

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ ПЕРЕНОСНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ ГИДРОТУРБИН

Дуйшеев Темиркалый, младший научный сотрудник, институт физики им. акад. Ж.Жеенбаева, НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: polly89.89@mail.ru

Ниязов Нурпазыл Тажипбаевич, старший научный сотрудник, институт физики им. акад. Ж.Жеенбаева, НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: niazovnt@mail.ru

Джаманкызов Насипбек Курманалиевич, д.ф.-м.н., зав.лабораторией энергосберегающих технологий, институт физики им. акад. Ж.Жеенбаева, НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: nasip49@mail.ru

Асанов Арстан Аблесович, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, институт физики им. акад. Ж.Жеенбаева, НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: asanov52@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются новые конструкции переносных станков для ремонтных работ, позволяющих обтачивать цилиндрические поверхности рабочего колеса современных гидротурбин и генераторов без проведения демонтажных работ на борту генерирующих энергию станций. Основной целью данной работы является разработка и создание переносных станков для оперативного или текущего ремонта цилиндрических деталей микро- и мини- электрических станций. По результатам исследования и поиска путей решения созданы уникальные станки и все они опробованы при расточке и шлифовке шейки турбинного и генераторного вала на объектах каскада Аламединских ГЭС, ОАО «Чакан ГЭС».

Ключевые слова: ротор, рабочее колесо, генераторный вал, переносной станок, проточка, обод, расточка.

EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND CREATION OF PORTABLE MACHINES FOR THE REPAIR OF PARTS OF HYDRAULIC TURBINES

Temirkaliy Duisheev, Junior Researcher, Institute of Physics named after academician J.Zheenbaeva, NAS KR, Bishkek, Kyrgyz Republic, e-mail: polly89.89@mail.ru

Niyazov Nurpazyl Tazhibaevich, Senior Researcher, Institute of Physics named after J. Zheenbaev, NAS KR, Bishkek, Kyrgyz Republic, e-mail: niazovnt@mail.ru

Jamankyzov Nasipbek Kurmanalievich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Energy Saving Technologies Laboratory, Institute of Physics named after J. Zheenbaeva, NAS KR,

Bishkek, Kyrgyz Republic, e-mail: nasip49@mail.ru.

Asanov Arstan Ablesovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Physics named after J. Zheenbayeva, NAS KR, Bishkek, Kyrgyz Republic, e-mail: asanov52@mail.ru

Annotation. The article discusses new constructions of portable machine tools for repair work, which allow to grind the cylindrical surfaces of the impeller of modern hydroturbines and generators without dismantling work on board the power generating stations. The main objective of this work is the development and creation of portable machines for the operational or maintenance of cylindrical parts of micro and mini power plants. According to the results of the research and the search for solutions, unique machines were created and all of them were tested during the boring and grinding of the turbine and generator shaft necks at the facilities of the Alamedinsk hydroelectric station cascade, Chakan HPP OJS

Key words: rotor, impeller, generator shaft, portable machine, groove, rim, boring.

В Кыргызстане, богатой водными ресурсами, крупные и малые гидроэлектростанции (ГЭС) являются базовыми генерирующими источниками электроэнергии. Ремонтные работы, связанные с реконструкцией или восстановлением крупногабаритных узлов ротора генератора, тормозных дисков, рабочих колес, шейки турбинных и генераторных валов ГЭС, обуславливают необходимость применения переносных станков для механической обработки поверхностей вращающихся деталей. Как правило, в текущий момент такие виды работ выполняются в специализированных предприятиях, что предполагает проведение работ по демонтажу/монтажу крупногабаритных узлов и их перевозку на ремонтный завод, что связано большими финансовыми затратами. Серийно выпускаемые станки такого назначения отсутствуют. Поэтому, целью работы стала разработка и внедрение переносного станка универсального назначения для механической обработки крупногабаритных узлов и деталей основного оборудования ГЭС на месте без разборочно-сборочных работ.

Проанализирована техническая литература [1,2] по разработке и созданию таких станков. Проведенный анализ показал, что технические средства с аналогичным назначением до настоящего времени не разрабатывались. Современные способы размерной обработки (электрические, электрофизические и др.) не могут быть применены из-за неэкономичности (большой расход электролита и др. материальных и энергетических расходов на единицу объема обработки), поэтому единственно рациональным способом является механический способ обработки.

