

Испытания показали:

График №2 – является эталонным. Все остальные показания были приняты в соответствии с ним.

Образец крестового соединения в процессе испытания показал работу в пределах нормы – 182 кН. В образцах с валиками были зафиксированы пониженные показатели, а именно – если при испытании контрольного образца разрушение было зафиксировано на отметке 180 кН. То образцы с наплавленными валиками разрушились при средней величине разрушающей нагрузки 132 кН ... 143 кН. Место разрыва испытываемых арматурных стержней определялось зоной высокой концентрации напряжения в конце флангового шва и разупрочнением металла в результате термического влияния сварочной дуги.

### **ВЫВОДЫ**

1. Данные испытания имитируют процесс разупрочнения арматурного проката класса А500С при воздействии тепла сварочной дуги при изготовлении несущих конструкций зданий и сооружений в монтажных условиях строительной площадки.

2. По результатам испытаний разупрочнение стержней арматуры составило в среднем 25 %, что составляет 4,5т (17,5 кг/мм<sup>2</sup>) дефицита несущей способности.

3. Для предотвращения процесса разупрочнения, сварные швы выполнять электродами малых диаметров, сварочное оборудование выставлять на малые токи.

4. При сварке мелкозернистых, улучшенных сталей, а также упрочненных термомеханическим способом, необходима соответствующая технология выполнения сварных соединений.

5. При изготовлении крестообразного соединения К1 – возможно применение ручной дуговой сварки. При этом необходимо жестко контролировать количество тепла вводимого в изделие (сварка на малых токах).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Перри К., Лисснер Г. Основы тензометрии. Изд-во ИЛ, 1957.
2. Финк К., Рорбах Х. Измерение напряжений и деформаций. Маш-гиз, 1961.
3. Высокотемпературные тензодатчики. Сб. статей. Изд-во «Мир», 1963.
4. Полупроводниковые тензодатчики. Сб. Изд. ОНТИПрибор, 1967.
5. ДСТУ 3760-2006 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия.
6. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций.
7. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций.
8. ГОСТ 14098-91 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкции.
9. Сварные стыки продольной арматуры класса А500С в каркасах сейсмостойких зданий и сооружений. Г.А. Ажермачев, Э.М.Меннанов, А.З.Абдурахманов. Сб. докладов «Вісник». Випуск 2009-4(78).

**УДК 929**

**Д.И. ЖУРАВСКИЙ – ИНЖЕНЕР, УЧЕНЫЙ, МОСТОСТРОИТЕЛЬ**

**Керимов А.Д., студент группы ПГС-203, Волосович О.В., профессор**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*  
Показан вклад в строительную науку Д.И. Журавского.

