



М.Я. ТУЛЛЕР  
Заведующий отделом  
пространственных и легких  
конструкций № 3 ЦНИИПСК  
им. Н.П. Мельникова

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ СКУЛЬПТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ ВЕРЫ МУХИНОЙ «РАБОЧИЙ И КОЛХОЗНИЦА»

**ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ СКУЛЬПТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ ВЕРЫ МУХИНОЙ «РАБОЧИЙ И КОЛХОЗНИЦА» БЫЛИ НАЧАТЫ В ОТДЕЛЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И ЛЕГКИХ КОНСТРУКЦИЙ (ОПЛК-3) ЦНИИПСК ИМ. Н.П. МЕЛЬНИКОВА. ГЛАВНЫМ ИНЖЕНЕРОМ ПРОЕКТА И РУКОВОДИТЕЛЕМ РАБОТЫ БЫЛ НАЗНАЧЕН АВТОР СТАТЬИ.**

**П**ервая стадия «Проект» по разработке основных несущих и второстепенных каркасов скульптурной композиции была выполнена в соответствии с техническим заданием, выданным и утвержденным заказчиком (ООО «ПТМ БИОР», генеральный директор А.М. Карпенко) и руководителем авторского коллектива скульптором В.М. Церковниковым.

После этого финансирование проектных работ для разработки рабочей документации прекратилось почти на 2 года. За период отсутствия финансирования стадия «Проект» была рассмотрена на заседании Научно-технического совета ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова и получила одобрение, а ЦНИИПСК им. В.А. Кучеренко дал заключение по проекту с рекомендацией разработки его на стадии «Р». Стадия «Проект» по реставрации скульптурной композиции получила положительное заключение от Мосгосэкспертизы и была рекомендована для начала работ по восстановлению памятника.

При составлении технического задания и разработке несущего и второстепенных карка-

сов совместно с заказчиком было принято решение, что несущие элементы каркаса, доступ к которым при эксплуатации невозможен, необходимо разработать из нержавеющей стали. Были определены элементы, усилия в которых позволяли выполнить их из нержавеющей стали, имеющей пониженное расчетное сопротивление по сравнению с низколегированными высокопрочными сталями.

Из нержавеющей стали 12Х18Н10Т\*, которая имеет наибольший срок применения и апробирована во многих отраслях промышленности, были запроектированы серп и молот, руки и плечевые зоны рабочего и колхозницы, несущие элементы основного шарфа, а также шарф у правой ноги рабочего и все промежуточные каркасы для крепления обшивки из нержавеющей стали.

Основные несущие конструкции каркаса, в которых возникают значительные усилия (базы, ноги, основной ригель, оба торса) запроектированы из высокопрочных марок сталей С-390 и частично сталей С-345 — для каркаса юбки,

вспомогательных элементов и деталей баз.

В связи с тем, что нержавеющие стали не отражены в СНиП II-23-81\* «Стальные конструкции», заказчик ООО «ПТМ БИОР» заключил договор с ФГУП ВИАМ о разработке специальных технических условий по применению нержавеющих сталей и нержавеющих болтов для их соединения.

ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова как участник разработки привлек своих специалистов из отдела экспертизы металлов — заведующего отделом доктора технических наук В.М. Горлицкого и заместителя заведующего кандидата технических наук Д.П. Хромова, которые приняли активное участие в выборе марок сталей с указанием необходимых требований к ним, а в дальнейшем провели необходимые испытания по высокопрочным болтам и т.д.

Лаборатория коррозии и защиты металлоконструкций во главе с кандидатом химических наук Г.В. Оносовым разработала рекомендации по защите от коррозии несущих элементов каркаса из низколегированной стали, а также высо-





копрных болтов и мест стыковки элементов из низколегированной стали с элементами из нержавеющей стали на гарантированный срок службы не менее 100 лет. При сооружении каркаса лаборатория коррозии осуществляла жесткий авторский надзор за соблюдением этих рекомендаций.

Согласно исторической справке, переданной нам организацией «Спецпроектреставрация», скульптурная композиция «Рабочий и Колхозница» после установки на Международной выставке в Париже в 1937 г. претерпела ряд изменений в части каркаса и оболочки как в геометрии, так и в конструкциях и габаритах сечений. Непродуманный демонтаж конструкции и неблагоприятные условия перевозки из Парижа в Москву привели к тому, что значительная часть элементов каркаса и оболочки была повреждена, например левая рука колхозницы, правая рука рабочего, элементы конструкции шарфа и др.

