish, shuningdek, tadqiqot natijalarini matematik statistika va korrelyatsion tahlil qilish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

tog‘ jisnlarini tashish samaradorligini oshirishda konveyer transportining qayta yuklash punktini chekli elementlar usuli asosida modellashtirish uslubi ishlab chiqilgan;

konveyer tasmasining deformatsiya-kuchlanish holati tenglamasi tasma harakati tezligi va qayta yuklash punkti bunkeri balandligiga bog‘liq ravishda bir va ikki omilli regression modellar yordamida asoslangan;

konveyer transportining ekspluatatsiya qilish parametrlarini optimallashtirishda tasmasining optimal kengligi va uning yuklanganlik hamda deformatsiya-kuchlanish holatiga qarab harakatlanish tezligi aniqlangan;

tog‘ jinslarining tasmaga urilish kuchini minimallashtirish orqali konveyerning qayta yuklash punktining geometrik parametrlarini optimallashtirish asosida bunkerning maqbul balandligi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

tog‘ jisnlarini tashish samaradorligini oshirish maqsadida chekli elementlar usuli asosida konveyer transportini qayta yuklash punktlarining optimal parametrlari aniqlangan;

ochiq kon ishlarida konveyer tasmasining ishonchligi va xizmat muddatini uzaytirish bo‘yicha konveyer transportining ekspluatatsion parametrlarini optimallashtirish yuzasidan tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi: raqamli modellashtirish asosida konveyer tasmasining tog‘ jinslari bilan o‘zaro ta’siri ANSYS dasturida nazariy

jihatdan isbotlangan; deformatsiya, deformatsiya tezligi va qiyalik burchagiga bog‘liq holda muhitning deformatsiya-kuchlanish holatini tajriba yo‘li bilan aniqlashda konveyer tasmasi elementlarining tog‘ jinslari bilan o‘zaro ta‘sirining fizik jarayoni dinamikasini matematik modellashtirish, konveyer transporti ekspluatatsiyasining optimal parametrlarining qoniqarli darajada mos kelishi va miqdoriy jihatdan tasdiqlash, shuningdek, qayta yuklash punktini loyihalashda ijobiy natijalarga erishilganligi bilan isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati konveyer tasmasining tog‘ jinsi bilan o‘zaro ta‘sirini hisobga olgan holda konveyer transportining qayta yuklash punkti ishini baholash uslubini matematik modellashtirish asosida takomillashtirish; tog‘ jinsini tashish jarayonida tog‘ jinsining konveyer tasmasiga urilish kuchiga bog‘liq ravishda muhitning deformatsiya-kuchlanish holatini tadqiq qilish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati konveyer transportining qayta yuklash punktining optimal ekspluatatsiya parametrlarini va xossalarini aniqlash uchun chekli elementlar usulidan foydalanib, kuch ta‘sirida tasmaning deformatsiya-kuchlanish holati bo‘yicha ishlab chiqilgan kompleks uslub konveyer tasmasining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Ochiq kon ishlarida kon massasini tashishda tasmali konveyerning parametrlarini optimallashtirish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

qayta yuklash punktining geometrik parametrlarini optimallashtirish asosida lentali konveyerdan bunkerning joylashuvini optimal parametrlarini aniqlash usuli “O‘zbekko‘mir” AJning Angren konida amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekko‘mir” AJning 2024-yil 6-sentyabrdagi 01-13/1665-son ma‘lumotnomasi). Natijada, konveyer transportini loyihalashda taklif etilayotgan uslub konveyer tasmasi elementlarining tog‘ jinsi bilan o‘zaro ta‘sirida fizik jarayonning dinamikasini baholash imkonini bergan;

tasmali konveyerni optimallashtirish bo‘yicha ishlab chiqilgan tavsiyalar “O‘zbekko‘mir” AJning Angren konida amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekko‘mir” AJning 2024-yil 6-sentyabrdagi 01-13/1665-son ma‘lumotnomasi). Natijada, ochiq kon ishlarida konveyer tasmasining ishlash muddatini 30 %ga oshirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqotning natijalari 1 ta respublika va 5 ta xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlarda aprobatsiyadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 10 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 3 ta maqola, jumladan, 2 ta respublika va 1 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan. EHM uchun dasturiy mahsulotga 1 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 123 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi bo‘yicha tavsiyalar, e‘lon qilingan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Foydali qazilma konlarini ochiq usulda qazib olishda konveyer transportining texnologik sxemalarini qo‘llashning sharhi va tahlili**” deb nomlangan birinchi bobida ochiq usulda qazib olishda foydali qazilmalarni tashish texnikasi va texnologiyasini tadqiq qilish bo‘yicha adabiyot ma‘lumotlarini tahlil qilish, konchilik korxonalarida konveyer transportini ishlatish jarayonining o‘ziga xosligi ochib berilgan.

Dunyodagi resurslar inqirozi transport xarajatlarining oshishiga olib keldi, bu esa kon massasini etkazib berishning yanada samarali aralash usullarini izlashni talab qildi. Bu muammolarni nazariy va amaliy nuqtai nazardan o‘rganish foydali qazilma va ustki bo‘sh tog‘ jinslarni qazishda konveyer transportidan foydalanishga intensiv o‘tishga olib keldi. Hozirgi vaqtda konveyer transporti foydali qazilma konlarini ochiq usulda qazib olishda ham keng qo‘llaniladi, bu kon massasini tashish xarajatlarini 30-40 %ga sezilarli darajada kamaytirishi mumkin.

Adabiyotlar tahlili natijasida shuni ta‘kidlash mumkinki, tog‘ jinslarini tashish jarayonida tasmali konveyer majmuasidan foydalanishni samarali optimallashtirish konchilik korxonalarini ishlab chiqarish quvvatini oshirishni ta‘minlovchi omil ekanligi ta‘kidlanadi. Shuningdek, tasmali konveyerdan foydalanishni optimallashtirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, yuklash-tushirish punktlari karyerda tasmali konveyerlar tizimining eng muhim nuqtalari hisoblanib, ularning to‘g‘ri ishlashi ko‘mir va boshqa tog‘ jinslarini optimal tashish uchun muhim ahamiyatga ega.

Ochiq kon ishlarida konveyer tasmasining ishlash muddatini uzaytirishni ta‘minlashda matematik va raqamli modellashtirish usullari asosida konveyer transportini loyihalashning optimallashtirish masalalari mazkur muammo echimining asosiy yo‘llaridan biri hisoblanadi.

Dissertatsiyaning “**Tasmali konveyerning tog‘ jinslari bilan o‘zaro ta‘sirining matematik modellashtirish uslubini ishlab chiqish**” deb nomlangan ikkinchi bobida tog‘ jinslarini tashish jarayonida raqamli modellashtirishning asosiy komponentlari va tadqiqot usullari o‘rganilgan.

Konveyer tasmasining optimal parametrlari va xossalari aniqlash uchun chekli elementlar usulidan foydalanib, kuch ta‘sirida tasmaning deformatsiyakuchlanish holati topiladi.

Bizning holatimizda deformatsiyalanadigan qattiq jismning umumiy energiyasining o‘zgarishi quyidagiga teng:

$$E_k = \frac{1}{2} \iiint \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dV \quad (1)$$

Guk qonunining komponentlari σ_{ij} ni topamiz:

$$\sigma_{ij} = [A][\varepsilon_{ij}]; \text{ Bu erda } [A] = \begin{pmatrix} \lambda + 2\mu & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda + 2\mu & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & \lambda + 2\mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu \end{pmatrix}, \quad (2)$$

bu yerda: λ, μ -Lame parametri; σ_{ij} -kuchlanish komponenti; ε_{ij} -deformatsiya komponenti.

Bunday holda, umumiy kinetik energiya bizning holatimiz uchun quyidagilarga teng:

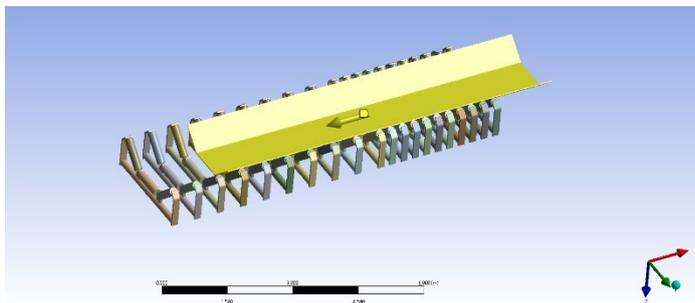
$$E_k = \frac{1}{2} \iiint \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dV = [A] * [B]^T * [u_{ij}]^T * [B] * [u_{ij}] dV = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 [A] * [B]^T * [u_{ij}]^T * [B] * [u_{ij}] d\zeta * d\eta * d\theta; \quad (3)$$

Bunday holda, qattqlik matritsasi bitta element uchun bo'ladi.

$$k = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 [B] * [A] * [B]^T * [u_{ij}] d\zeta * d\eta * d\theta, \quad (4)$$

bu yerda: k - qattqlik materialning matritsa koeffitsiyenti.

Hisob-kitoblar natijasida ma'lum bo'ldiki, alohida elementning tushishi ta'sir kuchidan kelib chiqqan kesilish (1-rasmda ko'rsatilgan) tasmaning 24 ta segmentini qamrab oladi.



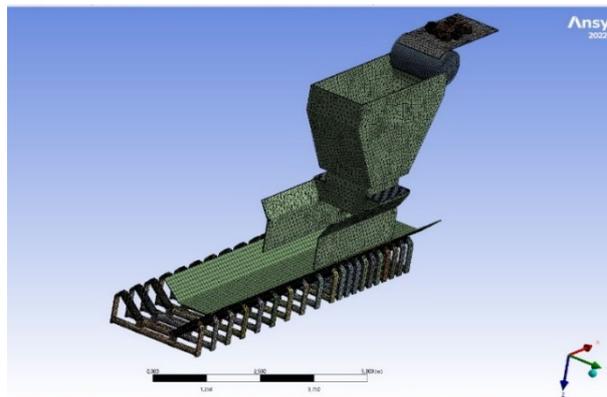
1-rasm. Model: tasmaning asosiy qismi

ANSYS dasturiga asoslangan cheklangan elementlar usuli ish paytida tarmoqli konveyerning tez-tez uzilishi bilan bog'liq asosiy muammolardan birini aniqlash imkonini beradi, bu asosiy tasmaning strukturaviy-texnik xususiyatlari va ta'sir kuchi, bundan tashqari konveyer transportining qayta yuklash punktidan tog' jinsi tushishi tufayli

yuzaga keladi.

Dissertatsiyaning **“Konveyer transportining qayta yuklash punktini matematik modelini ishlab chiqish”** deb nomlangan uchinchi bobida konveyer transportining qayta yuklash punkti jarayoni o'rganiladi.

Tog‘ jinslarini tashish jarayonida konveyer tasmasining ishlatish parametrlarini optimallashtirish qazib olinadigan tog‘ jinslarining tannarxi bilan ham bog‘liq. Shu munosabat bilan konveyer transporti qayta yuklash punktlarining maqbul variantlarini modellashtirish, karyer unumdorligiga geologik, kon-texnik va tashkiliy omillarning ta‘sir darajasini aniqlash, mobil ekskavator-maydalash komplekslari unumdorligining karyerlarni qazib olish tizimi parametrlariga bog‘liqligini aniqlash, mobil maydalash qayta yuklash komplekslaridan foydalangan holda karyerlarning texnologik komplekslarini qo‘llash sohasini asoslash kabi turli jihatlar bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar o‘tkazish zarurati yuzaga kelmoqda.