**Мостостроение, конструкции, расчеты, проектирование, изготовление, совершенствование.**

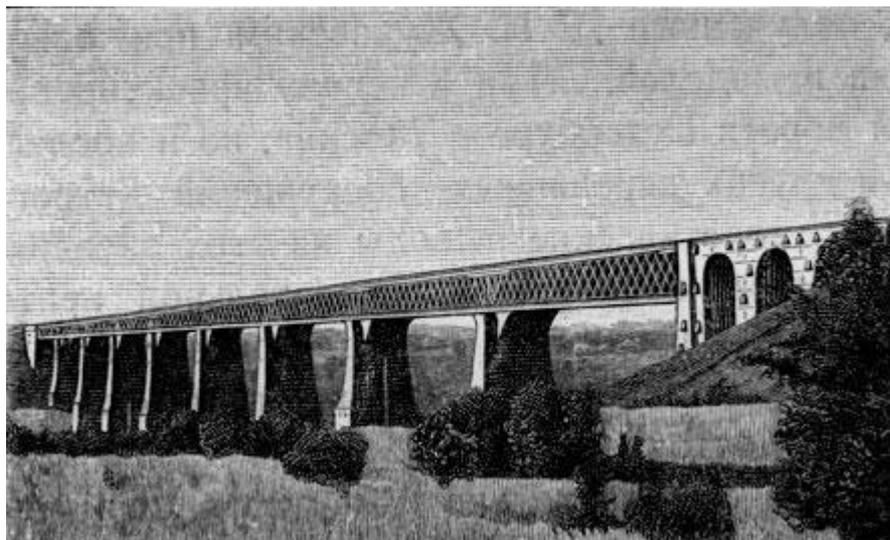


В 1842 г. правительство решило приступить к постройке железной дороги между Петербургом и Москвой. Для производства изысканий и сооружения дороги были образованы две дирекции: Северная - под управлением инженера Мельникова и Южная - под начальством инженера Крафта. В числе инженеров Северной дирекции был и молодой поручик Дмитрий Иванович Журавский, ставший впоследствии одним из основателей науки о сопротивлении материалов и конструкций. Д. И. Журавский родился 29 декабря 1821 года в селе Белом Курской губернии и первоначальное образование получил в Нежинской "гимназии высших наук" - Нежинском лицее. Эту гимназию он окончил в 1838 г. Особую склонность он проявил к математическим наукам. Эта склонность и славные имена академиком-математиков Остроградского и Буняковского, бывших тогда

профессорами Института корпуса инженеров путей сообщения, привлекли молодого Журавского по приезде в Петербург в этот институт. Это высшее учебное заведение давало уже в ту пору разностороннее математическое и инженерное образование. Д. И. Журавский блестяще окончил в 1842 г. институт с занесением на мраморную доску и немедленно же по окончании был назначен на изыскания железной дороги Петербург - Москва. Неутомимая деятельность, любовь к делу, хорошая инженерная подготовка выделили Д. И. Журавского из среды его товарищей. Ему было поручено составление проектов мостов, а затем он был назначен строителем одного из самых ответственных мостов - Веребьинского. Перед Д. И. Журавским стояла очень сложная и трудная задача. Он впервые начинал такое ответственное дело, как постройка в России большого числа крупных железнодорожных мостов буквально на пустом месте. В настоящее время к услугам мостостроителя имеются прекрасно разработанные способы определения сил, действующих на различные элементы моста при движении по нему поезда; он может выбирать наиболее подходящий материал: сталь, бетон, камень, дерево; свойства этих материалов, их прочность всесторонне исследованы в механических лабораториях. Ничего этого не было во времена Д. И. Журавского, уровень знаний по определению усилий в частях мостов, по проверке-прочности материала и соединений частей моста был настолько низок, что проектирование и постройка таких сооружений, как мосты железной дороги Петербург - Москва, требовали от инженера обширных самостоятельных научных исследований.

Д. И. Журавскому надо было не только ответить на вопросы: какую систему моста выбрать, из чего сделать мост, какие размеры придать его частям, как их соединить, как осуществить постройку моста, - но надо было впервые создать научные методы решения этих вопросов. Обилие в России леса, отсутствие железодельной промышленности, сходство условий местности и условий сооружения железных дорог в России и Америке позволяли применить для мостов ту же систему, получившую распространение в Америке, - систему Гау. Но и на родине этих мостов, в Америке, не было ясного представления о том, как следует проектировать эти сооружения. Они строились в значительной мере по шаблону. Строитель каждого нового моста выбирал размеры его частей, руководясь лишь опытом предыдущих построек. Перед Д. И. Журавским было два пути: путь шаблона и путь самостоятельного исследования. Он пошёл по второму. Американцы применяли крайне упрощённые приёмы определения размеров составных частей ферм. Не умея более или менее точно определить силы, действующие на составные части ферм при проходе

