DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

UO‘K (UDC): 621.311.21:69.05

GIDROELEKTR STANSIYALARI QURILISHIDA ISHLARNI TASHKIL ETISH, MEXANIZATSIYALASH VA SIFAT NAZORATINI TAKOMILLASHTIRISH MUAMMOLARI

***Paxirdinov Xabibillo Zuxridinovich**, assistenti,*
Qurilish muhandisligi va arxitektura kafedrasi,
E-mail: xabibillopaxirdinov@gmail.com
Andijon davlat texnika instituti

***Annotatsiya**. Maqolada gidroelektr stansiyalari (GES) qurilishida bajariladigan qurilish-montaj ishlarini tashkil etish, ularni mexanizatsiyalash va sifatini nazorat qilishning tashkiliy-texnologik masalalari ko‘rib chiqiladi. Ishning maqsadi shundan iboratki, GES qurilishiga xos bo‘lgan xususiyatlar – yer-qazish va beton ishlarining ulkan hajmi, suv oqimini vaqtincha boshqarish zarurati, qurilishning cho‘zilgan va bosqichma-bosqich amalga oshirilishi – hisobga olingan holda, ish jarayonlarini rejalashtirish (POS va PIC hujjatlari, tarmoq grafiklari asosida), asosiy texnologik operatsiyalarni (yer-qazish-portlatish, beton-armatura ishlari, gidroagregatlarni montaj qilish) mexanizatsiyalash yo‘llari hamda qurilish-montaj ishlari sifatini bosqichma-bosqich nazorat qilish tizimi yagona metodologik nuqtai nazardan tahlil qilindi. Ish jarayonida amaldagi me'yoriy-huquqiy hujjatlar (ShNQ, O‘z DSt, GOST) o‘rganildi, tarmoq rejalashtirish va statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Tarmoq grafigi bo‘yicha kritik yo‘lni topish, ekskavator hamda portlatish ishlarining unumdorligini, beton hajmi va kran yuk momenti parametrlarini, shuningdek beton mustahkamligining statistik ko‘rsatkichlarini hisoblashga oid amaliy misollar keltirilib, ular tahlil qilindi. Olingan xulosalar GES qurilishida resurslardan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish jarayonlarini muvofiqlashtirish hamda inshootlar ishonchliligini ta'minlash nuqtai nazaridan amaliy ahamiyat kasb etadi. Ish natijalaridan tegishli yo‘nalish talabalari va amaliyotchi muhandis-loyihachilar foydalanishi mumkin.*

***Abstract**. The article examines the organizational and technological problems of managing construction and installation works, their mechanization, and quality control during the construction of hydroelectric power plants (HPPs). The purpose of the work is, taking into account a number of features specific to HPP construction – the enormous scale of earthworks and concreting, the need for temporary control of river flow, and the prolonged, phased nature of the construction – to examine from a unified methodological standpoint the planning of construction processes (based on POS and PIC documentation and network schedules), the mechanization of the principal technological operations (earthworks and blasting, concrete and reinforcement works, installation of hydro-units), and the stage-by-stage system for controlling the quality of construction and installation works. In the course of the work, current regulatory documents (construction norms and rules, state standards, GOST) were studied, and network-planning and statistical-analysis methods were applied. Practical worked examples are given and analyzed for finding the critical path on a network schedule, the productivity of excavation and blasting operations, the parameters of concrete volume and crane load moment, as well as the statistical indicators of concrete strength. The conclusions reached carry practical significance for the rational use of resources, the coordination of production processes, and the assurance of structural reliability in HPP construction. The results may be of use to students in the corresponding field and to practicing design engineers.*

***Kalit so‘zlar:** gidroelektr stansiya, qurilishni tashkil etish loyihasi, ishlarni bajarish loyihasi, tarmoq grafigi, kritik yo‘l, qurilishni mexanizatsiyalash, beton ishlari, sifat nazorati, geodezik monitoring.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

Keywords: *hydroelectric power plant, construction organization project, work execution project, network schedule, critical path, construction mechanization, concrete works, quality control, geodetic monitoring.*

Kirish. Mamlakat energetika balansida gidroelektr stansiyalari qayta tiklanuvchi va nisbatan arzon elektr energiyasi manbai sifatida alohida o‘rin egallaydi. So‘nggi davrda O‘zbekiston Respublikasida gidroenergetika salohiyatini oshirishga qaratilgan davlat dasturlari asosida yangi GESlar barpo etish va mavjudlarini modernizatsiya qilish borasidagi ishlar tobora jadallashib bormoqda. Shu sababli GES qurilishini tashkil etish, texnologik jarayonlarni mexanizatsiyalash va sifat nazorati masalalarini ilmiy-amaliy nuqtai nazardan chuqur o‘rganish dolzarblik kasb etmoqda [1-4].

