

DOI: 10.12737/article\_5a27cb81293fd2.58844576

Алексанин А.В., канд. техн. наук, доц.,  
Воронов Д.А., студент

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЕЙ И ОРГАНИЗАЦИЕЙ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НИЖНЕ-БУРЕЙСКОЙ ГЭС

aleks08007@mail.ru

Статья посвящена обзору организации и технологии производства работ при строительстве железобетонных наклонных блоков на Нижне-Бурейской гидроэлектростанции. Для наглядного представления некоторых основных производственных процессов в тексте статьи содержатся фотографии с их описанием. Гидротехнические сооружения относятся к категории сложных и особо опасных объектов, строительство которых требует четкого соблюдения организации и технологии выполнения работ. В статье рассматриваются процессы очистки поверхности скалы от грязекаменной массы, работы по установке опалубки, армированию и бетонированию блоков, а также мероприятия по уходу за бетоном, представлена информация об основных функциях лаборатории строительного контроля на стройплощадке. Авторы статьи выделяют специфические технологические приемы производства работ, а также указывают на положительные и отрицательные моменты, выявленные при наблюдении за строительством.

**Ключевые слова:** строительство, технологические процессы, организация строительства, бетонные работы, ГЭС.

**Введение.** За время своего существования человечеством создано огромное количество зданий и сооружений различного архитектурного облика, конструктивного типа, а также технологического назначения. Отдельного внимания заслуживают объекты, относящиеся к категории технически сложных и особо опасных, например, объекты использования атомной энергии, космической инфраструктуры, сооружения связи, метрополитены, гидротехнические сооружения и т.п. [1, 2]. Строительство таких объектов представляет собой интересный и многогранный процесс [3–8], участником которого стал один из авторов статьи, который в составе студенческого отряда участвовал в возведении железобетонных наклонных блоков на Нижне-Бурейской гидроэлектростанции.

Географически Нижне-Бурейская ГЭС располагается на дальнем востоке России на реке Бурей у посёлка Новобурейский Бурейского района Амурской области. Входит в Бурейский каскад ГЭС, являясь контррегулятором крупной Бурейской ГЭС [9].

**Основная часть.** Средняя часть ГЭС относительно ее длины состоит из блока агрегатов с генераторами (изображены справа на фото рис. 1 и на рис. 2), через которые проходит основной поток воды, и наклонной плоскости (слева на фото рис.1), куда поток воды попадает после прохождения через гидроагрегаты. На фотографии рис. 1 показана уже залитая верхняя часть наклонной плоскости и еще не залитые нижние блоки с очищенным скальным основанием. На не-

залитых участках установлена съемная деревянная опалубка, смонтированы арматурные каркасы, подведены все необходимые инженерные коммуникации для обеспечения бетонирования блоков.

Технологический процесс возведения наклонных блоков (плоскостей) на строительной площадке состоял из следующих видов работ:

- установка опалубки;
- армирование блоков;
- бетонирование блоков;
- уход за бетоном.

Процессу возведения бетонных блоков предшествовали работы по очистке скального грунта от грязекаменной массы, которая образовалась при взрывных работах на начальном этапе строительства ГЭС, а также от строительного мусора, появившегося из-за нерациональной организации строительных работ. Нерациональность заключалась в том, что отходы строительных материалов (куски арматуры, полиэтиленовая пленка, куски утеплителя, доски, провода, цементное молочко и т.д.) сбрасывались с верхнего уровня на нижний уровень, что приводило к увеличению сроков его очистки и неэффективному использованию рабочего времени. Организации управления строительными отходами на строительной площадке следует уделять повышенное внимание [10–12].

Очистка скального основания проводилась в два этапа. На первом этапе рабочие путем грубой обработки убирали основную массу земли и куски разорвавшейся скалы (рис. 3 и рис. 4). В качестве инструментов использовались лопаты,

кирки, мастерки, перфораторы и отбойники. К местам производства работ с помощью крана подавалась большая бадья, в которую сбрасывалась грязекаменная масса. Процесс перемещения

наполненной бадьи краном проходил под руководством бригадира, находящегося на постоянной радиосвязи с крановщиком.