поезда по мосту, американские инженеры делали все раскосы и все тяжи каждой фермы одного и того же размера. Д. И. Журавский разработал способ определения сил, сжимающих или растягивающих при действии поезда каждый стержень фермы; он создал теорию расчёта сквозных ферм, которая потом развилась в обширную область строительной механики. Результаты расчёта сразу же привели Д. И. Журавского к мысли о необходимости видоизменения американских конструкций. Он показал, что тяжи и раскосы, ближайšie к середине пролёта, испытывают меньшие усилия, чем те же части, расположенные около опор; поэтому первой группе элементов можно было дать меньшие поперечные сечения. Эти заключения молодого инженера резко противоречили предложениям американского консультанта Уистлера, казались неправдоподобными и возбуждали недоверие. Д. И. Журавский решил прибегнуть к опыту. Он построил небольшую модель фермы Гау, в которой болты были заменены металлическими проволоками одинакового диаметра. Нагрузив модель и проводя смычком по этим проволокам, Д. И. Журавский обнаружил, что проволоки вблизи опор фермы давали более высокий тон и, следовательно, были натянуты сильнее. Опыт решительно подтвердил правильность его теоретических исследований. Вообще Д. И. Журавский относился с недоверием к тем положениям, которые получались путём одних выкладок, без параллельного освещения опытами, и всегда, где было возможно, сопровождал свои исследования экспериментами. Так, впоследствии, обдумывая выгодную систему моста через реку Оку, он предполагал применить соединение деревянной арки с решетчатой фермой. Желая проверить результаты расчёта, Д. И. Журавский подверг испытанию модель в 1/26 натуральной величины и получил довольно большие поправки к результатам расчёта. Возражая английскому учёному Кларку по вопросу о причинах разрушения стенки высоких металлических балок, он показал правильность своих соображений путём испытания специально изготовленной модели балки. Результаты экспериментальных исследований Д. И. Журавского привели его к выводу, что "вычисления, без контроля опыта, часто уходят в область фантазии". Решительно меняя конструкцию американских ферм, Д. И. Журавский пришёл к мысли о целесообразности устройства неразрезных деревянных ферм, т. е. ферм, перекрывающих несколько пролётов, не прерываясь над опорами. Для Веребьинского моста Д. И. Журавский решил проектировать неразрезную ферму о девяти пролётах по 25 1/2 сажень каждый. Это был едва ли не единственный пример применения мостовой неразрезной фермы о девяти пролётах.

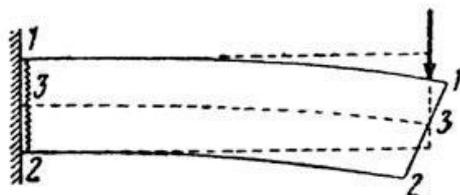


**Рис. 1. Веребьинский мост в первоначальном виде. Построен Д. И. Журавским**

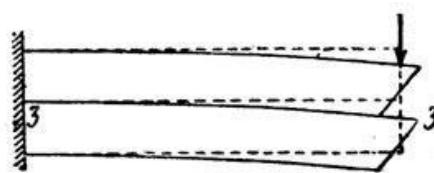
В то время были известны приёмы расчёта неразрезных балок, разработанные французскими учёными Навье и Клапейроном, и опытные данные Ферберна и Стефенсона, полученные ими при проектировании неразрезных балок, но все эти исследования относились к случаю сплошных балок. Теории же определения усилий в

