

М 491687

Государственный комитет СССР по народному образованию

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

СТЕБУНОВ Вячеслав Иванович

УДК 621.791.052

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛОВЫХ ШВОВ МАЛОГО
КАТЕТА (3...5 мм) С ГЛУБОКИМ ПРОПЛАВЛЕНИЕМ
В КОНСТРУКЦИЯХ СЕЛЬХОЗМАШИН

05.03.06 - Технология и машины
сварочного производства

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Винокуров В.А.

Официальные оппоненты: д.т.н., профессор Вершинский А.В.
к.т.н., с.н.с. Прохоренко В.Д.

Ведущее предприятие - НПО "РОСТНИИТМ"

Защита диссертации состоится "11" октября 1990 г.
на заседании специализированного Совета К053.15.03 в Москов-
ском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена
Трудового Красного Знамени государственном техническом уни-
верситете имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, г.Москва, 2-я

кз., заверенный печатью,

ся в библиотеке МГТУ

ноября 1990 года

В.И. ГИРШ

ИЧ 91 687

Актуальность темы. Одним из основных факторов, приводящих к уменьшению материальных, трудовых и энергетических затрат, является снижение металлоемкости сварных конструкций. В сельхозмашиностроении расход сварочных материалов и другие затраты могут быть существенно снижены при уменьшении катетов угловых швов до 3-5 мм с одновременным увеличением глубины проплавления выше нормативного, т.е. $\beta \gg 1$. Такая форма сечения углового шва достигается при механизированной или автоматической сварке в среде CO_2 на повышенных режимах сварки. При этом швы приобретают выпуклость, а также острые углы и малые радиусы перехода от шва к основному металлу. Существующие методы расчетов не позволяют оценить с достаточной точностью статическую и усталостную прочность таких швов, что сдерживает их широкое применение.

Цель работы состоит в обосновании возможности применения угловых швов малого катета (3...5 мм), выполненных с глубоким проплавлением, в конструкциях сельхозмашин с учетом обеспечения требуемой работоспособности, надежности и экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Методы исследования. Экспериментальные методы исследования состояли в измерении геометрических параметров угловых швов в различных сечениях по их длине с помощью специального устройства на натурных образцах и универсального инструментального микроскопа УИМ-21 на шлифах, испытании образцов лобовых, тавровых и фланговых соединений с катетами 3+5 мм, выполненных на нормативных, а также обеспечивающих глубокое проплавление режимах сварки, на статическую прочность на разрывной машине с гидравлическим приводом и усталостную прочность на растяжение - сжатие при асимметричном цикле нагружения.

Расчетные методы включали применение методов математической статистики, метод конечных элементов с использованием теории упругости и упруго-пластического течения. Расчеты проведены на ЭВМ и ПЭВМ.

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1491687

Стебунов В.И. Обоснование п

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Научная новизна. 1) Определены статистические закономерности изменения геометрических параметров угловых швов, позволившие дать обоснованные рекомендации по определению расчетных значений этих параметров.

2) Установлены причины повышения статической и усталостной прочности швов катетом 3 мм с глубоким проплавлением до уровня прочности швов с нормальным проплавлением и катетом 5 мм:

а) статическая прочность определяется минимальным сечением шва, которое у сравниваемых швов совпадает;

б) усталостная прочность тавровых соединений определяется концентрацией напряжения в корне шва и не зависит от формы поверхности шва;

в) концентрация напряжений на линии сплавления швов нахлесточных соединений слабо зависит от выпуклости шва.

3) Определены зависимости изменения статической прочности сварных соединений от формы и размеров швов и направления приложенной нагрузки; получена эмпирическая зависимость в дополнение для расчета сварных соединений на статическую прочность, учитывающая разрушающие удельные нагрузки, а не напряжения. Определена усталостная прочность лобовых, тавровых и фланговых соединений с угловыми швами катетом 3+5 мм.

Практическая ценность. 1. Разработана методика измерения геометрических параметров угловых швов. В процессе работы было разработано устройство для измерения профиля и катетов угловых швов, которое передано для пользования на ПО "Завод им. Ухтомского". 2. Результаты диссертационной работы использованы: а) при разработке отраслевого стандарта ОСТ 105-934-82 "Соединения сварных машин для животноводства и кормопроизводства. Общие технические требования";

б) в материалах стандарта предприятия СТП 105-035-0.1096-85 "Сварные соединения. Контроль внешним осмотром и измерением", который разработан совместно с кафедрой МТ-7 МГТУ им. Н.Э. Баумана согласно договору о творческом содружестве от 14 июня 1984г;

в) при разработке "Рекомендаций по применению режимов автоматической и механизированной сварки в среде CO_2 , сварочной проволокой $Св-08Г2С$ диаметром 2 мм в конструкциях сельхозмашин с угловыми швами малого катета (3+5 мм), которые утверждены в головной организации НПО "РостНИИТМ", согласованы

с министерством и внедрены на ПО "Завод имени Ухтомского".