GES qurilishi bir qator jihatlari bilan boshqa sanoat va fuqarolik obyektlari qurilishidan tubdan farq qiladi. Bunga misol qilib qurilish ishlarining ulkan hajmini (yer-qazish, portlatish va beton ishlari ba'zan o‘nlab million kub metrga yetadi), qurilishning daryo oqimi, gidrologik hamda muhandislik-geologik sharoitlarga bevosita bog‘liqligini, suv oqimini vaqtincha boshqarish zaruratini, qurilish muddatining uzunligini (odatda 5–10 yil, ba'zan undan ham ko‘proq), ishga tushirishning bosqichma-bosqich amalga oshirilishini, yuqori malakali muhandis-texnik kadrlar va maxsus og‘ir texnikaga bo‘lgan ehtiyojni, shuningdek mehnat muhofazasi va ekologik xavfsizlik borasidagi kuchaytirilgan talablarni keltirish mumkin. Sanab o‘tilgan xususiyatlar GES qurilishini tashkil etish va boshqarishga alohida ilmiy-metodik yondashuvni taqozo qiladi [5-7].

Ushbu ishning maqsadi – GES qurilishining tashkiliy bosqichlarini, asosiy texnologik jarayonlarni mexanizatsiyalash yo‘llarini va qurilish-montaj ishlari sifatini nazorat qilish tizimini yaxlit holda tahlil qilish, shuningdek amaliy hisob-kitob namunalari orqali ularni miqdoriy baholash imkoniyatlarini ko‘rsatishdan iborat [8-12].

Tadqiqot metodologiyasi

Ish davomida GES qurilishini tashkil etish va boshqarishga oid me'yoriy-huquqiy baza – O‘zbekiston Respublikasining shahar-qurilish normalari va qoidalari (ShNQ), davlat standartlari (O‘z DSt), GOST hujjatlari, shuningdek loyiha-smeta materiallari (qurilishni tashkil etish loyihasi – POS va ishlarni bajarish loyihasi – PIC) tizimli tarzda o‘rganib chiqildi. Ishlarning texnologik ketma-ketligi va muddatlarini baholashda tarmoq rejalashtirish (kritik yo‘l) usuli, mexanizmlarning unumdorligi va texnologik parametrlarini aniqlashda analitik hisoblash, beton sifatini baholashda esa matematik statistika usullari (o‘rtacha qiymat, standart og‘ish, o‘zgaruvchanlik koeffitsienti) qo‘llanildi. Keltirilgan barcha amaliy hisob-kitoblar shartli xarakterga ega bo‘lsa-da, ular amaliyotda uchraydigan real ko‘rsatkichlarga yaqin boshlang‘ich ma'lumotlar asosida bajarildi, bu esa natijalarning ishonchliligini ta'minlashga xizmat qiladi.

1. GES qurilishining tashkiliy-texnologik xususiyatlari va bosqichlari

Bosim hosil qilish usuliga qarab GESlar bir necha turga bo‘linadi. To‘g‘onli GESlarda bosim daryo o‘zanida to‘g‘on qurish yo‘li bilan hosil qilinadi va bu usul tekislik hamda tog‘ sharoitlari uchun xosdir (1-rasm).

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27



1-rasm. To‘on yonidagi GESlar

Ularning binosi to‘nning ustida emas balki yonida joylashadi. To‘on daryoni to‘liq to‘sib, suv omborini hosil qiladi

Derivatsion GESlarda esa suv kanal yoki tunnel orqali burib yuborilib, tabiiy qiyalik hisobiga bosim yaratiladi – bunday yechim tog‘li relyefda ko‘proq qo‘llaniladi (2-rasm).



Suv bosomini 25 metrdan 60 metrgacha (ba’zan oshishi mumkin) bo‘lgan sharoitda ishlaydigan gidrotexnik inshoot hisoblanadi

2-rasm. O‘rta bosimli gidroelektrstansiyalar

Bulardan tashqari to‘g‘on-derivatsion aralash turdagi GESlar (3-rasm) hamda gidroakkumulyatsion elektr stansiyalari (GAES) ham mavjud bo‘lib, so‘nggisi energiyaga talab past bo‘lgan paytda suvni yuqori havzaga haydab, talab oshgach uni pastga tushirish orqali elektr ishlab chiqaradi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27



3-rasm. To‘g‘on-derivatsion aralash turdagi GES

Har bir turning qurilish texnologiyasi, mexanizatsiya tarkibi va tashkiliy yechimlari o‘ziga xos bo‘lganligi bois, ushbu ishda umumiy tamoyillar asosan to‘g‘onli GES qurilishi misolida yoritildi.