решетчатых неразрезных фермах ещё не существовало. Д. И. Журавский впервые разработал оригинальный метод определения этих усилий, идя совершенно другим путём, чем иностранные исследователи. Путём простых и ясных соображений он решил поставленную задачу точно по отношению к собственному весу моста и приближённо, но с достаточной для практики точностью по отношению к действию поезда. Попутно им был получен ряд выводов, которые лишь позднее были отысканы другими исследователями. Так, им найдено наивыгоднейшее отношение крайнего и средних пролётов неразрезной фермы - вывод, полученный несколько лет спустя французским учёным Брессом. Чтобы яснее представить себе роль Д. И. Журавского в создании теории решетчатых ферм, надо иметь в виду, что указанные исследования были произведены им в 1845-1848 гг. За границей же впервые способ определения усилий в решетчатой ферме был получен Кульманом в 1851 г., да и то для случая лишь одного пролёта. Одновременно с разработкой способа расчёта решетчатых ферм Д. И. Журавскому пришлось ответить на вопрос о прочности материалов, из которых изготовлялись фермы, - дерева и железа. Никаких сведений об этих свойствах русских материалов не было; пользоваться американскими сведениями было невозможно, - они относились совсем к другим породам леса. Д. И. Журавскому пришлось проделать громадную работу по изучению прочности лесного материала при растяжении, сжатии, сгибании, срезывании. Он сам сконструировал и построил машины для этих испытаний. Пользуясь ими, он исследовал прочность не только материала, но и целых элементов моста и их соединений друг с другом. Он испытал ряд моделей ферм Гау в 1/15 натуральной величины, изучая характер разрушения этих моделей при различных способах соединения частей ферм. Шаг за шагом он сравнивает различные конструкции стыков деревянных элементов, исследует значение отдельных деталей в работе этих стыков. Результаты, полученные Д. И. Журавским при опытных исследованиях материала и моделей, легли в основу проектирования не только мостов железной дороги Петербург - Москва, но и последующих проектировок мостов и других деревянных сооружений (стропил и т. д.). С другой стороны, теоретические выводы из этих экспериментов позволили Д. И. Журавскому подвергнуть основательной критике конструкции первых трубчатых английских мостов, Конуэйского и Британского, и указать на неправильные представления английских инженеров о работе элементов этих мостов. Д. И. Журавский был не только проектировщиком мостов, он был строителем ряда крупнейших из них. Ему пришлось самостоятельно создавать приёмы постройки таких сооружений. Результаты своих девятилетних исследований по проектированию и постройке ферм Гау и изучению материалов для них Журавский изложил в труде "О мостах раскосной системы Гау", получившем в 1855 г. Демидовскую премию Академии наук. В предисловии к этой книге автор с законной гордостью писал: "Исследование балок, состоящих из брусьев, раскошенных и связанных между собой, было сделано в России прежде, чем о том было напечатано на английском, французском или немецком языках; сочинения американского инженера Лонга и австрийского Гега вовсе не давали понятия о распределении напряжений по всем частям составной балки". Действительно, исследования Д. И. Журавского в области мостостроения и теории решетчатых ферм по своей оригинальности, смелости мысли, ценности полученных результатов для своего времени являлись выдающимися. В течение ряда лет русские инженеры пользовались его методами расчёта и данными о прочности материалов, полученными в опытах этого пионера строительной механики и мостостроения. В дальнейшем методы расчёта ферм, разработанные Д. И. Журавским, были заменены более совершенными приёмами; механические лаборатории расширили наши знания о прочности материалов далеко за пределы результатов, полученных Д. И. Журавским. Но другая работа Дмитрия Ивановича Журавского, опубликованная в 1855 г. как приложение к его исследованиям ферм Гау, сохранила своё значение навсегда и принесла ему всеобщее признание и известность в инженерном мире. В ней Д. И. Журавский открыл и объяснил новое явление, никем раньше не подмечавшееся. Эта работа называется: "Замечания относительно

сопротивления бруса, подверженного силе, нормальной к его длине". В этом сочинении Д. И. Журавский сначала излагает принятую в то время теорию сопротивления балок изгибу.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

**Теория сопротивления балок изгибу.** При изгибе балки прямоугольного сечения, закреплённой одним концом и нагружённой силой на другом конце (фиг. 1), верхние волокна 1-1 растягиваются, а нижние 2-2 сжимаются. Таким образом, как тогда считалось, перелом такой балки связан с разрывом растянутых и раздроблением сжатых волокон около места заделки, как показано на фигуре волнистой линией. Д. И. Журавский впервые указал, что, кроме этого, возможен и другой вид разрушения за счёт продольного расслаивания балки по средней линии 3-3. Этот вид разрушения особенно опасен для деревянных балок, легко поддающихся раскалыванию вдоль волокон. Чтобы объяснить причину этого явления и вычислить те силы, которые при изгибе вызывают расслоение бруса, Д. И. Журавский представил себе балку, изображённую на фиг. 1, сделанной как бы из двух брусьев, положенных друг на друга (фиг. 2). При изгибе такого составного бруса волокна 3-3 верхней его половины сожмутся, а нижней - растянутся; произойдёт скольжение обеих половин балки друг к другу по плоскости. При изгибе цельной балки это скольжение исключается за счёт сил взаимодействия между обеими половинами бруса, или, как мы теперь говорим, - касательных напряжений. Д. И. Журавский вывел формулу для вычисления этих сил сцепления и на опыте определил ту их величину, при которой происходит раскалывание балки. Умея вычислять силы взаимодействия между верхней и нижней частями балки, Д. И. Журавский создал способ расчёта составной деревянной балки из нескольких положенных друг на друга брусьев, способ проверки деталей, соединяющих эти брусья, а также заклёпок, скрепляющих части железных балок. Пусть на балку (рис. 2) действует произвольная статически уравновешенная система сил. Двумя поперечными сечениями выделим элементарную часть балки, заменив действие отброшенных частей внутренними силами. Кроме этих внутренних сил на выделенный элемент действует часть распределенной нагрузки интенсивности  $q_x$ , которую можно принять постоянной на бесконечно малой длине  $dx$

$$Q = \frac{dM}{dx} \quad (1)$$

$$q_x = \frac{dQ}{dx} \quad (2)$$

$$q_x = \frac{d^2M}{dx^2} \quad (3)$$

Указанные дифференциальные зависимости называются дифференциальными зависимостями Д.И. Журавского.