Апробация работы. Основные положения работы были представлены на областной научно-технической конференции "Пути повышения надежности сварных конструкций сельскохозяйственных машин" в г. Ростове-на-Дону (10-12 октября 1985г.) и доложены на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов и приложения. Изложена на 255 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунка, 38 таблиц и 152 наименования литературных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. К настоящему времени выполнено большое количество исследований прочности сварных соединений с угловыми швами. Разработан ряд рекомендаций по оптимизации сварных соединений, совершенствованию норм и правил проектирования. Однако при изготовлении сварных конструкций сельхозмашин возникает ряд организационных и инженерных вопросов, которые требуют углубления исследований с учетом специфики технологии конкретного производства, видов и уровней нагруженности в условиях эксплуатации.

Особенности технологии автоматической сварки в среде CO_2 проволокой диаметром 3 и 5 мм, приводящие к формированию угловых швов катетом более 5 мм с увеличенной выпуклостью и глубокой проплавления изложены в работах В.И. Митина. В работах Патона Б.Е., Землевского Л.А., Акулова А.И. и др. показана возможность получения качественных швов с коэффициентом формы

$\Psi = 0,8 \pm 0,3$, что отличается от нормативных значений коэффициентов ($\Psi \geq 1,3$). Результаты этих работ дают основания для применения режимов сварки, обеспечивающих глубокое проплавление, при условии учета особенностей изделий конкретной отрасли машиностроения при расчете прочности таких швов. Исследованию факторов прироста прочности в результате увеличения глубины проплавления угловых швов посвящены работы А.А. Казимирова, С.А. Островской, В.М. Барышева, О.А. Бакши, Н.Л. Зайцева и др. Метод расчета на статическую прочность угловых швов, разработанный в МГТУ им. Н.Э. Баумана В.А. Винокуровым и А.С. Куркиным,

кроме того, учитывает зависимость прочности от направления приложения нагрузки к шву.

$$\Sigma \text{ расч.} = \frac{P}{\beta \cdot K \cdot l \cdot C}, \quad (I)$$

где P - приложенная сила, l - длина шва.

В формуле (I) коэффициент β учитывает зависимость прочности от глубины проплавления, а C - от направления нагрузки. По данным В.А.Винокурова и А.С.Куркина, повышение прочности (увеличение C) наблюдается при отклонении напряженного состояния в минимальном сечении шва от схемы чистого сдвига, имеющего место в фланговых швах, для которых $C=1$. В результате увеличения глубины проплавления значение коэффициента β превышает нормативное ($\beta=0,9...1,05$), при этом значение катета K , условно принимаемое равным номинальному значению, фактически изменяется по длине шва случайным образом и существенно отличается от номинала. Значения коэффициента C для швов с малым катетом (3...5 мм) в литературе отсутствуют. Для максимального использования имеющейся прочности угловых швов, метод их расчета следует строить на основе глубокого анализа напряженного деформированного состояния сварных соединений.

В механике разрушения предложена формула, описывающая напряженное состояние вблизи вершины трещины:

$$\sigma = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}}.$$

Однако для тавровых и нахлесточных соединений с угловыми швами малого катета, имеющими глубокое проплавление и острый угол перехода от шва к основному металлу, в литературе отсутствует методика определения напряжений и данные о величинах коэффициентов интенсивности напряжений K .

Наиболее перспективным методом оценки усталостной прочности сварных соединений с острыми концентраторами произвольной геометрии в настоящее время представляется метод, основанный на определении локальных пределов выносливости, разработанный в ИГТУ им.Н.Э.Баумана, однако в применении этого метода к угловым швам малого катета еще не накоплен достаточный опыт.

При выполнении настоящей работы были поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработать методику и провести измерения геометрических параметров угловых швов малого катета 3...5 мм, выполненных с глубоким $\beta > 1,1$ и нормальным $\beta = 0,7...0,9$ проплавлением.

2. Установить статистические зависимости и характер распределения изменения геометрических параметров сравниваемых соединений по длине угловых швов.

3. Определить нагруженность несущих элементов конструкций сельхозмашин в условиях эксплуатации.

4. Разработать методику и провести сравнительные испытания сварных соединений с угловыми швами малого катета на статическую и усталостную прочность.

5. Сопоставить и обосновать полученные экспериментальные данные для сравниваемых сварных соединений, выполненных на различных режимах сварки, с позиций прочности и экономической целесообразности.