1-rasm. To‘g‘on yonidagi GESlar. Bunday stansiyalarning binosi to‘g‘on ustida emas, balki uning yonida joylashadi; to‘g‘on daryoni to‘liq to‘sib, suv omborini hosil qiladi.

2-rasm. O‘rta bosimli gidroelektrstansiyalar – suv bosimi 25 metrdan 60 metrgacha (ba'zan undan ham yuqori) bo‘lgan sharoitda ishlaydigan gidrotexnik inshoot.

3-rasm. To‘g‘on-derivatsion aralash turdagi GES.

O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, GES qurilishi to‘rtta yirik tashkiliy bosqichdan iborat. Tayyorgarlik bosqichida muhandislik-geologik va gidrologik izlanishlar amalga oshiriladi, qurilish maydoni tozalanadi, vaqtinchalik yo‘llar va energiya ta'minoti yo‘lga qo‘yiladi, ishchi shaharcha barpo etiladi, daryoni burish inshootlari quriladi. Asosiy qurilish bosqichida to‘g‘on, suv qabul qiluvchi inshoot, bosim quvurlari, GES binosi va boshqa doimiy inshootlarga oid yer-qazish, beton hamda temir-beton ishlari bajariladi. Montaj va sinov-sozlash bosqichida gidroagregatlar (turbina, generator), transformatorlar, kran-balka uskunalari, avtomatika va nazorat-o‘lchov asboblari o‘rnatilib, sinovdan o‘tkaziladi. Yakuniy bosqich – foydalanishga topshirish davrida davlat qabul komissiyasi ish yuritadi, ishchi hujjatlar rasmiylashtirilib, stansiya doimiy ekspluatatsiyaga topshiriladi.

Loyihalashtirishdan avval qurilish maydonida keng ko‘lamli muhandislik izlanishlari o‘tkazilib, bunda geologik burg‘ilash, tog‘ jinslarining mustahkamlik ko‘rsatkichlarini aniqlash, daryoning ko‘p yillik suv sarfi gidrografigini tuzish, seysmik xavfni baholash hamda atrof-muhitga ta'sirni o‘rganish amalga oshiriladi. Ushbu ma'lumotlar to‘g‘on turi, o‘lchamlari va qurilish texnologiyasini tanlashda ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. GES qurilishi ikki bosqichli loyihalash tizimi – texnik-iqtisodiy asoslash va ishchi loyiha – asosida olib boriladi; ularning tarkibiga qurilishni tashkil etish loyihasi (POS), ishlarni bajarish loyihasi (PIC), bosh reja, kalendar jadvallar, resurslar smetasi va gidrotexnik hisob-kitoblar kiritiladi.

2. Qurilish ishlarini tashkil etish va tarmoq rejalashtirish

Qurilishni tashkil etish loyihasi (POS) butun qurilish davri bo‘yicha umumiy tashkiliy-texnologik yechimlarni, ishlar ketma-ketligini, resurslarga bo‘lgan ehtiyoj va muddatlarni belgilaydi. Ishlarni bajarish loyihasi (PIC) esa har bir alohida inshoot yoki ish turi kesimida batafsil texnologik xaritalar, mexanizmlar tarkibi va mehnat xavfsizligi tadbirlarini o‘z ichiga oladi.

GES qurilishini tashkil etishning asosiy hujjatlari qatoriga Qurilishni Tashkil Etish Loyihasi (POS) va Ishlarni Bajarish Loyihasi (PPR) kiradi. Gidrotexnika kotlovanini suv bosishidan asrash va daryo o‘zanini to‘sish uchun amaliyotda uchta sxema qo‘llaniladi: daryo

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

o‘zanini navbatma-navbat to‘sish (keskin toraytirilgan o‘zan orqali); suvni sun'iy derivatsiya kanaliga o‘tkazish; suvni tog‘li va tor daralarda qoya ichidan o‘tkazilgan gidrotexnik tunnellar orqali yo‘naltirish.