При сборке, монтаже и возведении скульптурной композиции «Рабочий и Колхозница» на ВДНХ в 1939 г. поврежденные элементы каркаса и оболочки были заменены без корректировки чертежей 1936 г. За основной ориентир при разработке геометрической схемы каркаса и установке габаритов сечений элементов каркаса мы приняли чертежи 1936 г. и возведенные в 1939 г. конструкции, по которым имелись измерения.

Трехмерная модель геометрической схемы элементов каркаса и исправленная сетевая модель оболочки пространственной скульптурной композиции «Рабочий и Колхозница» переданы исполнителем, фирмой «ЮСТАС», 18 мая 2007 г. в виде файла AutoCAD и подтверждены письмом заказчика — ООО «ПТМ БИОР» от 21 мая 2007 г. как основное задание по геометрии скульптуры.

Недостаточно подробная сетевая модель оболочки скульптуры, большая разреженность сети, а местами и ее отсутствие (область шарфа с верхней и нижней стороны, юбка и т.д.), а также отсутствие реальных габаритов основного несущего каркаса выше ригеля значительно усложнили проектирование.

Мы ориентировались на чертежи 1936 г. с уточнениями, полученными на основании обмеров сечений некоторых элементов каркаса, выполненных сотрудниками ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко для отдельных фрагментов при демонтаже скульптурной композиции. Таким образом, в ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова была разработана геометрическая трехмерная модель основного каркаса скульптурной композиции, выполненная по наружным граням элементов всего каркаса, включая часть композиции, расположенную выше основного ригеля.

Эта модель легла в основу рабочего проектирования, причем значительный объем этой модели каркаса был выполнен с участием руководителя авторского коллектива не по заранее проведенным и переданным нам измерениям.

Рабочее проектирование было начато с этапа базовых разработок, требующих утверждения заказчика:

ПРОМЫШЛЕННАЯ ОКРАСКА  
INDUSTRIAL COATINGS

а) виртуальная трехмерная модель несущего каркаса, выполненная по наружным граням элементов каркаса скульптурной композиции;

б) проекции на главные координатные плоскости скульптурной композиции в целом;

в) геометрические схемы каркаса, шарфа колхозницы, верхних частей каркаса и юбки и т.д.;

г) выявленные геометрические невязки при установке проектируемого каркаса скульптурной композиции в сетчатую модель оболочки, в том числе сводная таблица выявленных геометрических невязок, их причины и меры по устранению, а также схемы расположения невязок на сетчатой модели оболочки.

В дальнейшем в процессе изготовления и сборки каркаса на основе разработанной ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова трехмерной

использовалась комбинированная расчетная модель, составленная из стержней и пластинчатых элементов.

Следует отметить, что расчет каркаса скульптуры при одинаковых нагрузках, расчетных сочетаниях и жесткостях показал очень близкие результаты в сопоставляемых элементах.

Основной объем работ по проектированию каркаса скульптуры осуществлял ОПЛК-3 в составе: М.Я. Туллер, заведующий отделом, руководитель работы и главный инженер проекта (руководство проектом); Г.К. Якунин, руководитель бригады (организация работы бригады по выполнению чертежей, разработка узлов и соединений, непосредственное исполнение чертежей); О.А. Мержан, главный специалист отдела, основной проверщик всех геометрических построений, расчетов, непосредственный исполнитель чертежей; Н.Ю. Симон, кандидат

Работа команды таких разноплановых высококвалифицированных специалистов в ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова позволила в срок и технически грамотно осуществить весь комплекс порученных институту работ по восстановлению скульптуры.

Были приняты следующие, основные технические решения. Скульптурная композиция «Рабочий и Колхозница» имеет очень сложную конфигурацию, что при высоте самой скульптуры 26 м и высоте постамента 34,5 м создало значительные сложности при изготовлении, транспортировке, сборке и монтаже ее на проектную отметку.

Элементы несущего каркаса скульптуры для упрощения монтажа были разбиты на 23 максимально возможных крупных (по условиям транспортировки и сборки) монтажных блока. Кроме этих крупногабаритных элементов основного



модели подтвердилось, что она близка к авторской идее Веры Мухиной. В результате обшивка скульптуры, выполняемая по этому каркасу, позволила сохранить первоначальный (по парижскому варианту) облик скульптуры, полностью соответствующий первоначальному замыслу, а не повторила частично искаженный облик скульптуры, выполненный в 1939 г.

В соответствии с техническим заданием заказчика, утвержденным Мосгосэкспертизой, коэффициент надежности по ответственности сооружения принят равным 2,0. В соответствии с этим все расчетные нагрузки и воздействия принялись увеличенными вдвое.

За основную расчетную модель принята пространственная стержневая модель, составленная из соответствующих коробчатых сечений.