На основании изучения и анализа опыта разработки и создания аналогичного оборудования за рубежом выработаны требования, предъявляемые к их конструкции, они сводятся к следующему:

- разрабатываемое устройство должно быть переносного типа, легко монтируемое и переналаживаемое при необходимости, низкой конструктивной сложности, с небольшими весогабаритными данными по сравнению со стационарным станком, устройство должно обеспечить требуемую точность обработки поверхности детали;

- устройство должно быть универсальным, т.е. выполнять несколько видов механической обработки: фрезерование со сверлением, сверление с нарезанием резьбы, точение со шлифованием.

- главное движение режущего инструмента должно быть прямолинейным, возвратно-поступательным по образующим по поверхности обода, а подача по линии окружности (сама установка должна передвигаться механически).

- при разработке конструкции станка могут быть использованы некоторые кинематические и компоновочные схемы разрезных станков. Прямое применение отдельных готовых кинематических, силовых узлов и приводов в связи с большой металлоемкостью, габарита и ограниченной технической возможности не целесообразно.

- необходимо разработать новую конструкцию режущего инструмента на базе машинного ножовочного полотна с рабочей длиной 350-400 мм, с измененной геометрией режущей части или полотна с наплавкой твердого сплава. Нужно обеспечить одноточечное крепление режущего инструмента для обработки глухой щели до 1,5 мм с односторонним снятием слоя металла.

С учетом этих требований нами были спроектированы возможные варианты конструкции устройства для обточки рабочего колеса гидротурбины. Единой основой этих вариантов служит принципиальная схема конструкции универсального станка, и его компьютерная модель приведены на рис. 1.

Корпус станка выполнен в виде сварной рамы 1 и состоит из фланца 2, кольца 3, ребер жесткости 4, элементы центровки корпуса на конце обрабатываемого вала содержат цилиндр 5, охваченный подшипниками 6 и заточенного в нижней части под конус. Между фланцем и кольцом установлена колонна 7. Каретка 8 состоит из втулки 9, суппорта 10 с резцедержателем 11. Ходовой винт (шарико-винтовая пара) 12 продольной подачи каретки 8 установлен между фланцем 2 и кольцом 3. Привод вращения корпуса состоит из электродвигателя 13, редуктора 14 и шестерни 15, закрепленных на неподвижной опоре, зубчатого колеса 16, люнет для центровки корпуса на валу состоит из 4-х эксцентриковых подшипников 17, охватывающих обрабатываемый вал 18 (к конструкции не относится). Механизм автоматической продольной подачи состоит из звездочки 19 на ходовом валу 12 и подшипника 20, установленного на неподвижной опоре (не показан).

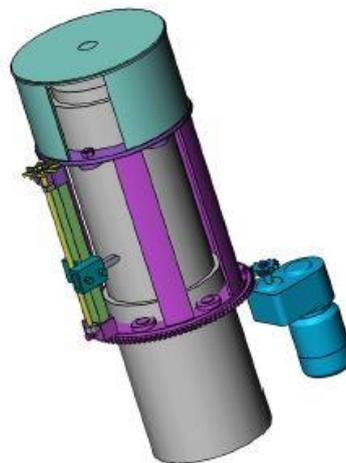
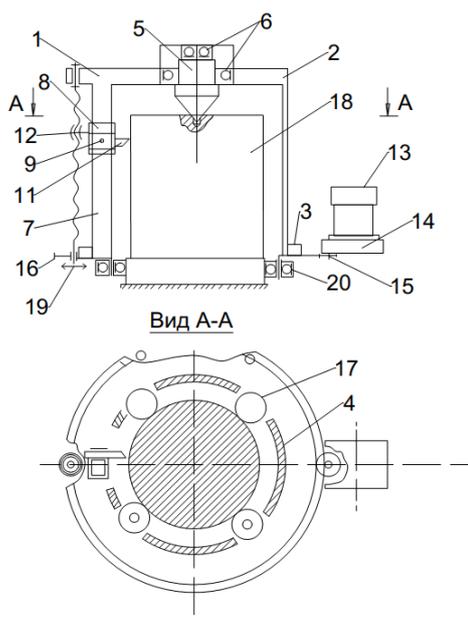


Рис. 1. 3D модель универсальной, переносного станка для мехобработки крупногабаритных узлов

Рис. 1. Принципиальная схема (а) и компьютерная модель (б) переносного станка

Универсальный переносной станок для расточки валов (рис.2) предназначен для расточки, шлифовки валов до диаметров: 300; 500; 1200 мм. Механическая обработка осуществляется вращающимся резцом. Применение этого станка не требует разборки агрегата; достаточно лишь демонтировать вкладыш или сальниковое устройство опорно-подшипникового узла.