Рис. 1. Наклонная плоскость ГЭС



Рис. 2. Проходные отверстия блока агрегатов с генераторами

На втором этапе скалу очищали мощным потоком воды из трансбоя, который вымывал мельчайшие частички грунта из скальных трещин. Последний этап проводился по требованиям ла-

боратории, которая выдавала разрешения на бетонирование того или иного блока. Без одобрения лаборатории работы по бетонированию не начинались.



Рис. 3. Неочищенная скала от грязекаменной массы. Средняя часть наклонной плоскости

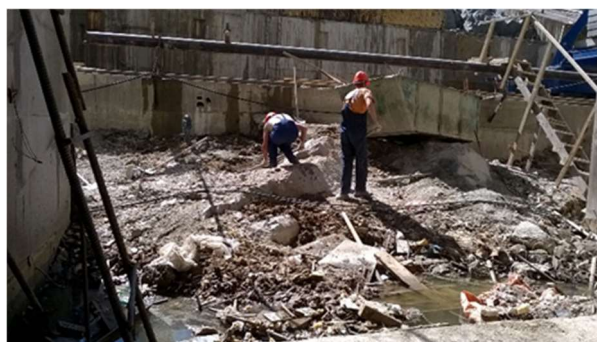


Рис. 4. Неочищенная скала от грязекаменной массы и строительного мусора. Нижняя часть наклонной плоскости прямо над верхним уровнем

Одними из основных функций лаборатории на стройплощадке являлись:

1. Приемка и проверка бетонной смеси, привезённой на строительную площадку. Осуществлялся контроль осадки конуса, плотности, температуры и состава бетонной смеси, проверялся класс бетона, путем испытания кубических образцов размеров 10×10 см (15×15 см) и цилиндров радиусом 10 см и 15 см под прессом. Кроме этого определялась марка по морозостойкости,

образцы испытывались на воздействия различных агрессивных сред.

2. Приемка объемов, подготовленных к бетонированию конструкций, одобрение начала производства работ по заливке бетона. Главная задача строителей перед бетонированием заключалась в создании чистой поверхности скального основания для улучшения адгезионной способности.



Рис. 5. Установленная опалубка на заключительном этапе очистки скалы

После получения от лаборатории разрешения на заливку бетона начинались работы по установке опалубки (рис. 5). Трудность монтажа съемной деревянной опалубки заключалась в том, что было сложно повторить контур поверхности скалы и обеспечить плотное примыкание торцевой части досок к скале. Заливаемый блок ограждали опалубкой с трех сторон, роль четвертой стороны в качестве ограждения выполнял предыдущий залитый блок с арматурными выпусками (рис. 6.). На рис.6 показано, как скреплялись доски между собой – деревянными брусками, в которых просверливались отверстия для анкерных стержней. Анкерные стержни использовались длиной около 0,5 метра круглого гладкого сечения диаметром 10–15 мм с резьбой на одном конце. С помощью таких стержней доски с брусками соединялись в единую опалубку, причем резьбовая часть была нужна для стягивания их гайками, а остальная большая часть стержней оставлялась специально внутри блока. К ним в дальнейшем приваривались арматурные стержни основного металлического каркаса. В некоторых случаях нижний шов соприкосновения опалубки и скалы заполнялся монтажной пеной для герметизации.

Следующим этапом были арматурные работы. На рис. 7 показан процесс работы сварщика и рабочих по возведению арматурного каркаса. Каркас представлял собой стальной куст, в котором были несущие вертикальные стержни гладкого профиля диаметром 20–25 мм и более тонкие стержни, диагонально приваренные одним концом в нижней точке за несущие стержни, а другим концом в верхней точке за анкерные стержни, выходящие из опалубки. Несущие стержни с помощью сварки крепились к выпускам таких же стержней из нижнего залитого блока (на рис. 7 в левом нижнем углу фотографии видны такие выпуски), либо вбуривались в скалу. Затем в верхней части блока параллельно наклонной плоскости устанавливалась сетка ячейкой 20×20 см из арматурных стержней диаметром 30



Рис. 6. Участок наклонной плоскости, подготовленный к бетонированию, а также забетонированный предыдущий блок с арматурными выпусками

мм периодического профиля. Соединение стержней сетки осуществлялось с помощью вязальной проволоки. Вязка производилась крючком. Длина стержней в каждом направлении была равна длине и ширине наклонной плоскости блока. Сварка основной части соединений сетки запрещалась, чтобы не допустить потери прочности арматуры.