Daryo o‘zanini to‘sish jarayoni asosan pioner usuli bilan – og‘ir avtosamosvallar va ekskavatorlar yordamida qoya toshlari hamda yirik beton bloklarini daryoga tashlash orqali – amalga oshiriladi, natijada vaqtinchalik to‘shama to‘g‘onlar hosil bo‘lib, kotlovan quritiladi (4-rasm).



4-rasm. GES qurilishi. Daryo o‘zanini to‘sish va vaqtinchalik to‘shama to‘g‘onqurilishi hamda og‘ir mexanizatsiyalash

4-rasm. GES qurilishida daryo o‘zanini to‘sish va vaqtinchalik to‘shama to‘g‘on barpo etish, shuningdek og‘ir mexanizatsiya ishlatilishi.

Qurilish maydonini tashkil etishda asosiy inshoot markazga joylashtiriladi, uning atrofida esa beton-inert materiallar zavodi, kabel-kran estakadasi, ombor xo‘jaligi, mexanizmlar parki va ma'muriy-turar-joy majmuasi qurilish yo‘llari orqali o‘zaro bog‘lanadi. Bunda materiallarni qayta yuklash hajmini kamaytirish, transport oqimlarining bir-biriga kesishmasligi hamda yong‘in va sanitariya xavfsizligi normalariga rioya etish talab qilinadi.

Ko‘p tarmoqli va o‘zaro bog‘liq bo‘lgan ishlarni muvofiqlashtirishda kalendar jadvallar bilan bir qatorda tarmoq grafiklaridan ham foydalaniladi. Tarmoq grafigi ishlar orasidagi texnologik bog‘liqlikni, ularning muddatlarini hamda kritik yo‘lni – ya'ni umumiy ish muddatini belgilaydigan eng uzun yo‘lni – aniq ifodalash imkonini beradi. Shartli tarmoq grafigi asosida hisoblangan yo‘llar davomiyligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Tarmoq grafigi bo‘yicha yo‘llar davomiyligini hisoblash natijalari

Yo‘l №	**Ishlar ketma-ketligi**	**Davomiyligi, kun**
1	0–1–3–5–6	5+6+10+5 = 26
2	0–2–4–5–6	4+3+7+5 = 19

Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, kritik yo‘l 0–1–3–5–6 bo‘lib, uning davomiyligi 26 kunni tashkil qiladi, ya'ni ko‘rib chiqilgan ish kompleksi uchun umumiy qurilish muddati kamida shu qadar bo‘lishi lozim. 0–2–4–5–6 yo‘lida esa 7 kunlik vaqt zaxirasi mavjudligi aniqlandi. Kritik yo‘ldagi ishlarni tezlashtirish umumiy muddatni qisqartirsa, zaxirali yo‘ldagi ishlar resurslarni qayta taqsimlashda foydalanilishi mumkin.

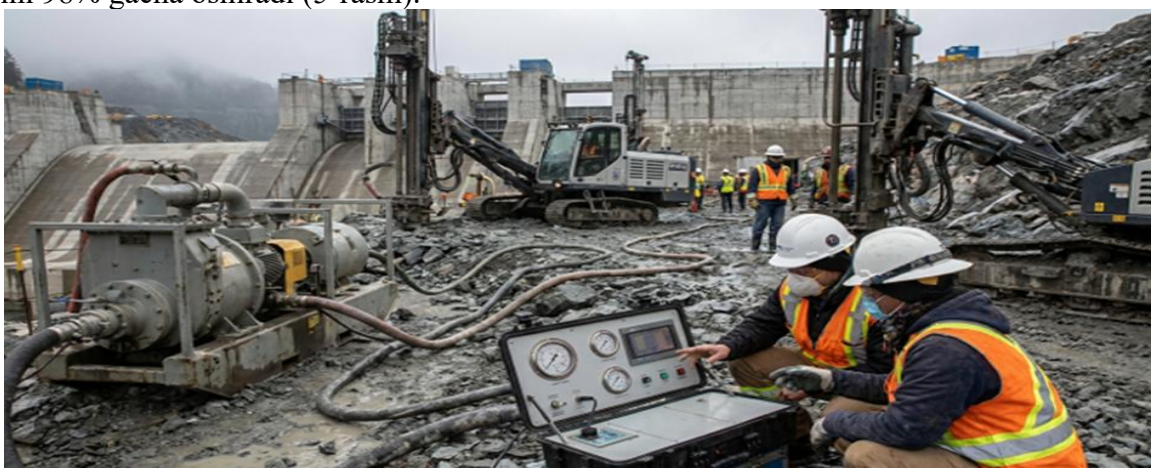
To‘g‘on va bosh inshootni quruq holatda qurish maqsadida daryo oqimi vaqtinchalik derivatsion tunnel yoki kanal orqali burib yuboriladi, qurilish maydoni esa vaqtinchalik to‘siq to‘g‘onchalar (batopart) bilan o‘raladi. Bu davr qurilish jadvalining eng nozik va xavfli bosqichi