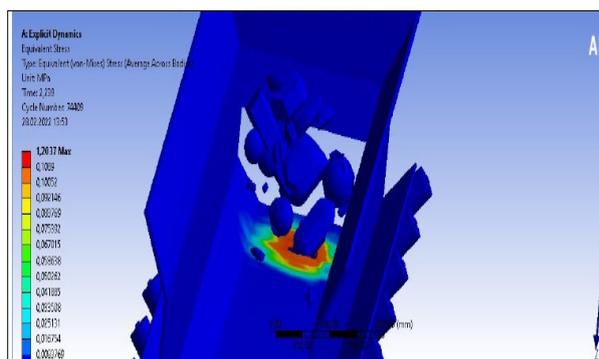
2-rasm. Qayta yuklash punkti modelining umumiy ko‘rinishi

Qayta yuklash jarayonining asosiy muammosi - katta balandlikdan tog‘ jinslarining bo‘laklari tushishi sababli asosiy konveyer tasmasi tez-tez uzilishidir.

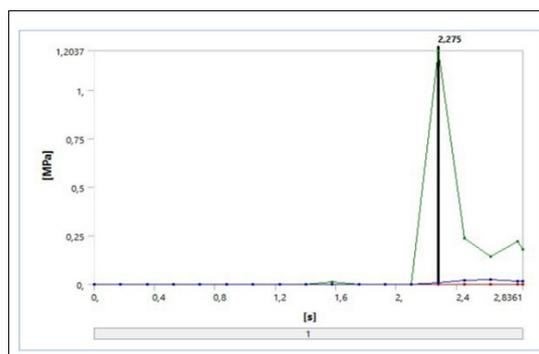
O‘rganilayotgan konstruksiyaning eng maqbul balandligini aniqlash uchun uning 7,8 m dagi haqiqiy ko‘rsatkichlari (2-rasm) bunker va magistral tasmaning zarur materiallari va o‘lchamlarini hisobga olgan holda ko‘rib chiqildi.

Grafikda (3-rasm) kuchlanishning maksimal qiymati yashil rang bilan, o‘rtacha qiymati ko‘k rang bilan, minimal qiymati qizil rang bilan belgilangan. Ushbu grafikka ko‘ra, maksimal kuchlanish 1,2037 MPa ga 2,275 sekundda erishiladi, bu esa konveyer tasmasining o‘z vaqtida ishlatilmasligiga olib keladi va uning ishonchligini pasaytiradi.

Konveyer bo‘ylab tog‘ jinsini 7,8 m balandlikdagi bunkerga vaqt bo‘yicha siljishining bog‘liqligi 4-rasmدا tasvirlangan.



3-rasm. Konveyer tasmasining kuchlanish-deformatsiya holati

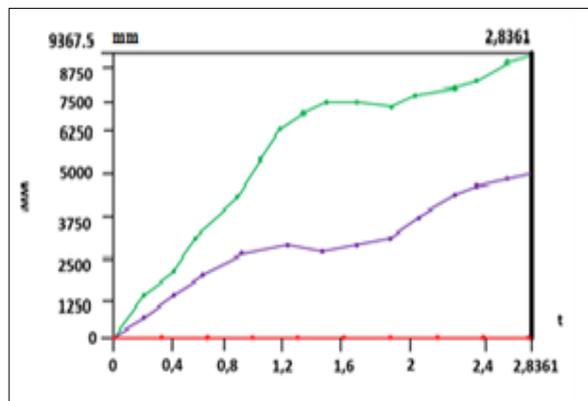


4-rasm. Vaqt o‘tishi bilan balandligi 7,8 m bunker kuchlanishining o‘zgarishi grafigi

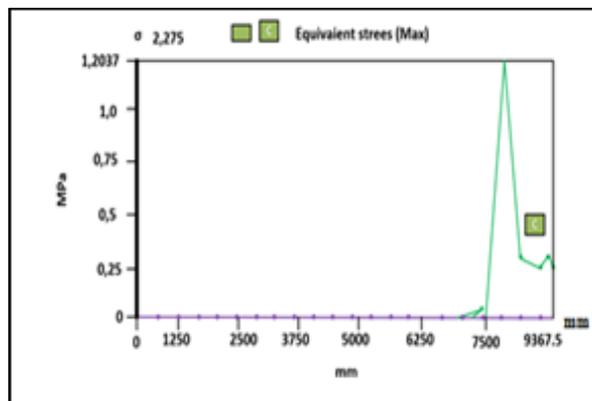
5-rasmدا tog‘ jinsi ko‘chishining vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafigi tasvirlangan. Bu yerda balandligi 7,8 m bunkerdan tasmaga tushish jarayonida uzunligi 8,04 metr bo‘lgandagi jinsining siljish masofasi ko‘rsatilgan.

Keltirilgan 6-rasm grafigida tog‘ jinsini balandligi 7,8 m bunkerdan tasmaga tushish kuchlanishi va tasma uzunligi 8,04 metrni, vaqti esa 2,275 sekundni tashkil etadi. Tasmadagi maksimal deformatsiya kuchlanishi 1,2037 MPa ga teng.

Biz kontakt paytida tasmaning deformatsiya-kuchlanganlik holatiga ta’sir qiluvchi tog‘ jinslari harakatining analitik hisobini o‘tkazdik.



5-rasm. Tog‘ jinsining konveyer tasmasiga balandligi 7,8 m bo‘lgan bunkerda vaqtga bog‘liqli ko‘chish grafigi



6-rasm. Tog‘ jinsi ta’sir qilganda tasmaning kuchlanish-deformatsiya holatining grafigi

Potensial energiya o‘z yo‘nalishidagi kuchlarning ta’sir holati deb qabul qilish mumkin:

$$E_p = \iiint_{(V)} [F][u]^T dV = \iint_{(S)} [F][u]^T h dS. \quad (5)$$

Agar kuchlar koordinatalar qonuniyati bo‘yicha o‘zgarmas bo‘lsa, u holda quyidagiga teng bo‘ladi:

$$E_p = [F][u]^T h * S. \quad (6)$$

Kastilyano teoremasiga ko‘ra, jismning ichki kinetik energiyasiga tashqi potensialning teng yarmi sarflanadi:

$$E_k = \frac{1}{2} E_p; \quad (7)$$

bunday holatda

$$\frac{h}{2} \left\{ \int_0^1 \left(\int_0^1 [\mathbf{b}]^T * [A] * [\mathbf{b}] d\xi \right) d\eta \right\} [\mathbf{u}]^T = \frac{1}{2} [F][u]^T h * S. \quad (8)$$

Bundan quyidagini olamiz:

$$\frac{1}{S} \int_0^1 \left(\int_0^1 [\mathbf{b}]^T * [A] * [\mathbf{b}] d\xi \right) d\eta * [\mathbf{u}] = [F]. \quad (9)$$

“AnsysWorkbench” dasturi yordamida aniq geometrik parametrlar asosida №3,7 va №3,8 konveyer liniyalari oralig‘ida joylashgan punktlarida konveyer transportining qayta yuklash bunkerining 3D modeli yaratildi. Qayta yuklash bunkerining konstruksiyalangan 3D modelining tahlili №3,8 magistral konveyer tasmasining uzilish sabablarini aniqlash imkonini berdi. Xususan, grafik va matematik hisob-kitoblar yordamida konveyer liniyasi yuklash punktining joylashish balandligi va bevosita konstruksiyaning geometrik ko‘rsatkichlari kabi ko‘rsatkichlar muhim rol o‘ynashi aniqlandi.

Dissertatsiyaning **“Ochiq kon ishlarida konveyer transportining ekspluatatsion parametrlarini optimallashtirish”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida Angren koni uchun konveyer transportini loyihalash bo‘yicha tavsiyalar taqdim etilgan.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, qayta yuklash punktlarining optimal balandligini aniqlash uning ishlash muddatini uzaytirish va ushbu konstruksiyani ta‘mirlash uchun harajatlarni kamaytirish imkonini beradi.

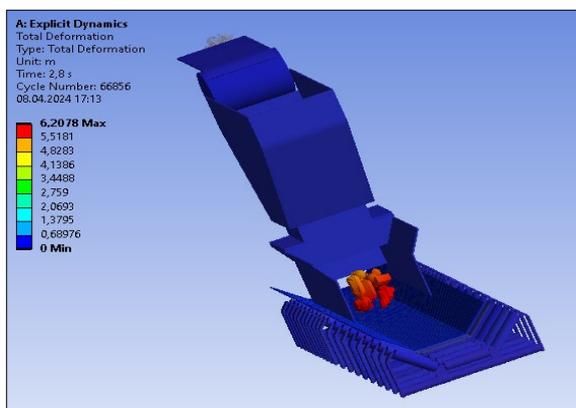
Eksperimentlar o‘tkazish jarayonida konveyer konstruksiyasi texnik uzellarining kavjoy va magistral konveyer liniyalarining optimal tezligini tanlash va uning optimal qiyalik burchagini to‘g‘ri o‘rnatish kabi boshqa parametrlari ham o‘rganildi va aniqlandi.

Angren ko‘mir konida konning ustki qatlamini ochish ishlarida tasmali konveyerni ishlatish jarayoni muammolari batafsil o‘rganildi va tahlil qilindi. O‘tkazilgan tahlillar natijasida qoplovchi tog‘ jinslarini tashishdagi asosiy muammolar №3,8 magistral liniya tasmasining turli sabablarga ko‘ra uzilishi bilan bog‘liq ekanligi aniqlandi. O‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar magistral tasmali konveyerning ish jarayonida tez-tez uzilishlarning asosiy muammolaridan birini aniqlash imkonini berdi. Bu bevosita magistral tasmaning o‘zining tuzilish va texnik xususiyatlari va konveyerning qayta yuklash bunkeridan tushadigan tog‘ jinsining zarba kuchi bilan bog‘liqdir. Aniqlangan muammolarning sabablarini aniqlash maqsadida tasmali konveyerning ishlash jarayoni uning texnik parametrlarini, ya‘ni tasma tezligi, qattqlik darajasi va tog‘ jinsining tasmaga tushish burchagi, shuningdek, bunkerning balandligi 7,8; 5,4; 3,5 metr bo‘lgan konstruksiyani “ANSYS” dasturi asosida tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, asosiy muammolardan biri bunkerning balandligi bilan bog‘liq. Bunkerning optimal balandligini aniqlash № 3,8-sonli magistral konveyer tasmasining tez-tez uzilishining oldini olish imkonini beradi. Bunda qayta yuklash bunkerini konstruksiyasining samaradorligi oshadi.

Bizning tahlilimiz quyidagilarni ko‘rsatdi:

7,8 metr balandlikdagi bunkerdan, asosiy chiziqqa tushgan tog‘ jinsi ta‘sir kuchining kuchlanishi natijalari 1,2037 MPa;

5,4 metr balandlikdagi bunkerdan, asosiy chiziqqa tushgan tog‘ jinsi ta‘sir kuchining kuchlanishi natijalari 0,43393 MPa;



7-rasm. 5,4 metr balandlikka ega qayta yuklash bunkerini

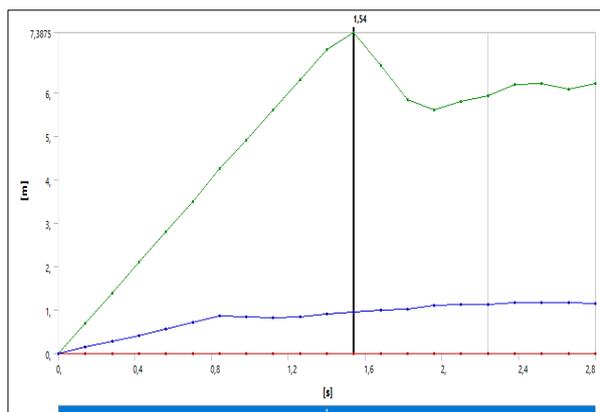
3,5 metr balandlikdagi bunkerdan, asosiy chiziqqa tushgan tog‘ jinsi ta‘sir kuchining kuchlanishi natijalari 0,48341 MPa ni tashkil etdi.

Quyidagi tasvirda tog‘ jinsining magistral lenta liniyasiga tushishida yuzaga keladigan kuchlanishlar va deformatsiyalar ko‘rsatilgan (7-rasm).