Станок состоит из металлической сварной рамы, имеющей вертикальный разъем для сборки ее вокруг вала турбины. Рама имеет два фланца - верхний и нижний, соединенных между собой ребрами жесткости. На фланцах закреплено по 8 роликов из шариковых подшипников, которые катятся при работе станка по поверхности вала турбины. Ролики

перемещаются в радиальном направлении для осевой выверки рамы и прижимаются к валу без зазора.

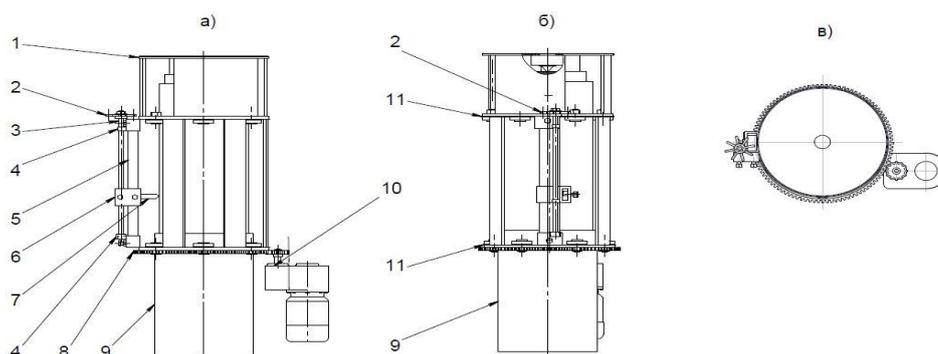


Рис. 2 Универсальный, переносной станок для мехобработки крупногабаритных узлов гидроэлектростанций

а - Вид спереди . б - Вид сбоку . в - Вид сверху .

- 1-Корпус упорного подшипника. 2-Звездочка механизма подачи. 3-Винт ходовой. 4-Втулка винтовая. 5-Направляющий.
6-Резцедержатель. 7-Резец. 8-Зубчатое колесо. 9-Вал генераторный. 10-Зубчатый редуктор со звездочкой
11-Опорно-регулирующие подшипники

Между фланцами рамы установлены две направляющие штанги, по которым скользят втулки каретки станка с суппортом; между штангами имеется ходовой винт служащей для вертикального перемещения суппорта. Суппорт имеет резцедержатель с резцом, который может перемещаться винтом поперечной подачи в радиальном направлении, чем обеспечивается необходимая глубина резания.

При вращении рамы резец протачивает вал. Вращается рама с помощью зубчатой пары – стальной шестерни и разъемного колеса. Шестерня закрепляется на специальной разъемной опоре, одновременно служащей для навески рамы станка. Основные технические данные и характеристики станка приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики станка

Наименование параметров	Данные
Набольшый диаметр обрабатываемого вала, мм	300
Наименьший диаметр обрабатываемого вала, мм	200
Наибольшая длина обрабатываемого вала, мм	300
Скорость резания, м/мин	23
Подача за один оборот станка, мм	0,25
Высота устанавливаемого резца, мм	25
Расстояние от оси центров до кромки резцедержателя, мм	45
Наибольшее усилие резания P_x , кН	0,5
Мощность электродвигателя, кВт	2,0
Частота вращения электродвигателя, мин	1000
Передаточное число редуктора $U_{ред}$	3,5
Передаточное число открытой зубчатой передачи, $U_{оз}$	10
Габаритные размеры, мм: ширина	1600
высота	920
Масса станка, кг не более	73

Выполнен анализ (кинетостатическая оценка механизма привода, оценка точности обработки, надежности и удобства в работе), а также практическое опробование некоторых узлов самой установки на реальном объекте, что позволило выбрать оптимальный вариант конструкции.

Вариант I. Установка с механизмом привода кулисного вида с одним направляющим ползуном и заднесмещенным центром тяжести с рожковой опорой. Положение установки относительно плоскости режущего инструмента и направление по окружности обеспечивает жесткая опора. Сила реакции от выталкивающей силы от инструмента принимает на себя жесткая опора с прямолинейным направляющим.

Устройство имеет усложненный механизм привода, что снижает надежность. Заднесмещенный (с задним расположением электродвигателя) ухудшает точность обработки и направление по целевой окружности. Прямолинейная направляющая с плавающим роликом ограничивает длину обработки в одной позиции. При этом входные кромки лопастей не позволяют удлинить направляющую, в этом заключается его недостаток.

Вариант II. Установка с механизмом привода кулисного вида с двумя направляющими ползунами и переднесмещенным центром тяжести с роликовой опорой и опорой скольжения. Положение установки относительно плоскости режущего инструмента и направление по окружности обеспечивает рычажно-телескопический узел. Реакция от выталкивающей силы инструмента компенсируется подвешенным на установку балластным грузом.