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

hisoblanadi, chunki uning muddati daryoning suv sarfi gidrografigiga qat'iy bog‘liq bo‘lib, tunnelning ochilishi va yopilishi odatda daryoning eng kam suvli (mezhen) davriga to‘g‘ri keltirib rejalashtiriladi. Ishchi kuchini tashkil etishda brigada-uchastka tizimi qo‘llanilib, moddiy-texnik ta'minot logistikasi mahalliy karerlardan inert materiallar, shuningdek sement va metall konstruksiyalarni temir yo‘l yoki avtomobil transporti orqali yetkazib berishni qamrab oladi.

3. Qurilish jarayonlarini mexanizatsiyalash

GES to‘g‘oni poydevori ostidan suv sizib o‘tishi (filtratsiya) va poydevor qoyasining yemirilishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun poydevor tubida sementatsiya pardasi (Grouting Curtain) barpo etiladi: bunda qoyaga 50–200 metrgacha chuqurlikda burg‘ilash quduqlari teshilib, 1,5–5,0 MPa bosim ostida sement-suv qorishmasi haydaladi. Bu tadbir poydevorning suv o‘tkazmaslik darajasini 98% gacha oshiradi (5-rasm).



5-rasm. GES poydevor qoyasidagi tektonik darzlarga yuqori bosim ostida sement qorishmasi haydash va sementatsiya pardasi (Grouting Curtain) hosil qilish jarayoni

Yer-qazish ishlarining katta hajmi tufayli GES qurilishida yuqori unumdorlikka ega texnika – gidravlik va kanotli ekskavatorlar, buldozerlar, skreyperlar, avtosamosvallar – hamda qattiq jinslarni qazishda portlatish usuli keng qo‘llaniladi. Ekskavator unumdorligi quyidagi formula orqali topiladi:

$$P = (3600 \cdot q \cdot K_t) / (T_c \cdot K_v),\ \text{m}^3/\text{soat}$$

bu yerda q – kovsh sig‘imi (m^3), K_t – kovshni to‘ldirish koeffitsiyenti, T_c – bir sikl vaqti (sek), K_v – vaqtdan foydalanish koeffitsiyenti. Q = 1,2 m^3, K_t = 0,9, T_c = 22 sek, K_v = 0,8 qiymatlarida ekskavatorning soatlik unumdorligi P ≈ 141,6 m^3/soat, sakkiz soatlik smenada esa taxminan 1133 m^3 ni tashkil etadi. Umumiy hajmi 50 000 m^3 bo‘lgan kotlovan uchun bitta ekskavator bilan ishlashda taxminan 44 ish smenasi zarur bo‘ladi.

Portlatish zaryadining miqdori Q = q · V formulasi orqali hisoblanadi, bu yerda q – jinsning solishtirma portlatish sarfi normasi (kg/m^3), V – portlatiladigan jins hajmi (m^3). Q = 0,45 kg/m^3, V = 2000 m^3 bo‘lganda zaryad miqdori Q = 900 kg ga teng bo‘ladi; amalda aniq miqdor va zaryadlar joylashuvi geologik sharoit hamda portlatish pasporti asosida belgilanadi.

Beton aralashmasi qurilish maydonidagi beton zavodida tayyorlanib, avtobetonaralashtirgichlar, beton nasoslari yoki kabel-kranlar orqali qoliplash blokiga yetkaziladi. Armatura karkaslari alohida armatura sexida yig‘ilib, ko‘targich kranlar bilan qoliplash ichiga joylashtiriladi – bu yondashuv qo‘lda payvandlash hajmini kamaytirib, sifatni oshirishga xizmat qiladi. Quyilgan betondagi havo bo‘shliqlarini bartaraf etish maqsadida chuqur yoki sirt vibratorlaridan foydalaniladi; zichlash sifatsiz bajarilsa, betonda kovaklar paydo bo‘lib,

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

inshootning suv o‘tkazmasligi va mustahkamligi pasayishi mumkin. Tor va chuqur kanyonlarda joylashgan to‘g‘onlar qurilishida kabel-kran (kanotli kran) tizimi qo‘llaniladi.