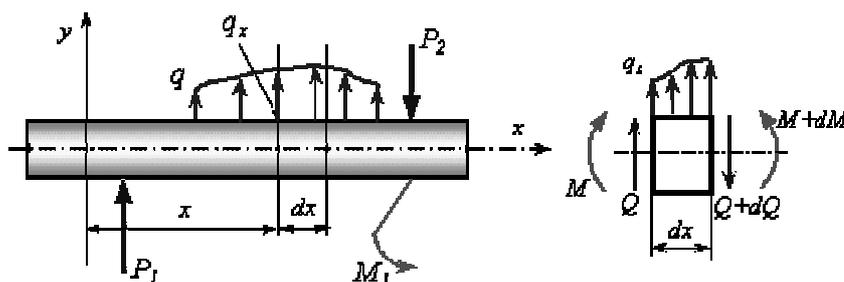


Рис. 2. Действие на балку произвольных статически уравновешенных системы сил

Таким образом, это открытие Д. И. Журавского, являясь крупным шагом вперёд в деле развития теории изгиба, имело и ряд важнейших практических приложений. Мемуар Д. И. Журавского, напечатанный в 1856 г., познакомил с его открытием и иностранных учёных. Крупнейшие иностранные учёные механики, Бресс, Коллиньон, Сен-Венан, в своих курсах и сочинениях единодушно отметили значение заслуг Д. И. Журавского как первого учёного, пополнившего теорию изгиба новым открытием. В ряде распространённых курсов формула, полученная Д. И. Журавским, называется теоремой Журавского. Вот что пишет Коллиньон в своём курсе "Сопротивления материалов" (1869 г.): "Теория сопротивления продольному скольжению волокон (балки) была введена в курс только вследствие серии исследований, выполненных в России Журавским над изгибом балок из наложенных друг на друга брусьев". Вскоре после окончания сооружения Веребьинского моста Д. И. Журавскому было поручено переустройство шпица колокольни Петропавловской крепости. Первый шпиц был деревянный; он установлен в 1722 г. В 1756 г. шпиц сгорел от удара молнии, и в 1770 г. был поставлен новый деревянный шпиц, который в 1874 г. было решено заменить металлическим. Эта работа была с успехом выполнена Д. И. Журавским. Произведённый за эту работу в полковники, он был послан в США для изучения железнодорожного дела. По возвращении он был вынужден взять на себя ряд административных обязанностей по управлению железными дорогами. Он был вице-президентом Главного общества российских железных дорог, затем с 1877 г. директором Департамента железных дорог. Административная деятельность мало соответствовала склонностям и способностям Д. И. Журавского. Однако она поглощала его всё более и более и оторвала даже от любимой работы в Русском техническом обществе, одним из основателей которого он был. Однако и в этот период Д. И. Журавский дал ряд теоретических исследований, блестящих решений сложных технических задач. В частности, ему ещё раз пришлось вернуться к постройке мостов, когда в 1869 г. сгорел мост через реку Мсту, и движение поездов между Петербургом и Москвой было прервано. Д. И. Журавский разработал и осуществил смелый проект восстановления этого моста. Некоторые инженеры сомневались в осуществимости замысла и уговаривали его отказаться от него, указывая, что он рискует своим авторитетом. Д. И. Журавский не внял колеблющимся и с успехом провёл работы. Техническая деятельность Д. И. Журавского в этот период была многосторонняя и разнообразная. Она касалась очень многих вопросов инженерного дела, связанных с развитием путей сообщения в России. Главное внимание Д. И. Журавского сосредоточивалось на работах по расширению сети железных дорог. За время управления им Департаментом железных дорог (1877-1884 гг.) было открыто для пользования почти 4 800 вёрст новых рельсовых путей. Д. И. Журавскому пришлось работать и по водным путям и портовым сооружениям. Он руководил проектированием переустройства приладожских каналов, принимал участие в устройстве морского Петербургского канала, Либавского порта. Занимаясь административной деятельностью, Журавский не упускал случаев для исследований. Так, он провёл эксперименты по сопротивлению рельсов изломам при низкой температуре. Результаты опытов и соображения по этому вопросу были напечатаны в 1880 г. Служебная деятельность Д. И. Журавского окончилась в 1889 г., когда он вышел в отставку. Скончался он в Петербурге 30 ноября 1891 года, семидесяти лет. Мраморный бюст Д. И. Журавского был поставлен в 1897 г. в колонном зале Петербургского института инженеров путей сообщения. На постаменте бюста сделана надпись:

**ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ ЖУРАВСКИЙ**  
1821-1891

Создатель расчёта раскосных ферм и теории скалывания при изгибе.

Знаменитый строитель мостов. Железнодорожный администратор.

Научные исследования Д. И. Журавского, как и его практическая деятельность, отличались смелостью, оригинальностью и самостоятельностью. Для него характерно умение ясно представить себе действительную картину работы конструкции, "игру сил" в

ней. Это позволяло ему обходиться без сложного математического аппарата и достигать своей цели путём простых и элементарных рассуждений. Это умение было тесно связано с его любовью к экспериментам, которые позволяли ему непосредственно наблюдать работу конструкции и проверять правильность основных предпосылок создаваемой им теории. Д. И. Журавский любил свою родину и высоко ставил обязанности инженера. В одной из речей он говорил: "Чтобы сокровища, разбросанные на громадном пространстве, могли сделаться действительным достоянием народа, - чтобы достигающее 100 миллионов население могло слиться в одну могучую массу, нужно много труда со стороны инженеров, требующего много знания и большой энергии. Да не устрашат нас ни горы с вершинами, одетыми снегом и облаками, ни глубокие и широкие реки, ни скалы, ни тундры!".

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Труды Д. И. Журавского: О мостах раскосной системы Гау, 1855; Замечание относительно сопротивления бруса, подверженного силе, нормальной к его длине;
2. Мемуар в Annales des Ponts et Chaussées, 1856. О Д. И. Журавском: Журавский Д. И., Спб., 1897
3. Н. Н. Богданов. Люди русской науки, кн. 4 — Техника, М., 1965.
4. Чернышевский Н. Г., Полн. собр. соч., т. 3, М. 1947, с. 387-420
5. Ракчеев Е. Н. Дмитрий Иванович Журавский, 1821-1891. М., 1984.

УДК 621.791.052

#### СВАРКА МЕТАЛЛА, ПЛАСТИКА И ЖИВЫХ ТКАНЕЙ – СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ

**Кузменко О.А., студентка гр. ПГС-301, Корохов В.Г., к.т.н., профессор, Чечевич Л.А., инженер.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В настоящей статье приводится анализ и сопоставление способов сварки металла, пластика и живых тканей, существенно различающихся между собой аппаратурно-режимными особенностями и результативностью процессов, что объясняется различием физико-химических свойств свариваемых материалов и их реакцией на высокую температуру, на воздействие электрического тока. Рассмотрены особенности сварных швов, их прочность, герметичность, а также последствия сварки оказываемые на соединяемые органы живой ткани. Представленная систематизированная информация о применении сварки для соединения различных материалов, о применяемом сварочном оборудовании и режимах его работы позволит ознакомить интересующихся специалистов с возможностями сварки широкого диапазона материалов, корректировки используемых режимов, а также применения сварки для иных материалов, ранее не соединяемых таким способом. Указано, что сварка живых тканей не только облегчает работу хирурга, но и сокращает продолжительность операций и реабилитации пациента.

**Металл, пластики, ткань, сварка, оборудование, частота, напряжение.**

#### ВВЕДЕНИЕ

Сварка традиционно относилась к получению неразъемных соединений из металла, такое соединение осуществляется путем нагрева до оплавления краев заготовок или же их нагревом до пластичного состояния с последующим сдавливанием – осадной. Препятствием к надежному соединению металлов была и сохраняется необходимость высокой температуры нагрева, микронеровности соединяемых поверхностей изделий, наличие на них загрязнений и пленок окислов, а также вероятность активного соединения расплавленного металла шва с газами окружающего воздуха [1]. Выработанные столетиями способы и режимы сварки металлов оказываются неприемлемыми в неизменном виде для сварки широко применяемых в настоящее время пластиков и, тем более, для сварки