В качестве дополнительной рабочей модели для анализа напряженного состояния в местах, не поддающихся точному представлению посредством стержневых конечных элементов (ригель, нижняя часть ног, области плеч и др.),

технических наук, главный специалист отдела, основной расчетчик по программе SCAD OFFICE (определение и сбор нагрузок, подбор сечений, расчет узлов и монтажных стыковых соединений); А.А. Фадеев, ведущий инженер отдела, разработчик геометрической трехмерной модели, принятой при проектировании, непосредственный разработчик и исполнитель многих элементов и узлов скульптуры, Т.М. Колосовская, инженер отдела, исполнитель основного объема чертежей проекта.

Заместитель директора института кандидат технических наук В.В. Евдокимов выполнил расчет на усталостную долговечность несущих элементов скульптурной композиции и подтвердил, что гарантированный срок службы несущего каркаса составляет более 100 лет. Всю необходимую нормативную базу по применению высокопрочных болтов, контроль исполнения стыковых соединений с их использованием осуществлял главный специалист ОГС В.М. Бабушкин.

несущего каркаса были изготовлены и смонтированы около 100 элементов второстепенных каркасов юбки, монтируемых на болтах и частично на сварке. Такое количество второстепенных элементов каркаса было обусловлено сверхсложной геометрией обшивки юбки.

В проекте предусмотрено заводское изготовление ног скульптурной композиции от низа плиты базы до стыка с основным ригелем. Эти монтажные марки укладываются в необходимые транспортные габариты.

Основные несущие элементы каркаса по предложению института выполнены из листов, сваренных в замкнутую коробку.

Применение сварных прямоугольных труб с диафрагмами внутри дает возможность качественно выполнить элементы из низколегированной высококачественной и высокопрочной стали, воспринимающих повышенные нагрузки, использование коробчатых элементов переменного сечения по их длине и создание сложной геометрической формы, сборка на высокопроч-

ных болтах обеспечили по требованию заказчика возможность сухой сборки несущего каркаса.

Коробчатые сечения по этим же соображениям приняты и для элементов из нержавеющей стали, тем более что прокатные сечения из нержавеющей стали требуемых параметров нашей промышленностью не выпускаются.

Для элементов несущего каркаса из нержавеющей стали там, где это допустимо по расчетным усилиям, применяются конструкции в виде пространственной решетчатой фермы переменного прямоугольного сечения.

Торсы рабочего и колхозницы для улучшения монтажа и эксплуатации скульптурной композиции выполнены решетчатыми из низколегированной стали.

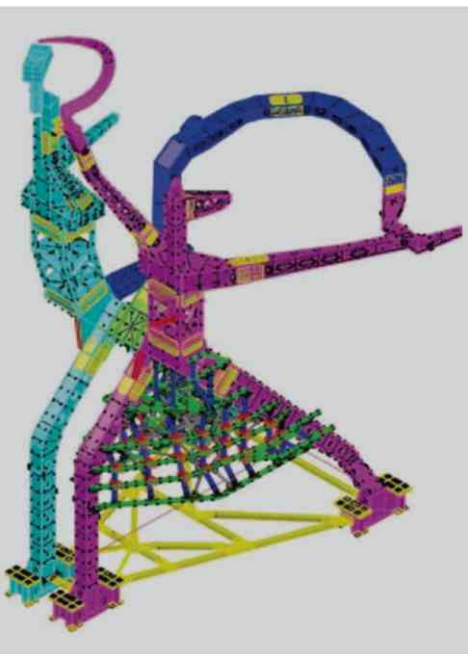
Элементы каркаса соединялись между собой высокопрочными болтами с фиксированной затяжкой на накладках. В боковых стенках коро-

обеспечения стока воды и вентиляции.

Для возможности точной установки опор скульптурной композиции с регулировкой на необходимую отметку были предусмотрены упорные планки с установкой их на рихтовочные гайки, расположенные под планками на анкерных болтах.

Это позволило до монтажа скульптуры выставить опоры точно по требуемым отметкам. Для этого анкерные болты были выполнены с резьбой доверху фундаментов для установки и рихтовки упорных гаек и планок. При монтаже это решение позволило установить всю скульптурную композицию на анкерную группу постамента в течение часа.

Для защиты от коррозии низколегированных сталей было предусмотрено нанесение на все поверхности комбинированного покрытия, включающего:



бок элементов каркаса фигур, а также в нижней грани сечения шарфа в необходимых местах выполнены большие овальные отверстия, предназначенные для установки высокопрочных болтов на стыках монтажных элементов. Эти отверстия служат для подачи болтов в стыках, а также для осмотра, вентиляции и т.д.