Tasvirda tog‘ jinsining yuk ko‘taruvchi yuzasi markazida hosil bo‘lgan kuchlanish qiymati rangli yo‘llar bilan

ifodalangan. Bu yerda har bir rang turli xil kuchlanish ta'sirini aks ettiradi. Eng kam yuklanishga ega bo'lgan qismlar ko'k rangda, eng ko'p yuklanishga ega bo'lgan qismlar esa qizil rangda ko'rsatilgan. Maksimal kuchlanish ta'sir qiladigan yuza tasma uchun kritik zona hisoblanadi.

8-rasmda balandligi 5,4 m bo'lgan modellashtirilgan bunkerda 143,17 kg massali tog' jinsi tomonidan 5 m/s boshlang'ich tezlik bilan 5,5 m/s tezlikda harakatlanayotgan tasmali konveyerga ko'rsatilgan kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi tasvirlangan. Yashil chiziq - maksimal qiymat, ko'k chiziq - o'rtacha qiymat, qizil chiziq - minimal qiymat. Tasmaning maksimal tarangligi 1,54 soniya vaqt momentida yuzaga kelgan (9-rasm).

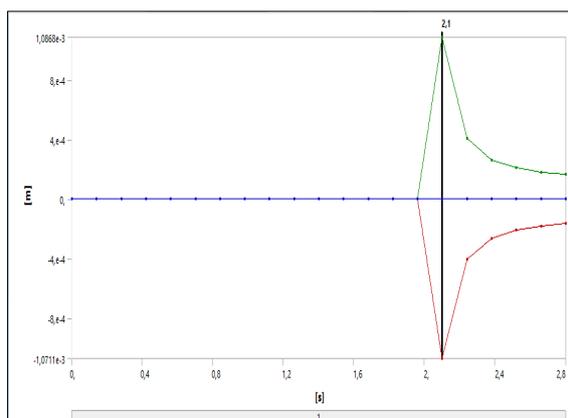


8-rasm. Tog' jinslari harakatining tasma kuchlanishiga ta'siri grafiği

	Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]	Average [m]
1	1,1755e-038	0,	0,	0,
2	0,14002	0,	0,70011	0,14707
3	0,28004	0,	1,4002	0,28259
4	0,42001	0,	2,1	0,41772
5	0,56002	0,	2,8001	0,56254
6	0,70004	0,	3,5002	0,72485
7	0,84001	0,	4,2672	0,87674
8	0,98002	0,	4,9001	0,84744
9	1,12	0,	5,6002	0,82921
10	1,26	0,	6,3001	0,84981
11	1,4	0,	7,0001	0,90565
12	1,54	0,	7,3875	0,95885
13	1,68	0,	6,6177	0,99725
14	1,82	0,	5,8476	1,0315
15	1,96	0,	5,5972	1,0997
16	2,1	0,	5,8016	1,1292
17	2,24	0,	5,937	1,1394
18	2,38	0,	6,1833	1,1681
19	2,52	0,	6,2094	1,1697
20	2,66	0,	6,0904	1,1637
21	2,8	0,	6,2078	1,1603

9-rasm. 5,4 m balandlikdagi tog' jinsi bilan o'zaro ta'sir qilishda tasma tarangligi natijalari

Yuqoridagi grafikda 143,17 kg tog' jinsining ko'chishi 8,4649 metr masofani bosib o'tganini va 2,1 soniya ichida tasma 10,868 mm deformatsiyaga uchraganini ko'rishimiz mumkin. Bu holat balandligi 5,4 m bo'lgan bunker, tanlangan tasma va biz modellashtirgan bunkerlar orasidagi tasmaning harakati uchun eng maqbul variant hisoblanadi (10- va 11-rasmlar).

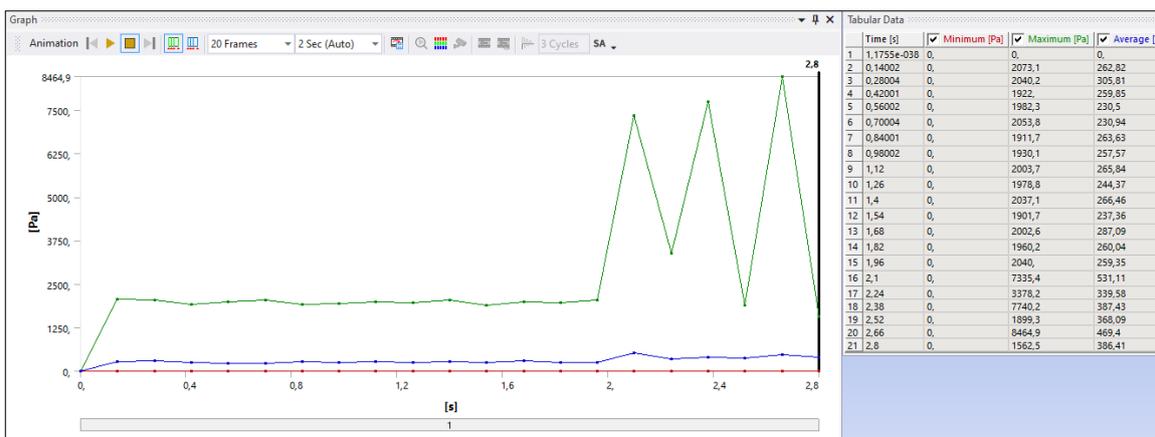


10-rasm. Tog' jinslari ta'sirida tasma deformatsiyasi grafiği

	Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]	Average [m]
1	1,1755e-038	0,	0,	0,
2	0,14002	-3,8656e-007	3,4533e-007	-1,8457e-008
3	0,28004	-3,744e-007	3,2253e-007	-1,8449e-008
4	0,42001	-3,8278e-007	3,3538e-007	-1,9458e-008
5	0,56002	-3,8223e-007	3,3658e-007	-1,7768e-008
6	0,70004	-3,6991e-007	3,3771e-007	-1,877e-008
7	0,84001	-3,6973e-007	3,494e-007	-1,9045e-008
8	0,98002	-3,7778e-007	3,3122e-007	-1,8427e-008
9	1,12	-3,7652e-007	3,6037e-007	-1,7279e-008
10	1,26	-3,605e-007	3,8158e-007	-1,8477e-008
11	1,4	-3,5797e-007	3,3301e-007	-1,9476e-008
12	1,54	-3,7166e-007	3,4941e-007	-1,8137e-008
13	1,68	-3,6512e-007	3,3242e-007	-1,7872e-008
14	1,82	-3,7348e-007	3,3487e-007	-1,878e-008
15	1,96	-3,6453e-007	3,4805e-007	-1,8444e-008
16	2,1	-1,0711e-003	1,0868e-003	1,0469e-008
17	2,24	-4,0248e-004	4,0456e-004	-3,0996e-008
18	2,38	-2,6236e-004	2,6287e-004	-5,8731e-008
19	2,52	-2,0779e-004	2,0849e-004	-7,2047e-008
20	2,66	-1,7986e-004	1,7831e-004	-8,0059e-008
21	2,8	-1,6591e-004	1,6473e-004	-8,4207e-008

11-rasm. 5,4 m balandlikdagi bunker tog' jinslari bilan aloqa qilganda tasma deformatsiyasining natijalari

12-rasmda tog' jinsining vaqt davomida ko'chishining o'zgarishlari tasvirlangan. Bunda bunkerning 5,4 metr balandligidan tasmaga tushayotgan tog' jinsining siljish masofasi 8464,9 mm ni tashkil etadi.



12-rasm. 5,4 m balandlikdagi bunkerdagi tog' jinsi harakati natijalari grafigi

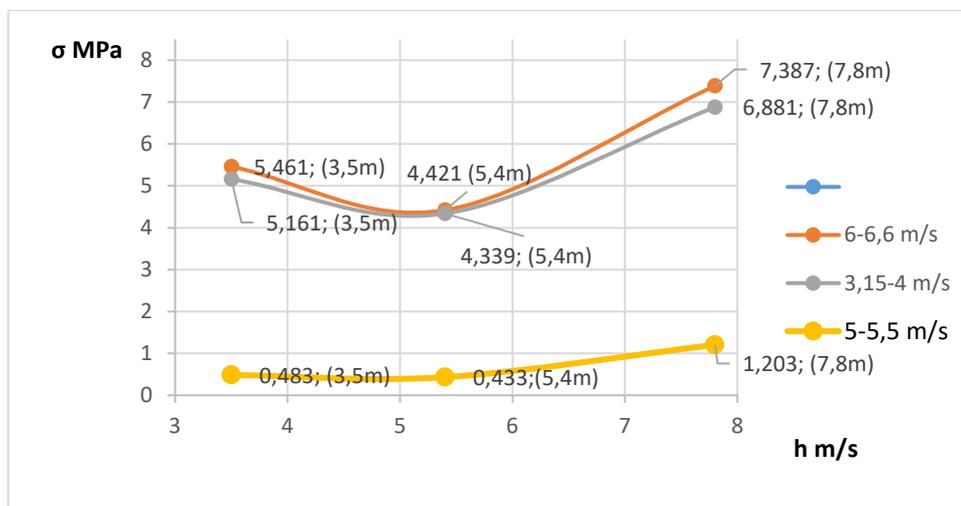
1-jadvalda logarifmik modelga moslashtirish uchun MathCAD dasturida tasma tezligi funksiyasidan foydalanish ko'rsatilgan.

1-jadval.

Qayta yuklash punkti bunkerining turli balandliklariga bog'liq ravishda tasmaning deformatsiya-kuchlanish holati

Konveyer liniyasi tezligi	Bunker balandligi		
	3,5 m	5,4 m	7,8 m
6-6,6 m/s	5,461 Mpa	4,421 MPa	7,387 MPa
3,15-4 m/s	5,161 Mpa	4,339 MPa	6,881 MPa
5-5,6 m/s	0,483 Mpa	0,433 MPa	1,203 MPa

Ushbu tadqiqotlar natijalariga asoslanib, 13-rasmda tasmaning kuchlanish - deformatsiya holatining vaqt birligida bunkerdan tasmaga tushishi turli balandliklarga bog'liqligi ko'rsatilgan.



13-rasm. Tasmaning deformatsiya-kuchlanish holatining tog' jinsi massasining tushish balandligiga bog'liqligi grafigi

Turli tezlikdagi tasmalar uchun bunkerlar balandligiga bog‘liq holda tasmaning deformatsiya-kuchlanish holatini aniqlash formulalarini ishlab chiqildi:

$$\sigma = \begin{cases} 0,415h^2 - 4,238h + 15,215, & \text{tezlik } v = 6 - 6,6 \frac{m}{s} \text{ bo'lganda} \\ 0,347h^2 - 3,52h + 13,232 & \text{tezlik } v = 3,15 - 4 \frac{m}{s} \text{ bo'lganda} \\ 0,081h^2 - 0,745h + 2,101 & \text{tezlik } v = 5 - 5,6 \frac{m}{s} \text{ bo'lganda} \end{cases} \quad (10)$$

Qayta ishlash orqali olingan σ - h kvadratik bog‘lanish formulalari MathCAD dasturining linfit tizimi yordamida ishlab chiqildi.