Рис. 7. Армирование бетонного блока. Подготовленный ряд блоков для заливки их бетоном

Роль несущих стоек арматурного каркаса частично выполняли соединительные трубы (рис. 8 и рис. 9). Трубы устанавливали внутрь блока и распределяли равномерно по всему объему. Их оставляли полыми до окончания набора прочности бетона в блоке. Истинное предназначение соединительных труб состояло в том, чтобы обеспечить надежное соединение уже замоноличенного железобетонного блока со скальным основанием, на котором этот блок залит. Процесс соединения блока со скалой представлял собой установку на наклонную плоскость буровой машины, которая, погрузив свой бур в соединительную трубу до упора в скальное основание, начинала процесс бурения скалы до определенного уровня (рис. 9). Бурение начиналось после полного набора прочности бетоном в замоноличенном блоке. Работы по бурению сопровождались высоким уровнем шума. Бурение одной «лунки» занимало от 3 до 5 дней. Далее в пробуренную скважину заливали так называемый «железняк» – смесь цемента с водой. Застывший раствор в скважинах должен обеспечивать надежное



соединение железобетонного блока со скалой.

После установки опалубки и монтажа арматурного каркаса на стройплощадку завозили бетонную смесь. Для заливки одного блока требовалось, примерно, от 60 до 80 м<sup>3</sup> бетона в зависимости от размера блока. По мере доставки бетонной смеси начинался процесс сбора магистрали трубопровода для ее подачи. Доставленная бетонная смесь из автобетоносмесителя подавалась в бетононасосную машину, из которой по трубопроводу перемещалась в блок (рис. 9). Точка



Рис. 8. Бетонирование блока. Процесс создания ровной поверхности

Для создания гладкой поверхности требовалась негустая консистенция бетонной смеси, учитывая быстрое время ее схватывания и возможные задержки поставок. Иногда случалось, что бетонную смесь привозили слишком густой, и поверхность получалась неровной. Работу такого качества сотрудники лаборатории не принимали и требовали снять слой уже застывшего бетона толщиной 20 см. Демонтажные работы проводились около двух недель с использованием отбойников, перфораторов и трансбоев.

Заключительный этап возведения наклонных блоков представлял собой уход за бетоном согласно технологии, так как работы проводились в жаркое летнее время [13–15]. Каждый час блоки поливались водой из трансбоя для предотвращения появления трещин на поверхности конструкции. Для увеличения времени нахождения во влажном состоянии бетона поверхность наклонной плоскости покрывали мешковиной и увлажняли. В результате возведенная железобетонная конструкция получилась хорошего качества согласно всем требованиям.

**Выводы.** По итогам производства работ можно сделать следующие выводы:

- процесс возведения железобетонных блоков гидроэлектростанции оказался интересным и полезным практическим опытом для студентов строительного отряда;

- кроме получения навыков общей технологии производства бетонных работ, студенты стали свидетелями примеров интересных и нестандартных технических решений;

установки автобетоносмесителя и бетононасосной машины была выбрана выше наклонной плоскости. По команде бригадира бетонная смесь подавалась в блок партиями по 1–2 м<sup>3</sup>. В блоке двое рабочих вибрировали бетонную смесь с помощью глубинных высокочастотных вибраторов с радиусом действия 1 – 1,5 м и глубиной опускания 50–60 см. На рис.8. поверх арматурной сетки видны четыре временные направляющие трубы, по которым рабочие создавали ровные поверхности, перемещаясь с рейкой от нижней части блока к верхней.