Gidrotexnik beton quyish jarayonida uzluksiz texnologik zanjir shakllantiriladi: avtomatlashtirilgan beton zavodi → og‘ir avtosamosvallar → kabel va minora kranlari → gidrovibratorli zichlash. Massiv beton to‘g‘onlarda termik yoriqlar paydo bo‘lmasligi uchun beton aralashmasiga sovitilgan suv va muz bo‘laklari qo‘shilib, quyish harorati +10...+12°C oralig‘ida ushlab turiladi (6-rasm).



6-rasm. GES to‘g‘on bloklariga kabel kranlari va baddiyalar yordamida beton yetkazib berish hamda massivda kompleks zichlash jarayoni

6-rasm. GES to‘g‘on bloklariga kabel kranlari va baddiyalar yordamida beton yetkazib berish hamda massivda kompleks zichlash jarayoni.

To‘g‘onning trapetsiyasimon ko‘ndalang kesimi bo‘yicha beton hajmi $V = ((a+b)/2) \cdot h \cdot L$ formulasi bilan aniqlanadi. Pastki eni a = 40 m, yuqori eni b = 8 m, balandligi h = 30 m, uzunligi L = 120 m bo‘lgan to‘g‘on uchun beton hajmi V = 86 400 m³ ni tashkil etadi. Beton zavodining smenaviy unumdorligi 400 m³ bo‘lganda, ushbu hajmni betonlash uchun (blokma-blok betonlash va texnologik tanaffuslarni hisobga olmagan holda) taxminan 216 ish smenasi kerak bo‘ladi.

Og‘ir gidroagregat va konstruksiyalarni ko‘tarish uchun bashnya va portal kranlari, shuningdek yuqori yuk ko‘tarish quvvatiga ega kabel-kranlar ishlatiladi. Kranga qo‘yiladigan talab yuk momenti $M = Q \cdot R$ formulasi orqali aniqlanadi, bu yerda Q – ko‘tariladigan yuk massasi (t), R – kran ilgagining aylanish o‘qidan yukgacha bo‘lgan masofa – vylet (m). Generator statorining massasi Q = 45 t va vylet R = 18 m bo‘lganda talab etiladigan yuk momenti M = 810 t·m ga teng bo‘ladi; amaliyotda 10–15% zaxira bilan (≈900–930 t·m) kran tanlash tavsiya etiladi. Turbina va generator GES bosh binosining mashina zalida ko‘prikli kran yordamida bosqichma-bosqich – avval spiral kamera va yo‘naltiruvchi apparat, so‘ng val va rotor, so‘ngra generator statori tartibida – o‘rnatiladi, har bir bosqichdan keyin markazlash va geometrik o‘lchamlarni tekshirish ishlari amalga oshiriladi.

2-jadval

Asosiy mexanizatsiya hisob-kitoblarining umumlashtirilgan natijalari

Ko‘rsatkich	Hisoblash formulasi	Natija
Ekskavator unumdorligi	$P = (3600 \cdot q \cdot K_t)/(T_c \cdot K_v)$	≈141,6 m³/soat
Portlatish zaryadi miqdori	$Q = q \cdot V$	900 kg

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

To‘g‘on beton hajmi	V = ((a+b)/2)·h·L	86 400 m³
Kranning yuk momenti	M = Q·R	810 t·m

4. Qurilish-montaj ishlari sifatini nazorat qilish

GES qurilishida sifat nazorati O‘zbekiston Respublikasining shahar-qurilish normalari va qoidalari (ShNQ), davlat standartlari (O‘z DSt, GOST) hamda loyiha hujjatlarida keltirilgan texnik talablar asosida yuritiladi. Gidrotexnik inshootlarning yuqori mas'uliyat toifasiga (I daraja) mansubligi sababli, ularga nisbatan qo‘shimcha, kuchaytirilgan talablar qo‘yiladi. Ish davomida sifat nazorati tizimi to‘rtta bosqichga bo‘lib tahlil qilindi: kirish nazorati – qurilish maydoniga kelib tushayotgan materiallar va buyumlarning me'yoriy talablarga muvofiqligini tekshirish; operatsion nazorat – har bir texnologik operatsiya jarayonida bevosita ishlab chiqarish ustidan nazorat; qabul nazorati – bajarilgan ish turlari va tugallangan inshoot qismlarini qabul qilish; yakuniy qabul – davlat qabul komissiyasi tomonidan stansiyani majmuaviy sinovdan o‘tkazib, foydalanishga topshirish.