Bundan tashqari, qayta yuklash punkti bunkerining turli balandliklarida tasma tezligining o‘zgarishiga qarab tasmaning deformatsiya-kuchlanish holatini aniqlash masalasini ham ko‘rib chiqildi. Buning uchun bir omilli regression model tuzildi. Ya’ni, masala quyidagi tenglamalar tizimini yechishga keltiriladi:

$$\begin{bmatrix} 1 & v_0 & v_0^2 \\ 1 & v_1 & v_1^2 \\ 1 & v_2 & v_2^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_0 \\ \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Olingan natijalarga ko‘ra (1-jadval), konveyerning chiziqli tezligi o‘zgarishiga qarab, bunkerning turli balandliklari uchun tasma kuchlanishi qiymatlarini aniqlash va tenglamani yechish imkonini beradigan bog‘lanish funksiyasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\sigma = \begin{cases} 2,940v^2 - 31,049v + 82,316, & h = 3,5m \text{ bo'lganda} \\ 1,277v^2 - 11,827v + 26,851, & h = 5,4m \text{ bo'lganda} \\ 3,575v^2 - 37,707v + 100,501, & h = 7,8m \text{ bo'lganda} \end{cases} \quad (12)$$

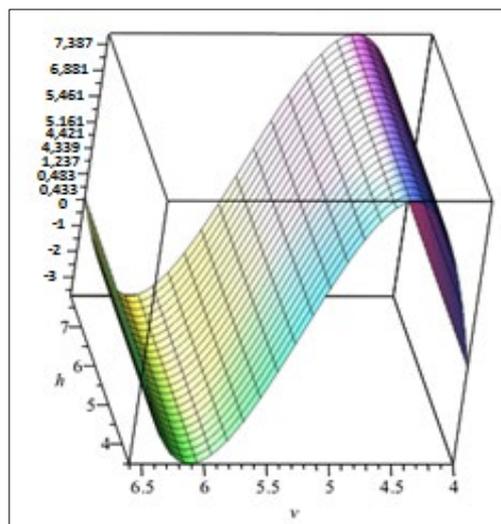
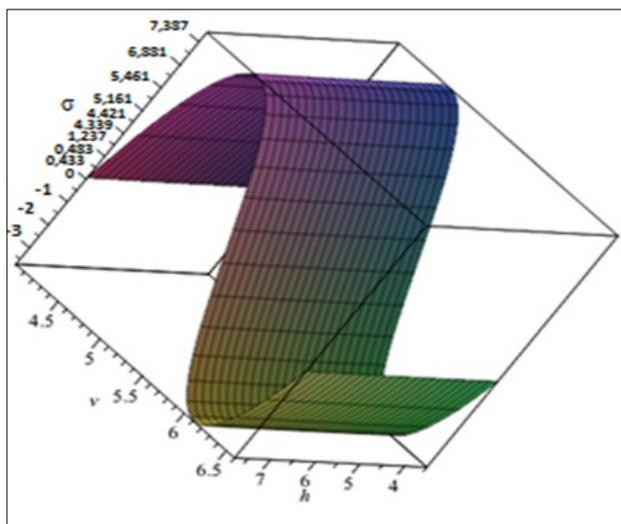
Quyidagi ikki omilli korrelyatsiya funksiyasini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \sigma = & 0,013h^2v + 0,173hv^2 + 592,547v^3 + \\ & + 0,207h^2 - 1,974hv - 9538v^2 \\ & + 2,570h + 50167,8 - 85975,509 \end{aligned} \quad (13)$$

Ushbu funksiyani qo‘llanilganda, tasmadagi kuchlanish miqdori bunker balandligi (h) va konveyer tezligi (v) ning turli o‘zgarishlari uchun yagona qiymatda aniqlanadi. Fisher mezonining aniqlik darajasi (13) funksiya uchun $P=0,93 \div 0,96$ ni tashkil etadi.

Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida qayta yuklash punkti bunkerining turli balandliklarida konveyer tasmasining deformatsiya-kuchlanish holati tasma tezligiga bog‘liq ravishda qanday o‘zgarishi aniqlandi (14-rasm).

Konveyer tizimining ishonchli va iqtisodiy jihatdan samarali ishlashini ta’minlovchi materiallar va komponentlarni to‘g‘ri tanlash hamda energiya sarfini samarali boshqarishning qo‘llanilish samaradorligini isbotlovchi texnik-iqtisodiy hisob-kitob natijalari olingan.



14-rasm. Bunkerning balandligiga va konveyer tezligiga qarab tasmaning deformatsiya-kuchlanish holatining o‘zgarish grafigi

Uskunaning optimal ishlashi uchun texnik parametrlar va iqtisodiy omillarni hisobga olish muhimdir, chunki bu qayta yuklash punkti konstruksiyasining optimal parametrlarini aniqlash va konveyer tasmasini ishlash muddatini uzaytirishga imkon beradi. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida 2024-yil narxlarida 868,95 million so‘mlik iqtisodiy samara olingan.

XULOSA

“Angren ko‘mir konida konveyer transportini ekspluatatsiya qilish parametrlarini optimallashtirish” mavzusidagi texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Tasmali konveyerning ekspluatatsion parametrlarini optimallashtirish bo‘yicha adabiyotlar tahlili natijalariga ko‘ra, qayta yuklash punktlari karyerdagi tasmali konveyerlar tizimining eng muhim nuqtalari hisoblanadi. Ularning to‘g‘ri ishlashi kon massasini optimal tashish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

2. Tog‘ jinslarini tashish jarayonida qayta yuklash punktini matematik modellashtirish uslubi ishlab chiqildi. Bu uslub cheklangan elementlar usuliga asoslangan bo‘lib, konveyer tasmasining tog‘ jinslari bilan o‘zaro ta‘sirini haqiqiy ekspluatatsiya parametrlari orqali eksperimental sharoitlarda o‘rganish imkonini beradi.

3. ANSYS dasturi asosida o‘tkazilgan tajribaviy tadqiqotlar natijasida quyidagi ma‘lumotlar aniqlandi: tasma tog‘ jinsi bilan aloqaga kirganda, o‘zaro ta‘sir hududidagi deformatsiya ko‘rsatkichlari tasmaning tezligi 5-5,5 m/s bo‘lganda 2,07 soniya davomida 0,433 MPa zarbiy kuchlanishni ko‘rsatadi. Bu esa tasmaning xizmat muddatini 30 %ga uzaytirish imkonini beradi.

4. Konveyer transporti qayta yuklash nuqtasining geometrik parametrlarini optimallashtirish asosida, balandligi 5,4 metr bo‘lgan tasmali konveyer bunkeri kon massasining konveyer tasmasiga tegishida minimal yuklamalarni ta‘minlay olishi aniqlandi.

5. ANSYS dasturiy majmuasidan foydalangan holda, bunkerning optimal balandligiga ega bo'lgan qayta yuklash punktining konstruksiyasi ishlab chiqildi va modellashtirildi. Bu konstruksiya qimmatbaho loyihalarni dastlabki loyihalashga nisbatan eng maqbul texnik va iqtisodiy natijalarga erishish imkonini beradi.

6. Konveyer tasmasining kuchlanganlik holati tasmaning harakat tezligi va qayta yuklash punkti bunkerining balandligiga bog'liqligi bir va ikki omilli regression modellar yordamida aniqlandi.

7. Ochiq kon ishlarida konveyer lentasining xizmat muddatini oshirish maqsadida, kon jinsining tasmaga urilish kuchini kamaytirishga asoslangan holda, konveyerning qayta yuklash nuqtasining geometrik parametrlarini optimallashtirish orqali bunkerning eng maqbul balandligi aniqlandi.

8. "Angren" ko'mir konida joriy etilgan konveyer transporti qayta yuklash punktining ekspluatatsion parametrlarini optimallashtirish asosida optimal bunker parametrlarini aniqlash uslubi ishlab chiqildi. Natijada, konstruktorlik ishlarini loyihalashning taklif etilayotgan uslub konveyer tasmasi elementlarining tog' jinsi bilan o'zaro ta'sirlashuv fizik jarayoni dinamikasini baholash imkonini berishi aniqlandi. Bu esa qayta yuklash punkti konstruksiyasining optimal parametrlarini aniqlash va konveyer tasmasining xizmat muddatini uzaytirishni ta'minlaydi. Natijada 2024-yil narxida 868,9 million so'mlik iqtisodiy samara olishga erishildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.22/30.12.2019.Т.98.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА «МИСИС» В г. АЛМАЛЫК**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. ИСЛАМА КАРИМОВА**

БАЙНАЗОВ УМИД РАИМОВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА НА УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ
«АНГРЕНСКИЙ»**

04.00.16 – Горные машины

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Алмалык – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2022.2.PhD/T2818.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.misis.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Тошов Жавохир Буриевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Рахутин Максим Григорьевич
доктор технических наук, профессор

Махмудов Азамат Махмудович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 года в «__» часов на заседании Научного совета DSc.22/30.12.2019.T.98.01. (Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура 56. Зал заседаний Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в г. Алмалык. Тел.: (70) 614-22-57; e-mail: afnitumisis@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в г. Алмалык (зарегистрирован за № _____). Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура, 56. Тел.: (70) 614-22-57.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2025 года.
(реестр протокола рассылки № _____ от _____ 2025 года).

Ф.Я. Умаров

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Г.С. Нутфуллаев

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Ш.Ш. Заиров

Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Широкое применение угля в энергетике, химии, медицине и других областях, приводит к увеличению спроса на угольную продукцию в мире. Это и является одной из приоритетных задач в развитии данной отрасли горной промышленности, по качественной добыче, снижении себестоимости и повышении конкурентоспособности продукции на мировом рынке. В настоящее время общие геологические запасы угля в мире составляют 14-16 триллионов тонн, из которых разведанные – более 5 триллионов тонн. Добыча угля осуществляется в основном открытым способом, а процесс транспортировки горных пород при этом способе добычи является дорогостоящей технологией, что приводит к увеличению себестоимости продукции. Важное значение имеет решение задач, связанных с повышением качества транспортировки угля и применения энергосберегающих технологий, а также решение вопросов по проектированию процессов транспортировки.

На сегодняшний день в мировой практике ленточный конвейер является самым экономичным транспортным средством при транспортировке горных пород. Однако из-за ряда проблем, связанных с его эксплуатацией, в последние десятилетия ряд горнодобывающих предприятий вынуждены перейти на железнодорожный или автомобильный транспорт с низкой производительностью и высокими эксплуатационными расходами. Ведутся научные исследования по совершенствованию процесса транспортировки горных пород, повышению эффективности и снижению производственных затрат. В связи с этим особое внимание уделяется применению энергосберегающей техники и технологий при транспортировке горных пород, оптимизации эксплуатационных показателей, внедрению передовых методов их проектирования, использованию современного программного обеспечения.

В Республике достигнут ряд научно-практических результатов благодаря внедрению передовых научно-обоснованных мероприятий по применению энергосберегающих и эффективных методов разработки Ангреновского, Байсунского и Шаргунского угольных месторождений. Это включает в себя создание новых технологий повышения энергоэффективности, реализацию инвестиционных проектов, увеличению объемов производства и поставок угля и угольной продукции, а также повышение эффективности использования современных горных и перерабатывающих машин и оборудования при снижении производственных затрат. Соответствующим указом Президента Республики Узбекистан в стратегии "Узбекистан - 2030" определены такие важные задачи, как "... эффективное использование местной сырьевой базы и развитие промышленности, основанной на передовых технологиях."¹ Исходя из этих задач, современные информационные методы, учитывая требования к

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 11 сентября 2023 года № ПФ-158 "О Стратегии «Узбекистан – 2030»"

сбалансированности скорости, устойчивости и долговечности транспортировки горных пород.

Данное диссертационное исследование направлено на выполнение задач, определенных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии «Узбекистан – 2030» и №УП-60 от 28 января 2022 года “О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы”, в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3054 от 13 июня 2017 года “О программе дальнейшего развития и модернизации угольной промышленности на 2017 - 2021 годы” и № ПП-4497 от 07 марта 2019 года “О мерах по повышению эффективности управления акционерным обществом Узбекуголь”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики: VII. «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики создания, усовершенствования и моделирования ленточных конвейеров при транспортировке горной массы для открытых горных работ внесли Анистратов Ю.И., Аннакулов Т.Ж., Атакулов Л.Н., Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Мальгин О.Н., Подэрни Р.Ю., Ракишев Б.Р., Рахимов В.Р., Раимжанов Б.Р., Ржевский В.В., Тошов Ж.Б., Шеметов П.А., Шешко Е.Л., Agata Kirjanów-Błażeja, Chao Wang, Gabriel Fedorko, Joseph Schall, John R. Rounds, Jaime Maria, Liu Hongyuan, Lech Gładysiewicz, Ogden R.W., Özel Tuğrul, Piotr Bortnowskia, Qiu Pang, Robert Burduk, Robert Krol, Staffan Jacobson и др. Ими достигнуты значительные результаты в технике и технологии добычи угля и совершенствовании системы транспортировки полезных ископаемых. Однако, до настоящего времени не полностью изучены вопросы исследования напряженно-деформированного состояния пород в контакте с лентой конвейера для различных условий эксплуатации, а также исследования оптимальных расстояний между бункером и конвейерной линией перегрузочных пунктов ленточного конвейера с учетом физико-механических свойств горных пород. Существуют нерешенные проблемы, обусловленные пренебрежением силами трения при различных скоростях транспортировки горной массы конвейерной лентой.