Для соединения низколегированной и нержавеющей сталей использовали специально обработанные высокопрочные болты. В стыках между низколегированной и нержавеющей сталью, а также в стыках из нержавеющей стали накладки по всему стыку выполняли из нержавеющей стали.

При коробчатом сечении несущего каркаса оболочку к нему можно было крепить в любом месте. Жесткость коробок обеспечивается установкой с требуемым шагом поперечных ребер внутри коробок, привариваемых через специальные окна в боковых стенках, впоследствии завариваемых. В ребрах предусмотрены отверстия в середине плоскости ребра и по углам для



## ОСНОВНЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ КАРКАСА, В КОТОРЫХ ВОЗНИКАЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ УСИЛИЯ (БАЗЫ, НОГИ, ОСНОВНОЙ РИГЕЛЬ, ОБА ТОРСА) ЗАПРОЕКТИРОВАНЫ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ С-390 И ЧАСТИЧНО СТАЛЕЙ С-345 – ДЛЯ КАРКАСА ЮБКИ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ДЕТАЛЕЙ БАЗ.

– газотермическое цинковое покрытие толщиной 40–50 мкм, наносимое электродуговым способом;

– газотермическое алюминиевое покрытие толщиной 160–200 мкм, наносимое электродуговым способом;

– лакокрасочное покрытие общей толщиной 120–140 мкм, включающее 1 слой грунтовки и 1 слой эмали.

По такой же технологии защищались стыковочные накладки из низколегированных сталей.

Высокопрочные болты из стали 40Х селективно применялись с термодиффузионными цинковыми покрытиями с проведением специальных мероприятий по обеспечению защиты их от коррозии, в том числе и от контактной.

Изготовление конструкций каркаса было поручено ЗАО «Энергомаш», г. Белгород (директор службы продаж К.К. Тетерин, руководитель проекта А.С. Тищенко, директор инженерного центра И.А. Тимофеев). Этот завод специализируется на изготовлении сложных конструктивных схем

сооружений из черных металлов и из нержавеющей стали. Завод имеет опыт проектирования и изготовления пространственных конструкций на стадии «КМД» на основе трехмерного твердотельного моделирования.

Завод полностью оправдал наши ожидания: конструкции были изготовлены в кратчайшие сроки. На заводе также была проведена поэлементная контрольная сборка, что в дальнейшем позволило собрать весь каркас без существенных переделок на монтаже.

Следует учесть, что в стыковых соединениях на высокопрочных болтах, рассчитываемых как фрикционно-срезные, разница между болтами диаметром 24 мм и отверстиями для них составляла 2 мм вместо обычно применяемых для фрикционных соединений 4 мм. При количестве в отдельных стыках более 300 болтов это зримый показатель возможностей завода по точности изготовления металлоконструкций.

При составлении технического задания на проектирование несущего каркаса заказчик предлагал на складе ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, где хранились 40 блоков разрезанной при разборке скульптуры, вставлять в эти блоки новый каркас и затем перевозить их на место установки со сборкой на высоте поэлементно, как это происходило в Париже. ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова предложил собрать всю скульптурную группу, включающую каркасы, и всю обшивку непосредственно у постамента во временном ангаре с последующим подъемом скульптуры на постамент мощным краном.

Монтаж каркаса и сборку элементов обшивки осуществляли ЗАО «Ассоциация «Сталькон» (генеральный директор В.Ю. Кулик) и ОАО «Стальмонтаж-оптим» (генеральный директор В.А. Истомин, зам. генерального директора В.Н. Королев, начальник участка В.А. Квашин, бригадир В.И. Максимов и др.).

Организации, осуществлявшие монтаж каркаса и сборку обшивки, – профессионалы высочайшего класса, что и было подтверждено при выполнении этой сложнейшей работы. Подъем предлагалось осуществлять со строповкой в трех точках: две точки – в головах рабочего и колхозницы, и третья точка – в шарфе колхозницы с учетом возможности строповки всей скульптуры весом около 160 т близко к центру тяжести. Предлагалось вначале собрать весь каркас, а затем к нему закрепить обшивку из крупноразмерных элементов. Это предложение было принято и осуществлено.

Установка скульптуры на постамент с помощью специального крана заняла не более 1 ч. Директивные сроки Правительства Москвы по установке скульптурной композиции, в том числе благодаря этому решению, были выполнены.

Тесное сотрудничество руководителя авторского коллектива, заказчика, генпродирядчика, проектировщиков, изготовителей и монтажников позволило качественно и своевременно воссоздать сложнейшее в художественном и в инженерном плане сооружение. ■