Такая установка, имея сдвоенный направляющий ползун, повышает стоимость изготовления. От опорных роликов, применяемых для первых двух вариантов, в работе отказались. Компенсация от силы реакции инструмента подвешиванием балластного груза, уменьшая точность обработки, сильно влияют на вертикальную установку ножа при работе.

Вариант III. Установка с кулисным механизмом с одним направляющим ползуном, переднесмещенным центром тяжести и с опорой скольжения. Положение установки относительно плоскости режущего инструмента и направление по окружности обеспечивает нажимной треугольник с телескопической тягой. Он также воспринимает силы реакции от инструмента. Станок лишен вышеперечисленных недостатков. Поэтому был выбран в качестве базового - третий вариант конструкции с небольшим конструктивным изменением. В результате выполненных работ были изготовлены опытные образцы переносных станков, общий вид которых приведен на рис. 3 и 4.



Рис. 3. Универсальный переносной станок для проточки и шлифовки шейки генераторного вала



Рис. 4. Универсальный переносной станок для проточки генераторного вала

Универсальный станок (рис. 3) предназначен для восстановления наружной поверхности обода цилиндрического рабочего колеса путем обточки без подъемно-демонтажных работ. После обточки восстанавливается требуемый зазор между камерой и наружной поверхностью обода без нарушения формы сечений, сечений лабиринта камеры.

Станок для расточки обода рабочего колеса гидротурбины (рис. 4) состоит из червячного редуктора РЧУ-80 через муфту типа МУВП, соединенного с электродвигателем 4А80В4УЗ кулисного механизма с направляющим ползуном со смешанным кривошипом. Все эти узлы смонтированы на общей раме. Рама опирается через регулируемые салазки на верхнюю кромку обода рабочего колеса. На нижний конец ползуна ввертывается винт узла крепления режущего инструмента. Узел крепления состоит из упрочненного кронштейна с приваренным к нему винтом. За счет резьбового соединения к ползуну узел имеет возможность поворачиваться относительно вертикальной оси ползуна, что улучшает копирование окружности щели камеры.

Установка в зависимости от высоты лабиринтной части камеры комплектуется двумя кривошипами с различными радиусами. Подача режущего инструмента по щелевой окружности камеры осуществляется с передвижением самой установки с помощью передачи винт-гайка. Он состоит из сферической гайки, шайбы, винта и конусообразного корпуса с пятой приваренными к камере.

Вертикальное положение установки плоскости режущего инструмента устанавливается нажимным треугольником с телескопической тягой. Данный узел также воспринимает силы реакции от режущего инструмента при движении вниз. Нажимной треугольник с помощью шаровой опоры крепится на входную поверхность с помощью винта и гайки, приваренных к лопасти.

Пуск, остановка и реверс электродвигателя привода осуществляется реверсивным магнитным пускателем, управляемым выносным пультом управления. К электрооборудованию также входит защитная аппаратура.

Известия КГТУ им. И.Раззакова 50/2019

Работа устройства осуществляется следующим образом. После пуска электродвигателя режущий инструмент при подъеме совершает рабочий ход, снимая металл толщиной 0,2 мм, соответствующей подаче на рабочий ход. Подача соответствует одной части полного оборота винта, движение вниз является холостым. Подача режущему инструменту производится при крайнем нижнем положении в конце холостого хода. Отвод стружки из зоны резания, охлаждения и смазка режущего инструмента производится смазочно-охлаждающей жидкостью, состоящей из масла и воды, через которые осуществляются три полных оборота винта в период холостого хода.

Основные технические характеристики станка сведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики станка для проточки генераторного вала

Параметры	Единица измерения	Значение
Высота обрабатываемого обода	мм	До 320
Число двойных ходов	мин	48
Ход рабочего колеса	мм	80,130
Подача	ручная	
Мощность электродвигателя	кВт	1,5
Масса	кг	34,5

Выводы

Таким образом, опыт эксплуатации станков показал, что предложенные универсальные станки переносного типа по качеству обработки, по заданной точности и чистоте поверхности обработки не уступает стационарным станкам. Внедрение таких универсальных станков принесет большой экономический эффект за счет резкого сокращения сроков ремонтных работ, материальных и энергетических затрат и людских ресурсов.

Литература

1. Проников А.С. «Расчет и конструирование металлорежущих инструментов». М. Высшая школа, 1987 г. 320 с.
2. Анурьев В.И. «Справочник конструктора-машиностроителя» том 1,2,3. М. «Машиностроение». 1982 г.