В связи с этим, существует необходимость в разработке методики определения оптимальных параметров перегрузочного пункта, в зависимости от физико-механических свойств горных пород, а также оптимальных параметров конвейера при транспортировке горной массы. В этом аспекте моделирование в целях оптимизации эксплуатационных параметров ленточного конвейера на основе метода конечных элементов является актуальной научно-практической проблемой горно-геологической отрасли, и требует проведения исследований в этом направлении.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета на тему: «Исследование, разработка мероприятий и рекомендаций по повышению эффективности и надежности циклично-поточной технологии с применением мобильных дробильно-перегрузочных комплексов» (2017-2018 гг.).

Целью исследования является оптимизация эксплуатационных параметров конвейерного транспорта на основе моделирования и определения оптимальных геометрических параметров перегрузочного пункта.

Задачи исследования:

анализ исследований по совершенствованию и применению конвейерного транспорта на открытых горных работах;

исследование взаимодействия конвейерной ленты с горной породой с использованием численных методов;

моделирование перегрузочного пункта ленточного конвейера с использованием программы ANSYS на основе метода конечных элементов;

исследование взаимодействия горной породы с лентой конвейера при разных высотах бункера на основе численного моделирования;

разработка методики определения напряженно-деформированного состояния конвейерной ленты в взаимодействии с горной породой;

разработка методики и рекомендаций по оптимизации параметров перегрузочных пунктов, увеличивающих надёжность и срок службы конвейерной ленты на открытых горных работах.

Объектом исследования является перегрузочный пункт конвейерной линии на открытых горных работах.

Предмет исследования: взаимодействие горной породы с лентой конвейера.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы методы численного моделирования, теоретические обобщения и проведение математического моделирования с программным обеспечением; моделирование процесса взаимодействия горной породы с конвейерной лентой, а также методы математической статистики и корреляционного анализа результатов исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана методика моделирования перегрузочного пункта конвейерного транспорта на основе метода конечных элементов при увеличении производительности транспортировки горной массы;

обосновано уравнение напряженно-деформированного состояния ленты конвейера в зависимости от скорости движения ленты и высоты бункера перегрузочного пункта с использованием однофакторной и двухфакторной регрессионных моделей;

установлены зависимости оптимальной ширины конвейерной ленты и скорости движения от ее загруженности и напряженно-деформированного

состояния при оптимизации эксплуатационных параметров конвейерного транспорта;

определена оптимальная высота бункера на основе оптимизации геометрических параметров перегрузочного пункта конвейера путем минимизации силы удара горной породы на ленту.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные параметры перегрузочных пунктов на основе метода конечных элементов;

разработаны рекомендации по оптимизации эксплуатационных параметров конвейерного транспорта, обеспечивающие надежную работу и увеличение срока службы конвейерной ленты на открытых горных работах.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования доказана теоретическими исследованиями взаимодействия ленты конвейера с горной породой в программе ANSYS на основе численного моделирования; экспериментально определены напряженно-деформированное состояние среды в зависимости от деформации, скорости деформации и угла наклона, позволяющее оценить динамику физического процесса взаимодействия элементов конвейерной ленты с горной породой на основе математического моделирования, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением оптимальных параметров эксплуатации конвейерного транспорта, а также положительными результатами проектирования перегрузочного пункта.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в усовершенствовании методики оценки работы перегрузочного пункта конвейерного транспорта с учетом взаимодействия ленты конвейера с горной породой на основе математического моделирования, исследовании напряженно-деформированного состояния среды в зависимости от силы ударов падающей породы на ленту конвейера при транспортировке горной массы.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке комплексной методики определения оптимальных эксплуатационных параметров перегрузочного пункта конвейерного транспорта с использованием метода конечных элементов на основе напряженно-деформированного состояния ленты под воздействием силы удара, увеличивающей срок службы конвейерной ленты.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных исследований по оптимизации параметров ленточного конвейера при транспортировке горной массы на открытых горных работах:

методика определения оптимальных параметров расположения бункера от ленточного конвейера на основе оптимизации геометрических параметров перегрузочного пункта внедрена на Ангренском разрезе АО «Узбекуголь» (справка АО «Узбекуголь» № 01-13/1665 от 06 сентября 2024 г.). В результате, по предлагаемой методике можно оценить динамику физического процесса

взаимодействия элементов конвейерной ленты с горной породой при проектировании конвейерного транспорта;

разработанные рекомендации по оптимизации ленточного конвейера внедрены на Ангренском разрезе АО «Узбекуголь» (справка АО «Узбекуголь» № 01-13/1665 от 06 сентября 2024 г.). В результате срок службы конвейерных лент на открытых горных работах увеличился на 30%.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 1 республиканском и 5 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 10 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 3 статьи, в том числе 2 из которых в республиканских и 1 в зарубежных журналах, а также получено 1 свидетельство на программный продукт для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Общий объем диссертации составляет 123 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении рассматриваются причины, обусловившие актуальность проведённого исследования, а также его практическая направленность. Чётко обозначены цель и задачи работы, дана характеристика объекта и предмета исследования. Показано соответствие тематики исследования приоритетным направлениям развития науки и техники в Республике. Приведены положения, отражающие научную новизну и прикладной эффект полученных результатов, сформулированы рекомендации по их внедрению в производственную деятельность. Также представлены сведения о публикациях автора по теме диссертации и описана её структура.

В первой главе диссертации **«Обзор и анализ применения технологических схем конвейерного транспорта при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом»** приводится анализ литературных данных об исследованиях техники и технологии транспортировки полезных ископаемых на открытых горных работах, о специфике процесса эксплуатации конвейерного транспорта на горных предприятиях.

Кризис различных ресурсов во всем мире вызвал рост транспортных затрат при доставке горной массы, что обусловило необходимость исследований по поиску вариантов повышения эффективности различных, в том числе конвейерных способов транспортировки. Изучение этих проблем с теоретической и практической точки зрения привели к интенсивному переходу к применению ленточного конвейера при добыче полезных ископаемых и выемки вскрышных пород. В настоящее время конвейерный транспорт широко используется также при разработке месторождений

полезных ископаемых открытым способом, что позволяет существенно снизить себестоимость транспортирования горной массы на 30-40%.

В результате проведенного анализа можно отметить, что оптимизация эксплуатации комплекса ленточных конвейеров для транспортирования горных пород является фактором обеспечения повышения производственной мощности горно-добывающих предприятий. Как показывает практика работы, разгрузочно-погрузочные пункты являются важнейшими точками системы ленточных конвейеров в карьерах, и их правильное функционирование имеет важное значение для обеспечения оптимальности процессов транспортировки угля и других горных пород.

Одним из основных путей повышения эффективности работы конвейерного транспорта является решение оптимизационных задач проектирования с применением математического и численного моделирования, обеспечивающего надёжность и долговечность конвейерной ленты при эксплуатации в условиях открытых горных работ.

Во второй главе диссертации «**Разработка методики математического моделирования взаимодействия ленточного конвейера с горной породой**» исследованы основные составляющие и методы исследований численного моделирования в процессе транспортировки горных пород.

Для определения оптимальных параметров и свойств ленты конвейера используется метод конечных элементов; при этом найдены деформационно-напряженные состояния ленты под действием различных сил.

Для нашего случая изменение полной энергии деформируемого твердого тела равно:

$$E_k = \frac{1}{2} \iiint \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dV. \quad (1)$$

Найдем компоненты закона Гука σ_{ij} :

$$\sigma_{ij} = [A][\varepsilon_{ij}]; \text{ Здесь } [A] = \begin{pmatrix} \lambda + 2\mu & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda + 2\mu & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & \lambda + 2\mu & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & \mu & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где: λ, μ параметр Ламье; σ_{ij} -компонент напряжения; ε_{ij} -компонент деформации.

При этом полная кинетическая энергия для нашего случая равна:

$$E_k = \frac{1}{2} \iiint \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dV = [A] * [B]^T * [u_{ij}]^T * [B] * [u_{ij}] dV = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 [A] * [B]^T * [u_{ij}]^T * [B] * [u_{ij}] d\zeta * d\eta * d\theta. \quad (3)$$

В этом случае матрица твердости будет для одного элемента равна:

$$k = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 [B] * [A] * [B]^T * [u_{ij}] d\zeta * d\eta * d\theta, \quad (4)$$

где: k - коэффициент матрицы материала жёсткости.

В результате проведенных расчетов выявлено, что силой удара при падении отдельного элемента охватываются 24 сегмента ленты, представленные на рис.1.

Метод конечных элементов на основе программы ANSYS позволяет выявить одну из основных проблем частых порывов ленточного конвейера в процессе работы, обусловленную как структурными и техническими особенностями непосредственно самой магистральной ленты, так и силой удара падающей на нее породы из погрузочно-разгрузочного бункера конвейера.

В третьей главе диссертации «Разработка математической модели перегрузочного пункта конвейерного транспорта» исследованы процессы на перегрузочном пункте конвейерного транспорта.

Оптимизация эксплуатационных параметров конвейерной линии в процессе транспортировки горных пород обусловлена также и себестоимостью добываемых пород. В связи с этим возникает необходимость проведения научных исследований по таким аспектам как: моделирование оптимальных вариантов перегрузочных пунктов конвейерного транспорта; определение степени влияния геологических, горнотехнических и организационных факторов на производительность карьера; установление зависимости производительности мобильных экскаваторно-дробильных комплексов от параметров системы разработки карьеров; обоснование области применения технологических комплексов карьеров с использованием

мобильных дробильных перегрузочных комплексов.

Основной проблемой перегрузки являются наиболее частые порывы ленты магистрального конвейера из-за падения кусков вскрышных пород со значительной высоты.

Для выявления оптимальной высоты изучаемой конструкции были рассмотрены её фактические показатели на высоте 7,8 м (рис.2) с учётом необходимых данных: используемых материалов, размеров бункера и магистральной

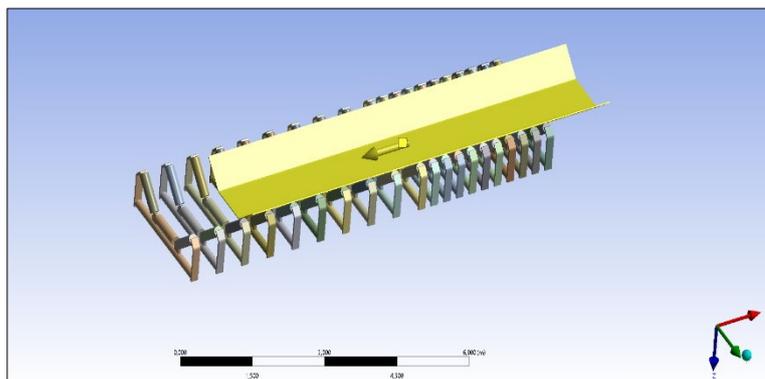


Рис.1. Модель магистральной части ленты

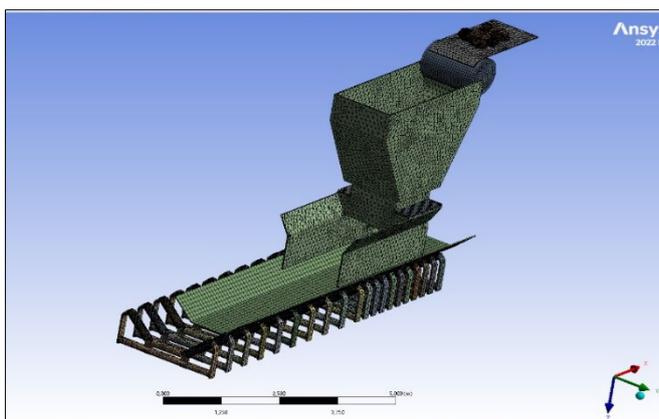


Рис. 2. Параметры конструкции сетки бункера и ленты с роликовыми опорами при компьютерном моделировании

ленты.