Рис. 9. Бетонирование блока. Трубопровод подачи бетонной смеси. Бурильная установка

- работы по очистке скалы от строительного мусора можно было бы организовать более рационально, тем самым сократив срок выполнения работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ [Электронный ресурс] // Правовой сайт «КонсультантПлюс». Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/) (дата обращения 18.02.2017)
2. СТО 17330282.27.140.002-2008. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования. // Информационная система Меганорм. Режим доступа: <http://mega-norm.ru/Data2/0/4294821/4294821851.htm> (дата обращения 18.02.2017)
3. Сборщиков С.Б., Герасимчук И.В., Введенский Р.Е. Обзор особенностей конструктивных и организационно-технических решений строительства гидротехнических сооружений в г. Певеке // Научное обозрение. 2016. № 11. С. 57–60.
4. Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Лейбман Д.М. Особенности инжиниринговой схемы управления строительством технически сложных объектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 79–83.
5. Christiane Zarfl, Alexander E. Lumsdon, Jürgen Berlekamp, Laura Tydecks, Klement Tockner.

A global boom in hydropower dam construction // Aquatic Sciences. 2015. Vol.77. Pp. 161–170.

6. Svetlana Stevovic, Zorica Milovanovic, Milan Stamatovic. Sustainable model of hydro power development - Drina river case study // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. Vol. 50. Pp. 363-373.

7. Асарин А.Е., Радченко В.Г. Строительство малых ГЭС в КНР // Гидротехническое строительство. 2005. № 4. С. 44–45.

8. Николаева Н.А., Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Влияние строительства каскада ГЭС на реке Тимптон на изменение окружающей среды // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 3. С. 42–46.

9. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 18.02.2017)

10. Алексанин А.В. Перспективные направления развития организации строительства // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 378–381.

11. Алексанин А.В. Организационные возможности снижения вредного воздействия на окружающую среду в строительной сфере // Научное обозрение. 2016. № 13. С. 258–262.

12. Алексанин А.В., Сборщиков С.Б. Перспективные направления исследований по повышению эффективности управления строительными отходами // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. 84–86.

13. Дмитриенко В.А., Дюба Э.А. Влияние температуры твердения бетона на надежность конструкций // Электронный научный журнал. 2016. № 9 (12). С. 107–111.

14. Головченко И.В. Выбор рациональных способов приготовления, доставки и подачи бетонной смеси в условиях повышенных температур наружного воздуха // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016. Т. 2. № 4. С. 37–41.

15. Ризаев Б.Ш., Мавлонов Р.А., Нуманова С.Э. Деформации усадки и ползучести бетона в условиях сухого жаркого климата // Символ науки. 2016. № 5-2 (17). С. 95–97.

#### Информация об авторах

**Алексанин Александр Вячеславович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации и управления строительством.

E-mail: [aleks08007@mail.ru](mailto:aleks08007@mail.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

**Воронов Дмитрий Александрович**, студент.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

*Поступила в сентябре 2017 г.*

© Алексанин А.В., Воронов Д.А., 2017

**Aleksanin A.V., Voronov D.A.**

### OVERVIEW OF THE TECHNOLOGIES AND ORGANIZATION OF ESTABLISHMENT OF ELEMENTS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF THE NIZHNE-BUREYSKAYA HPP

*The article is devoted to the review of the organization and technology of production of works in the construction of reinforced concrete sloping blocks at the Nizhne-Bureyskaya hydroelectric power station. To illustrate some of the main production processes, the text of the article contains photographs describing them. Hydraulic engineering structures belong to the category of complex and especially dangerous objects, the construction of which requires strict observance of the organization and technology of work performance. The article deals with the processes of cleaning the rock surface from the mud mass, work on the installation of formwork, reinforcement and concreting of blocks, as well as measures for the care of concrete, provides information on the main functions of the construction control laboratory at the construction site. The authors of the article highlight specific technological methods of production, and also point to the positive and negative points revealed in the supervision of construction.*

**Keywords:** construction, technological processes, construction organization, concrete work, hydroelectric power station.

*Information about the authors*

**Aleksanin Aleksandr Vyacheslavovich**, PhD, Assistant professor.

E-mail: [aleks08007@mail.ru](mailto:aleks08007@mail.ru)

Federal state budget educational institution of higher education «Moscow state university of civil engineering (national research university)»

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26

**Voronov Dmitriy Aleksandrovich**, Bachelor student.

Federal state budget educational institution of higher education «Moscow state university of civil engineering (national research university)»

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26

---

*Received in September 2017*

© Aleksanin A.V., Voronov D.A., 2017