Beton bloklarining ichki zichligi, mustahkamligi va yoriqsizligi buzg‘unchisiz nazorat usullari – ultratovush diagnostikasi, sklerometriya, rentgenografiya – orqali tekshiriladi (7-rasm).



7-rasm. Raqamli ultratovush qurilmasi yordamida monolit beton bloklarining buzg‘unchisiz sifat nazorati (NDT) va ichki mikrog‘ovakliklarni diagnostika qilish

7-rasm. Raqamli ultratovush qurilmasi yordamida monolit beton bloklarining buzg‘unchisiz sifat nazorati (NDT) va ichki mikrog‘ovakliklarni aniqlash.

To‘g‘on tanasi va poydevoriga o‘rnatilgan nazorat-o‘lchov asboblari (N O‘A / KIA – piezometrlar, tenzometrlar, inklinometrlar, geodezik GPS markalari) inshoot xavfsizligini Sanoat 4.0 va IoT datchiklari yordamida 24/7 rejimida real vaqtda kuzatib boradi.

Beton mustahkamligini nazorat qilish standart kub namunalarni (150×150×150 mm) presslash orqali sinash yo‘li bilan amalga oshiriladi, namunalar odatda 28 kunlik muddatda laboratoriya press mashinasida sinaladi. Bir partiya betondan olingan 6 ta namunaning siqilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari (34,2; 35,8; 33,5; 36,1; 34,9; 35,0 MPa) statistik tahlil qilinganda, o‘rtacha mustahkamlik Ro‘rt ≈ 34,92 MPa, standart og‘ish S ≈ 0,92 MPa, o‘zgaruvchanlik koeffitsienti V ≈ 2,6% ekanligi aniqlandi (3-jadval).

3-jadval

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

Beton mustahkamligini statistik nazorat qilish natijalari

Ko‘rsatkich	Qiymati
Namunalar soni, n	6
O‘rtacha mustahkamlik, $R_{o‘rt}$ (MPa)	34,92
Standart og‘ish, S (MPa)	0,92
O‘zgaruvchanlik koeffitsienti, V (%)	2,6
Loyiha bo‘yicha talab (B25 sinf), $R_{o‘rt}$ (MPa)	≈32,7

Olingan natija ($R_{o‘rt}$ = 34,92 MPa) loyihada nazarda tutilgan B25 beton klassi talabidan (≈32,7 MPa) yuqori bo‘lib, o‘zgaruvchanlik koeffitsientining me'yoriy chegaradan (V ≤ 13,5%) ancha past chiqishi partiya sifatining barqarorligidan va qo‘yilgan talablarga to‘la javob berishidan dalolat beradi. Qurilish davomida hamda foydalanish jarayonida to‘g‘on va boshqa yirik inshootlarning cho‘kishi, siljishi va egilishini nazorat qilish uchun geodezik reperlar, deformatsion markalar va elektron taxeometrlar qo‘llaniladi, olingan o‘lchov natijalari loyihada ko‘rsatilgan ruxsat etilgan chegaraviy qiymatlar bilan doimiy tarzda solishtirib boriladi. Zamonaviy GESlarda to‘g‘on tanasiga o‘rnatilgan kontrol-o‘lchov asboblari (piezometrlar, deformometrlar, harorat va bosim datchiklari) yordamida inshootning texnik holati avtomatlashtirilgan tizim orqali real vaqt rejimida kuzatiladi – bu esa ISO 9001 talablariga muvofiqlashtirilgan sifat menejmenti tizimining ajralmas qismidir.

Haqiqatda faoliyat yuritayotgan yirik GESlarning qiyosiy texnik-iqtisodiy tahlili

4-jadval

Jahon va O‘zbekiston miqyosidagi yirik GESlar qurilishida qo‘llanilgan muhandislik yechimlari hamda kompleks mexanizatsiyalash parametrlari