На графике (рис.3) максимальное значение напряжения обозначено зелёным цветом, среднее значение напряжения – синим, минимальное значение – красным. Согласно этому графику, максимальное напряжение 1,2037 МПа достигается на 2,275 секунде, к которому приводит несвоевременное использование ленты конвейера, что уменьшает её надежность.

На графике изображена зависимость перемещения горной породы по конвейеру (рис. 4) из бункера высотой 7,8 м по времени.

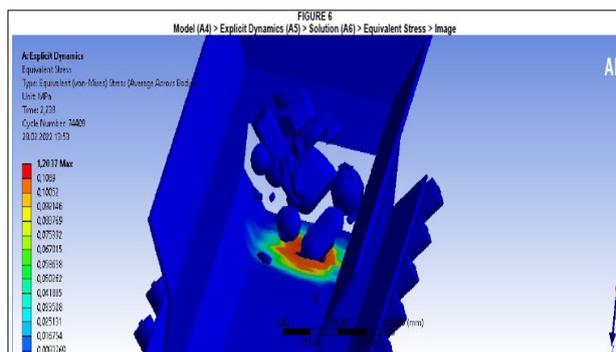


Рис.3. Напряжён-деформированное состояние принимающей ленты конвейера

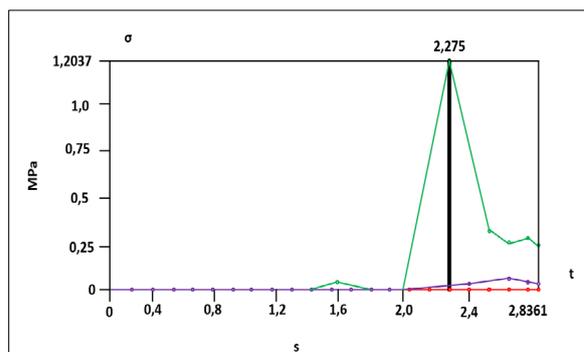


Рис.4. График изменения напряжения бункера высотой 7,8 м во времени

На графике (рис. 5) изображены изменения перемещения породы по времени. Здесь показано расстояние перемещения породы протяжённостью в 8,04 метра в процессе падения на ленту с высоты бункера 7,8 м.

На представленном графике (рис.6) расстояние перемещения породы на ленту с высоты бункера 7,8 м составляет 8,04 метра, а время–2,275 секунд. Максимальное ударное напряжение на ленту 1,2037МПа.

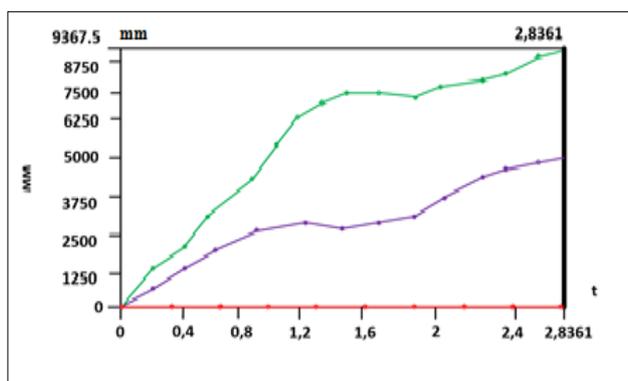


Рис.5. График зависимости перемещения горной породы по конвейеру в бункер высотой 7,8 м во времени

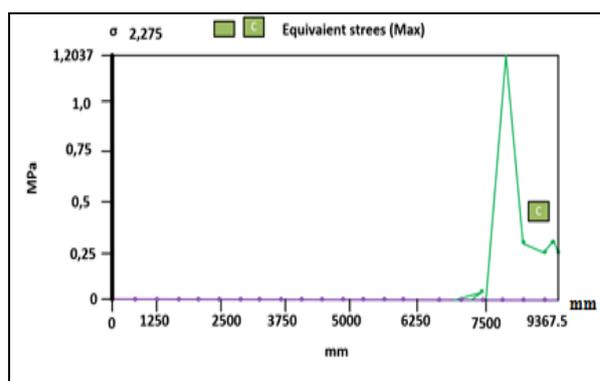


Рис.6. График зависимости напряженно-деформированного состояния ленты при контакте с горной породой

Нами проведен аналитический расчет влияния движения породы на напряженно-деформированное состояние ленты при контакте с породой.

Можно предположить, что потенциальная энергия создаётся потенциальными силами и связана с силовой функцией этих сил:

$$E_p = \iiint_{(V)} [F][u]^T dV = \iint_{(S)} [F][u]^T h dS. \quad (5)$$

Если силы не изменяются по закону координат, то:

$$E_p = [F][u]^T h * S. \quad (6)$$

Согласно теореме Кастильяно, на внутреннюю кинетическую энергию тела расходуется половина внешнего потенциала:

в этом случае

$$E_k = \frac{1}{2} E_p, \quad (7)$$

$$\frac{h}{2} \left\{ \int_0^1 \left(\int_0^1 [\mathbf{b}]^T * [A] * [\mathbf{b}] d\xi \right) d\eta \right\} [\mathbf{u}]^T = \frac{1}{2} [F][u]^T h * S. \quad (8)$$

Отсюда получим:

$$\frac{1}{S} \int_0^1 \left(\int_0^1 [\mathbf{b}]^T * [A] * [\mathbf{b}] d\xi \right) d\eta * [\mathbf{u}] = [F]. \quad (9)$$

При помощи программы “AnsysWorkbench”, на основе точных геометрических параметров, нами сконструированы 3D модели разгрузочно-погрузочного бункера конвейерного транспорта, расположенного между конвейерными линиями №3,7 и №3,8 Ангреновского разреза. Анализ сконструированных 3D моделей разгрузочно-погрузочного бункера позволил определить причины порыва магистральной ленты №3,8. При помощи графических и математических расчётов установлено, что важную роль играют такие показатели: высота расположения погрузочного пункта конвейерной линии и непосредственно геометрические показатели самой конструкции.

В четвертой главе диссертации «**Оптимизация эксплуатационных параметров конвейерного транспорта на открытых горных работах**» приведены рекомендации по проектированию конвейерного транспорта для Ангреновского разреза.

Результаты анализа показывают, что определение оптимальной высоты погрузочно-разгрузочного пункта позволяет продлить сроки её эксплуатации и уменьшить затраты на проведения ремонтных работ данной конструкции.

В процессе проведения экспериментов были также изучены и определены оптимальные параметры других технических узлов конструкции конвейера, сделан выбор оптимальных скоростей забойной и магистральной конвейерной линии и установлены оптимальные углы наклона конвейерных линий.

В работе были подробно изучены и проанализированы проблемы процесса эксплуатации ленточного конвейера при вскрышных работах на Ангреновском угольном разрезе. В результате проведённого анализа выявлено, что основные виды порывов ленты магистральной линии №3,8 Ангреновского месторождения при транспортировке вскрышных пород обусловлены разными причинами. В связи с этим, проведенное научное исследование данной проблемы позволило выявить одну из основных причин частых порывов

магистрального ленточного конвейера в процессе работы, обусловленное структурными и техническими особенностями непосредственно самой магистральной ленты, а также и силой удара подающей породы из погрузочно-разгрузочного бункера конвейера. С целью установления причин выявленных эксплуатационных проблем был проведён анализ работы ленточного конвейера с использованием программного комплекса ANSYS, с учётом ключевых технических параметров: скорости движения ленты, твёрдости транспортируемой породы, угла её падения на ленту, а также высоты перегрузочного бункера (7,8 м; 5,4 м; 3,5 м). Результаты моделирования показали, что одной из основных причин возникающих нарушений является превышение допустимой высоты бункера. Определение оптимальной высоты эксплуатационного бункера позволит избежать частых порывов магистральной ленты конвейера №3,8 Ангренского разреза, а также повысить эффективность самой конструкции погрузочно-разгрузочного бункера.

Проведённый нами анализ показал следующее:

с высоты бункера 7,8 метра результаты напряжения силы удара падающей породы на магистральную линию составляют 1,2037 МПа;

с высоты бункера 5,4 метра результаты напряжения силы удара падающей породы на магистральную линию составляют 0,43393 МПа;

с высоты бункера 3,5 метра результаты напряжения силы удара падающей породы на магистральную линию составляют 0,48341 МПа.

На рис.7 показаны напряжения, возникающие при деформации от падения породы на ленту магистральной линии конвейера. На рисунке значение возникающего напряжения в центре несущей поверхности породы представлено цветными дугами. Каждый цвет здесь представляет собой различный эффект напряжения. Детали,

испытывающие наименьшую нагрузку, показаны синим цветом, а часть, испытывающая наибольшую нагрузку, - красным. Поверхность, на которую воздействует максимальное напряжение, является критической зоной для полосы.

На графике (рис.8) показано изменение во времени напряжения, оказываемого породной массой 143,17 кг в смоделированном бункере длиной 5,4 м на ленточном конвейере, движущимся со скоростью 5,5 м/с при начальной скорости 5 м/с. Зеленая линия - максимальное значение, синяя линия - среднее значение, красная линия - минимальное значение. Максимальное натяжение ленты было приложено на момент времени 1,54 секунды (рис.9).

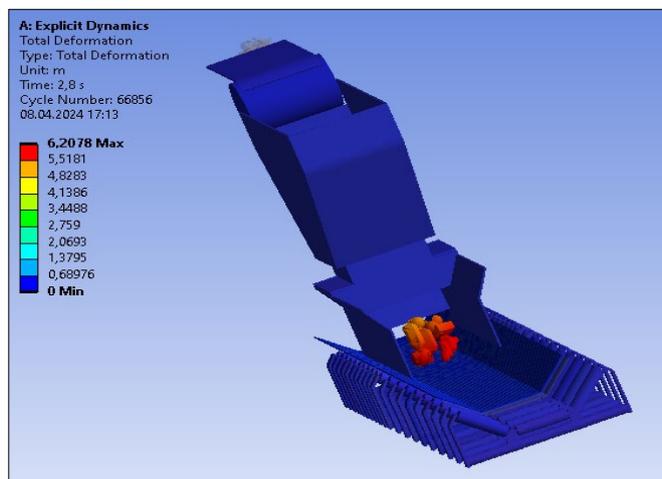


Рис.7. Перегрузочный пункт с высотой бункера 5,4 метр.

На данных на графиках видно, что 143,17 кг породы при перемещении прошли расстояние 8,4649 метра за 2,1 секунды в ленте произошла деформация на 10,868 мм.

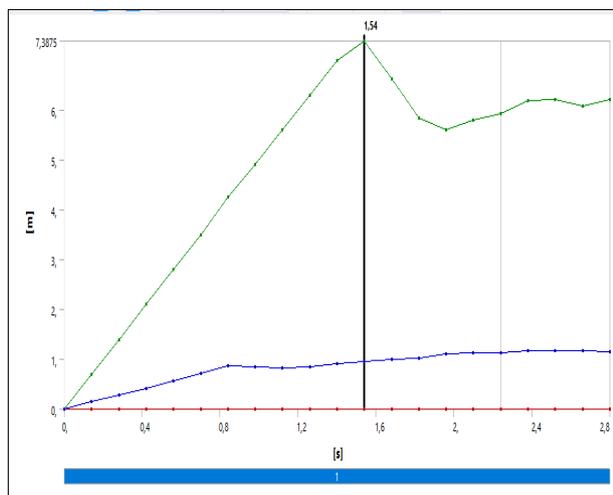


Рис.8. График зависимости движения породы на напряжение ленты

Tabular Data				
	Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]	Average [m]
1	1,1755e-038	0,	0,	0,
2	0,14002	0,	0,70011	0,14707
3	0,28004	0,	1,4002	0,28259
4	0,42001	0,	2,1	0,41772
5	0,56002	0,	2,8001	0,56254
6	0,70004	0,	3,5002	0,72485
7	0,84001	0,	4,2672	0,87674
8	0,98002	0,	4,9001	0,84744
9	1,12	0,	5,6002	0,82921
10	1,26	0,	6,3001	0,84981
11	1,4	0,	7,0001	0,90565
12	1,54	0,	7,3875	0,95885
13	1,68	0,	6,6177	0,99725
14	1,82	0,	5,8476	1,0315
15	1,96	0,	5,5972	1,0997
16	2,1	0,	5,8016	1,1292
17	2,24	0,	5,937	1,1394
18	2,38	0,	6,1833	1,1681
19	2,52	0,	6,2094	1,1697
20	2,66	0,	6,0904	1,1637
21	2,8	0,	6,2078	1,1603

Рис. 9. Результаты напряжения ленты при контакте с горной породой от бункера высотой 5,4 м

Этот случай считается оптимальным для бункера высотой 5,4 м, выбранной ленты и движения ленты между смоделированными нами бункерами (рис. 10 и 11).

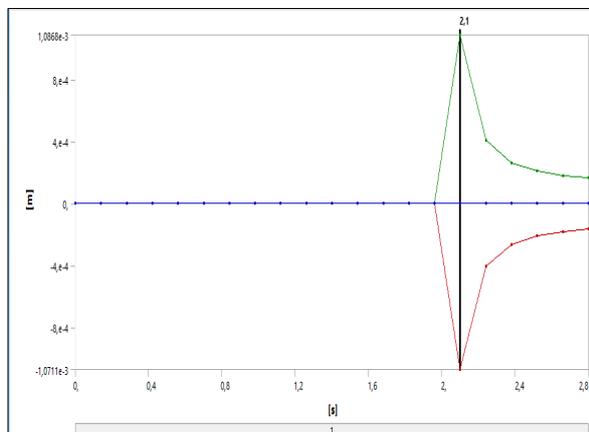


Рис. 10. График деформации ленты под воздействием горных пород

Tabular Data				
	Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]	Average [m]
1	1,1755e-038	0,	0,	0,
2	0,14002	-3,8656e-007	3,4533e-007	-1,8457e-008
3	0,28004	-3,744e-007	3,2253e-007	-1,8449e-008
4	0,42001	-3,8278e-007	3,3538e-007	-1,9458e-008
5	0,56002	-3,8223e-007	3,365e-007	-1,7768e-008
6	0,70004	-3,6991e-007	3,3771e-007	-1,877e-008
7	0,84001	-3,6973e-007	3,494e-007	-1,9045e-008
8	0,98002	-3,7778e-007	3,3122e-007	-1,8427e-008
9	1,12	-3,7652e-007	3,6037e-007	-1,7279e-008
10	1,26	-3,605e-007	3,8158e-007	-1,8477e-008
11	1,4	-3,5797e-007	3,3301e-007	-1,9476e-008
12	1,54	-3,7166e-007	3,4941e-007	-1,8137e-008
13	1,68	-3,6512e-007	3,3242e-007	-1,7872e-008
14	1,82	-3,7348e-007	3,3487e-007	-1,878e-008
15	1,96	-3,6453e-007	3,4805e-007	-1,8444e-008
16	2,1	-1,0711e-003	1,0868e-003	1,0469e-008
17	2,24	-4,0248e-004	4,0456e-004	-3,0996e-008
18	2,38	-2,6236e-004	2,6287e-004	-5,8731e-008
19	2,52	-2,0779e-004	2,0849e-004	-7,2047e-008
20	2,66	-1,7986e-004	1,7831e-004	-8,0059e-008
21	2,8	-1,6591e-004	1,6473e-004	-8,4207e-008

Рис. 11. Результаты деформации ленты при контакте с горной породой от бункера с высотой 5,4 м

На графике (рис. 12) изображены изменения перемещения породы по времени. Здесь показано расстояние перемещения породы протяжённостью в 8464,9 мм в процессе падения на ленту с высоты бункера 5,4 м.

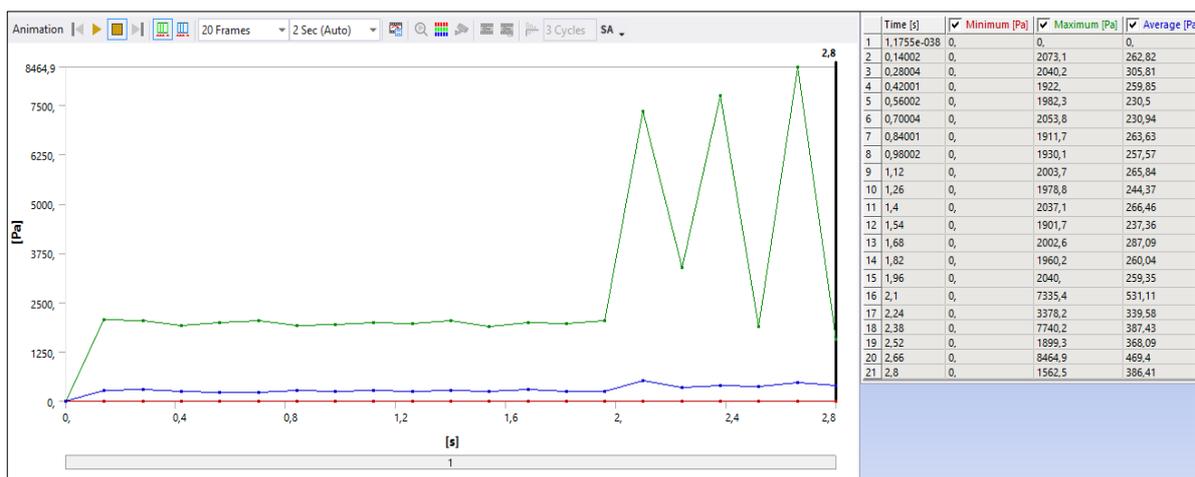


Рис.12. График результатов перемещения породы в бункере с высотой 5,4 м

В табл 1. представлено использование функции скорости ленты в программе MathCAD для подгонки данных к логарифмической модели.

Таблица 1.

Напряженно-деформированное состояния ленты в зависимости от различных высот бункера перегрузочного пункта

Скорость движения конвейерной линии	Высота бункера		
	3,5 м	5,4 м	7,8 м
6-6,6 м/с	5,461 МПа	4,421 МПа	7,387 МПа
3,15-4 м/с	5,161 МПа	4,339 МПа	6,881 МПа
5-5,6 м/с	0,483 МПа	0,433 МПа	1,203 МПа

По результатам исследований получены зависимости напряженно-деформированного состояния ленты от высоты падающей из бункера породы в единицу времени (рис.13).

Результаты научно-исследовательских работ показывают, что оптимизация геометрических параметров перегрузочного пункта конвейерного транспорта при бункере с высотой 5,4 м от ленточного конвейера, может обеспечить минимальные нагрузки при контакте горной массы на ленту конвейера. Оптимальная высота бункеров перегрузки позволяет продлить срок службы конвейерной ленты, снизить частоту ее обрывов и, соответственно, уменьшить частоту проведения ремонтов.

Нами получены формулы определения напряженно-деформированного состояния ленты в зависимости от высоты бункеров с разными скоростями движения ленты:

$$\sigma = \begin{cases} 0,415h^2 - 4,238h + 15,215 & \text{если скорость } v = 6 - 6,6 \frac{m}{c}; \\ 0,347h^2 - 3,52h + 13,232 & \text{если скорость } v = 3,15 - 4 \frac{m}{c}; \\ 0,081h^2 - 0,745h + 2,101 & \text{если скорость } v = 5 - 5,6 \frac{m}{c}. \end{cases} \quad (10)$$

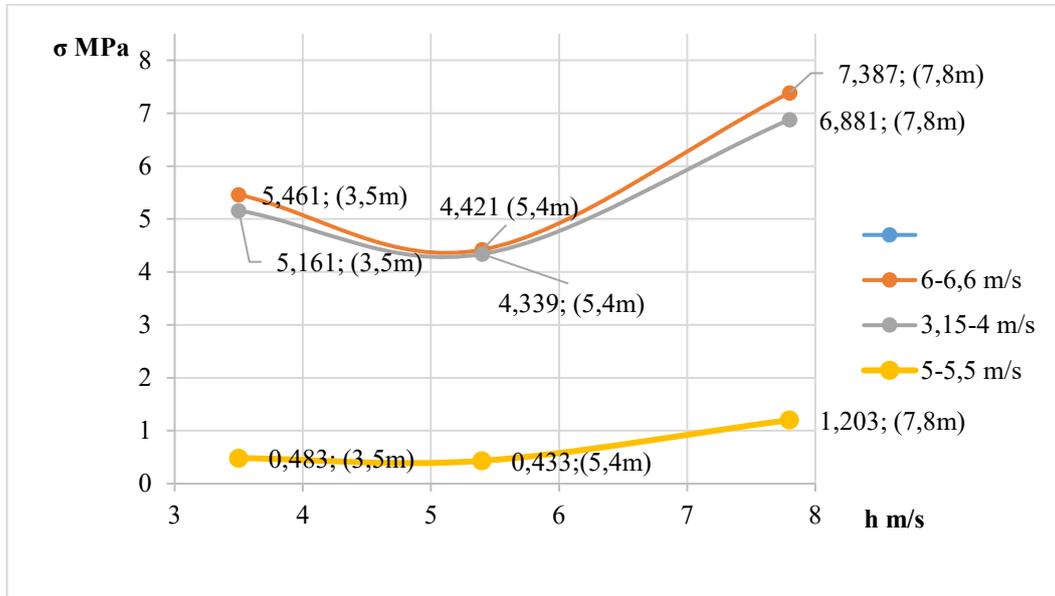


Рис.13. График зависимости напряженно-деформированного состояния ленты от высоты падения горной массы

Формулы квадратичных связей $\sigma - h$, получены путем обработки с помощью процедуры *linfit* в системе MathCAD.

Также в работе рассматривался вопрос определения напряженно-деформированного состояния ленты в зависимости от изменения скорости ленты с различной высотой бункера перегрузочного пункта. Для этого построена однофакторная регрессионная модель. То есть задача сводится к решению следующей системы уравнений:

$$\begin{bmatrix} 1 & v_0 & v_0^2 \\ 1 & v_1 & v_1^2 \\ 1 & v_2 & v_2^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_0 \\ \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Согласно полученным результатам (см. табл.1), функция связи, позволяющая решить уравнение и определить значения напряжения ленты, в зависимости от изменения линейной скорости конвейера для различных высот бункера, имеет следующий вид:

$$\sigma = \begin{cases} 2,940v^2 - 31,049v + 82,316 & \text{при } h = 3,5m \\ 1,277v^2 - 11,827v + 26,851 & \text{при } h = 5,4m \\ 3,575v^2 - 37,707v + 100,501 & \text{при } h = 7,8m \end{cases} \quad (12)$$

Определяем следующую двухфакторную корреляционную функцию:

$$\begin{aligned} \sigma = & 0,013h^2v + 0,173hv^2 + 592,547v^3 + \\ & + 0,207h^2 - 1,974hv - 9538v^2 + \\ & + 2,570h + 50167,8 - 85975,509 \end{aligned} \quad (13)$$

При использовании данной функции определяются значения деформационно-напряженного состояния ленты для различной высоты бункера (h) и скорости движения ленты (v). Показатель Фишера равен $P=0,93 \div 0,96$.

Таким образом, в результате проведенных исследований были определены изменения напряженно-деформированного состояния конвейерной ленты в зависимости от скорости ленты с различными высотами бункера перегрузочного пункта (рис. 14).