GES nomi va joylashuvi	To‘g‘on turi va balandligi	Beton / tosh hajmi	Daryoni to‘sish va suvni chetlatish usuli	Sifat nazorati va monitoring texnologiyasi
Sanxia / Uch Darvoza (Xitoy, Yantszi)	Gravitatsion beton, H = 181 m	27,2 mln m³ beton	3 bosqichli o‘zan to‘sish, aylanma kanal va shlyuzlar	18 ta kabel krani, 15 000 N O‘A datchigi, BIM-5D
Nurek GES (Tojikiston, Vahsh)	Tosh-tuproq, H = 300 m	58 mln m³ tosh/grunt	3 ta D=12 m tunnel orqali suvni chetlatish, pioner usuli	200 m sementatsiya pardasi, 85 ming t sement haydash
Chorvoq GES (O‘zbekiston, Chirchiq)	Tosh-tuproq, H = 168 m	19,5 mln m³ tosh/grunt	2 ta D=11 m gidrotexnik tunnel (1600 m³/s toshqin)	25 m allyuvial grunt qazish, piezometrik monitoring
Sayano-Shushenskaya (Rossiya, Yenisey)	Arka-gravitatsion, H = 242 m	9,1 mln m³ beton	Qoya darada o‘zan to‘sish, sovitilgan betonlash	11 000 ta N O‘A datchigi, otklonometriya, NDT sinovlari
Farhod GES (O‘zbekiston, Sirdaryo)	O‘zanli beton va to‘g‘on, H = 27,5 m	1,8 mln m³ beton	Navbatma-navbat o‘zan to‘sish va derivatsiya kanali	SCADA/PLC avtomatlashtirish, ultratovush diagnostikasi

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.27

Xulosa. O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, gidroelektr stansiyalarini qurish yuqori texnologik va tashkiliy murakkablikka ega jarayon bo‘lib, uni muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun aniq rejalashtirilgan tashkiliy bosqichlar, ilg‘or mexanizatsiya vositalari va qat'iy sifat nazorati tizimi o‘zaro uzviy bog‘liqlikda qo‘llanilishi lozim. Tarmoq rejalashtirish usuli qurilish muddatlarini optimallashtirish va kritik yo‘ldagi ishlarni ajratib ko‘rsatish imkonini bersa, mexanizatsiya jarayonlarini analitik hisob-kitoblar bilan asoslash resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlaydi. Beton sifatini statistik baholash hamda geodezik-avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini qo‘llash esa gidrotexnik inshootlarning ishonchliligi va uzoq muddatli xavfsiz ekspluatatsiyasini ta'minlashning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Maqolada keltirilgan tahlil va hisob-kitob namunalari GES qurilishi jarayonlarini miqdoriy baholash va boshqarish uchun amaliy asos bo‘lib xizmat qilishi, shuningdek ushbu sohada – xususan, raqamli texnologiyalar (BIM, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari) asosida GES qurilishini boshqarishni takomillashtirishga qaratilgan keyingi tadqiqotlar uchun zamin bo‘lishi mumkin.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. ShNQ 3.01.01-22, GOST 10180-2012, GOST 18105, GOST 22690 – beton mustahkamligini nazorat qilish standartlari.
2. Miraxmedov va boshq., "Qurilishni tashkil etish va rejalashtirish" (TTYMI, NFQI, 2018)
3. Miraxmedov, "Qurilish infrastrukturasi va ishlarini tashkil etish" (Sano-standart, 2019, 584 b.)
4. Bakiev, Nosirov, Xo‘jaqulov, "Gidrotexnika inshootlari" (Bilim, 2004)
5. Bakiev va boshq., "Gidrotexnika inshootlari" 2-jild (Iktisod-Moliya, 2009/2015)
6. Inamov, Lapasov, Xikmatullayev, "Injenerlik geodeziyasi" (2017)
7. Akramov X.A. Qurilish materiallari va buyumlari texnologiyasining issiqlik texnikasi: Darslik. – Toshkent: Tafakkur, 2011. – 340 b.
8. Sanginov A.S. va boshqalar. Gidrotexnika inshootlari va GESlar qurilishi texnologiyasi: OTM darsligi. – Toshkent: O‘zbekiston, 2021. – 412 b.
9. Kursiv Uzbekistan. Jahon standartlariga integratsiyalash: O‘zbekiston oliy ta'lim muassasalarida o‘quv dasturlarini yangilash islohotlari. – Toshkent, 2025.
10. ГОСТ Р 55260.1.8-2013. Гидроэлектростанции. Часть 1-8. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие правила организации строительного производства при возведении. – М.: Стандартинформ, 2015.
11. ГОСТ Р 55260.1.7-2013. Гидроэлектростанции. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования к ремонту и техническому обслуживанию. – М.: Стандартинформ, 2015.
12. Вольская О.И. Гидротехническое строительство и организация работ по гидроузлу. – Воронеж: ВГАСУ, 2018. – 128 с.