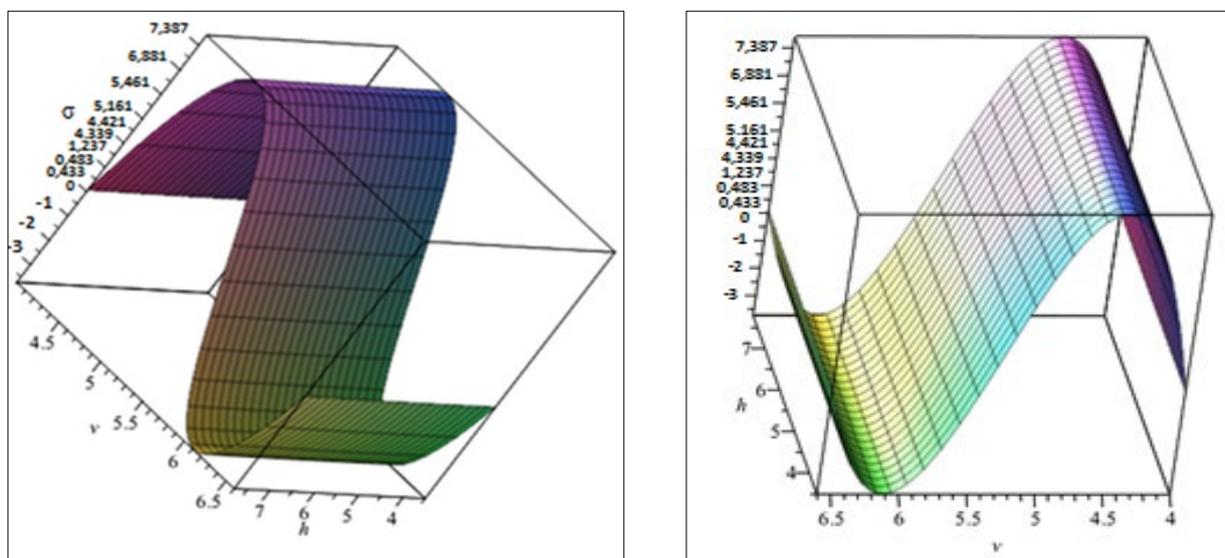


Рис. 14. График изменения напряженно-деформационного состояния ленты в зависимости от скорости конвейера и высоты бункера

Получены результаты технико-экономических расчётов, которые показали эффективность применения правильного выбора материалов и компонентов, а также эффективность управления энергозатратами, обеспечивающую надежную и экономически эффективную работу системы конвейерного транспорта. Важно учитывать как технические параметры, так и экономические факторы для оптимальной эксплуатации оборудования, обеспечивающей оптимальные параметры конструкции перегрузочного пункта и позволяющей увеличить срок службы конвейерной ленты.

В результате проведенных исследований получен экономический эффект в размере 868,95 млн. сум в ценах 2024 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Оптимизация эксплуатационных параметров конвейерного транспорта на угольном разрезе «Ангренский» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Результаты анализа обзора литературы по оптимизации эксплуатационных параметров ленточного конвейера позволяют утверждать, что перегрузочные пункты являются важнейшими точками системы ленточных конвейеров в карьерах, и их правильное функционирование имеет важное значение для оптимальности транспортировки горной массы.

2. Разработана методика математического моделирования перегрузочного пункта в процессе транспортировки горной породы на основе метода конечных элементов, обеспечивающая изучение взаимодействия конвейерной ленты с горной породой в экспериментальных условиях при реальных параметрах эксплуатации.

3. В результате проведения экспериментальных исследований на основе программы ANSYS было установлено, что при контакте ленты с горной породой показатели деформации в зоне взаимодействия показывают ударное напряжение 0,433 МПа за 2,07 с при скорости ленты 5-5,5 м/с, что дает возможность увеличить срок службы ленты на 30%.

4. Установлено, что на основе оптимизации геометрических параметров перегрузочного пункта конвейерного транспорта бункер ленточного конвейера высотой 5,4 м может обеспечить минимальные нагрузки при контакте горной массы с лентой конвейера.

5. Разработана и смоделирована конструкция перегрузочного пункта с оптимальной высотой бункера с применением программного комплекса ANSYS, позволяющая достичь наиболее оптимальных технических и экономических результатов по сравнению с первоначальным проектом.

6. Определено напряженное состояние ленты конвейера в зависимости от скорости движения ленты и высоты бункера перегрузочного пункта с использованием однофакторной и двухфакторной регрессионных моделей.

7. Определена оптимальная высота бункера на основе исследования геометрических параметров перегрузочного пункта конвейера путем определения минимума силы удара горной породы на ленту, что увеличивает срок службы конвейерной ленты на открытых горных работах.

8. Разработана методика определения оптимальных параметров бункера ленточного конвейера на основе анализа эксплуатационных параметров перегрузочного пункта конвейерного транспорта, внедренного на разрезе «Ангренский». В результате установлено, что при использовании предлагаемой методики проектирования конструкторских работ можно

оценить динамику физического процесса взаимодействия элементов конвейерной ленты с горной породой, обеспечивающего определение оптимальных параметров конструкции перегрузочного пункта и увеличение срока службы конвейерной ленты с получением экономического эффекта в размере 868,9 млн. суммов в расценках 2024 года.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.22/30.12.2019.T.98.01 AT THE ALMALYK BRANCH OF THE
NATIONAL RESEARCH TECHNOLOGICAL UNIVERSITY «MISIS»**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

BAYNAZOV UMID RAIMOVICH

**OPTIMIZATION OF OPERATING PARAMETERS OF CONVEYOR
TRANSPORT AT THE ANGREN COAL MINE**

04.00.16 - Mining machinery

**DISSERTATION ABSTRACT
for the Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences**

The topic of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under № B2022.2.PhD/T2818.

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume) on the website of the Scientific Council (www.misis.uz) and on the information and educational portal «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Scientific supervisor:	Toshov Javokhir Burievich Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	Rakhutin Maxim Grigorievich Doctor of Technical Sciences, Professor Makhmudov Azamat Makhmudovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Leading organization:	JSC «Almalyk Mining and Metallurgical Combine»

The defence of the dissertation will be held on «__» _____ 2025 at «__» hours at the meeting of the Scientific Council DSc.22/30.12.2019.T.98.01 at the Almalyk Branch of the National Research Technological University «MISIS». Address: 110101, Almalyk, Amir Temur St. 56. Conference Hall of the Almalyk Branch of the National Research Technological University «MISIS». Phone: (70) 614-22-57; e-mail: info@misis.uz.

The dissertation can be found in the Information Resource Center of the Almalyk Branch of the National Research Technological University «MISIS». (registered under No. _____). Address: 110101, Almalyk, st. Amir Temur 56. Tel.: (70) 614-22-57.

The abstract of the dissertation is distributed on «__» _____ 2025.
(Protocol at the register No _____ dated «__» _____ 2025).

F.Ya. Umarov
Chairman of the Scientific Council for Awarding of Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

G.S. Nutfullaev
Scientific Secretary of the Scientific Council for Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Sh.Sh. Zairov
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council for Awarding of Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD thesis)

The aim of the research is the optimization of the operational parameters of conveyor transport based on modeling and determination of the optimal geometric parameters of the transfer point.

The research object is a transfer point for a conveyor line in open-pit mining.

The scientific novelty of the research is as follows:

a methodology for modeling a conveyor transport transfer point based on the finite element method was developed to improve the efficiency of transporting rock mass;

an equation for the stress-strain state of a conveyor belt was substantiated depending on the belt speed and the height of the transfer point bin using single-factor and two-factor regression models;

the dependences of the optimal conveyor belt width and speed on its load and stress-strain state were established when optimizing the operational parameters of conveyor transport;

the optimal bin height was determined based on the optimization of the geometric parameters of the conveyor transfer point by minimizing the impact force of the rock on the belt.

Implementation of research results. Based on the conducted research on optimization of belt conveyor parameters during transportation of rock mass in open-pit mining operations:

a method for determining the optimal parameters for the location of a bunker from a belt conveyor based on optimization of the geometric parameters of a transfer point has been implemented at the Angren open-pit mine of "Uzbekcoal" JSC (reference from «Uzbekcoal» JSC No. 01-13/1665 dated September 06, 2024). As a result, It is established that with the proposed design methodology, it is possible to evaluate the dynamics of the physical process of interaction of conveyor belt elements with rock;

the developed recommendation for belt conveyor optimization has been implemented in the "Uzbekcoal" JSC section (reference from "Uzbekcoal" JSC No. 01-13/1665 dated September 06, 2024). As a result, it became possible to increase the service life of the conveyor belt in open-pit mining operations.

The structure and content of the thesis. The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation is 123 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED PAPERS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Тошов Ж.Б., Байназов У.Р., Атакулов Л.Н., Заирова Ф.Ю. Анализ современного состояния циклично-поточной технологии с ленточными конвейерами на угольных разрезах // Научно-технический и производственный журнал «Горный Вестник Узбекистана». -Навои, 2022. - № 1 (88). -С.8÷15.

2. Тошов Ж.Б., Байназов У.Р., Зиядов Н. Определение оптимальных параметров циклично-поточной технологии путем математического моделирования точек перегрузки // Научно-технический журнал «Горные машины и технологии». – Ташкент, 2024. – № 2. –С.20÷24.

3. Toshov J., Yelemessov K., Baynazov U., Annakulov T., Baskanbayeva D. Challenges of modernizing and optimizing the process of implementing cyclical-flow technology in a coal mine // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, “Series of Geology and Technical Sciences”. – Almaty, Volume 6. Number 467 (2024). Pp. 182–197.

II bo'lim (II часть; part II)

4. Тошов Ж.Б., Байназов У.Р. Определение деформационно-напряженного состояния конвейерной ленты под воздействием горных пород / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ DGU 23094 от 11.03.2023 г.

5. Toshov J., Baynazov U. Ways perfection of efficiency of transportation mountain weight on open-cast mines / Proceedings of Global Technovation-An International Multidisciplinary Conference Hosted from Samsun, Turkey. October 31st, 2020. Pp. 21-22.

6. Тошов Ж.Б., Байназов У.Р. Вопросы применения циклично-поточной технологии с ленточными конвейерами на угольных разрезах / I Евразийский горный конгресс. Сборник докладов. – Навои, 2021. – С.199-201.

7. Toshov J., Baynazov U., Elomonov M. Issues of modeling the operation of cycle-flow technologies with a belt conveyor at coal enterprises // Proceedings of the international conference. - Navoi, 2022. (Volume I) – Pp. 243-247.

8. Toshov J., Toshov B., Bainazov U., Elemonov M. Application of Cycle-Flow Technology in Coal Mines // Proceedings of the 11th International Conference on Applied Innovations in IT, (ICAII), March 2023, Koethen, Germany. – Pp. 279-284. (scopus.com)

9. Baynazov U., Моделирование циклично-поточной технологии на угольных предприятиях на программе “ANSYS” // Роль интеллектуальной

молодежи в развитии науки и техники. – Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. – Ташкент, ТашГТУ, 19-20 апреля, 2024. - С. 1136-1139.

10. Toshov J., Atakulov L., Arzikulov G., Baynazov U. Modeling of optimal operating conditions of cyclic-flow technologies with a belt conveyor at coal mine under the "ANSYS" program // AIP Conf. Proc. 3152, 020006 (2024) / III International Scientific and Technical Conference “Actual issues of Power supply systems” (ICAIPSS2023), 7–8 September 2023, Tashkent, Uzbekistan.

Avtoreferat “IQTISOD-MOLIYA” nashriyotida tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi: 20.05.2025 y.
Bichimi: 60x84 1/8 “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 4, 2. Adadi: 60. Buyurtma: № 46.

“DAVR MATBUOT SAVDO” MCHJ
bosmaxonasida chop etildi.
100198, Toshkent, Qo‘yliq, 4-mavze, 46.