6. Применить полученные результаты для разработки нормативно-технических материалов по определению режимов сварки, расчетам прочности и контролю качества сварных соединений с угловыми швами малого катета в конструкциях сельхозмашин.

Глава 2. Измерению были подвергнуты фрагменты угловых швов, нахлесточных и тавровых соединений, вырезанные из реальных конструкций, а также из образцов, сваренных на режимах, соответствующих действующему производству, а также подобранных по нормативно-технической документации. Выбор режимов сварки, соответствующих действующему производству, производили на основе анализа режимов, применяемых разными сварщиками, в различное время суток (1я и 2я смены) и дни недели при условии отсутствия подрезов швов. Были изготовлены сварные соединения с катетом 3 мм и глубоким проплавлением и катетами 5 и 3 мм с нормальным проплавлением.

Определение параметров угловых швов производили на шлифах при помощи инструментального микроскопа УИМ-21 по разработанным методикам. Измерение катетов швов сварных соединений в реальных конструкциях производили при помощи разработанного совместно с Винокуровым В.А. устройства, состоящего из основания, поворотного механизма с индикаторной головкой и острогаченной иглы. Измерению было подвергнуто около тысячи сечений, причем для натуральных изделий измерялись сечения через каждые

10 мм на длине шва 100 мм, а для образцов через 35 мм на длине шва 350 мм (таблица 1.).

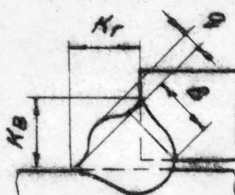
Для выявления закона распределения измеренных параметров швов определили математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение и дисперсию, построили гистограммы. Для сопоставления эмпирического распределения с нормальным распределением вычислили асимметрию A и эксцесс E . Полученные результаты показали, что закон распределения катета швов с номинальным катетом 3 мм с глубоким проплавлением соответствует нормальному, а для швов с катетами 5 и 3 мм с нормальным проплавлением имеет некоторое отклонение от нормального распределения по параметру E (таблица 2.).

На основании полученных результатов вычислили теоретический закон распределения по средним значениям $\bar{X}$ и среднеквадратичным отклонениям σ и построили эмпирические и теоретические кривые распределения. Проведенное сравнение абсолютных значений геометрических параметров исследуемых угловых швов с данными, полученными Митиным В.И., показало удовлетворительную сопоставимость значений величин усиления шва, ширины шва и превышение значений глубины проплавления. Полученные значения радиусов перехода $\rho = 0,22 \pm 0,34$ мм хорошо согласуются с результатами измерений, выполненных в РИСЛМЕ ($\rho = 0,25$). Результаты измерений углов перехода φ показали, что около 30% углов перехода в угловых швах с глубоким проплавлением меньше или близкие к 90° . Их чередование по длине швов носит случайный характер. Выявленные особенности профиля и размеров угловых швов с глубоким проплавлением не позволяют для оценки прочности сварных соединений с достаточной точностью применить известные расчетные модели угловых швов, так как размер катета шва, используемый в этих методах расчета, имеет значительное рассеяние.

Глава 3. На основании результатов тензометрирования и схем нагруженности основных узлов погрузчика ПФ-0,5, косилок КРН-2,1, КРН-3,0 и КРС-5Г показано, что рабочие органы и несущие системы сельхозмашин работают в условиях непрерывного изменения нагруженности по времени и изменения направления приложения нагрузки относительно сварных швов. Характер

Таблица 1. Средние значения геометрических параметров
угловых швов

Катет шва, мм	Параметры шва, мм			
	K_B	K_r	$\bar{S}$	$\bar{q}$
3*	3,73	2,82	4,55	0,77
5	5,60	4,98	4,43	0,64
3	3,79	3,19	3,16	0,63



* с глубоким проплавлением

Таблица 2. Сравнительный анализ нормальности
распределения

Параметр	A	Заключение	Σ	Заключение
Катет 3* мм				
K_B	-0,522	соответствует	0,014	соответствует
K_r	0,471	соответствует	-0,125	соответствует
B	-1,19	не соответствует	3,712	не соответствует
- Катет 5 мм				
K_B	0,708	соответствует	-2,418	не соответствует
K_r	0,687	соответствует	-0,057	соответствует
B	0,098	соответствует	-0,991	соответствует
- Катет 3 мм				
K_B	-0,099	соответствует	-2,999	не соответствует
K_r	0,201	соответствует	-0,804	соответствует
B	0,580	соответствует	0,589	соответствует

нагруженности в основном повторнопеременный с неустановившимися уровнями амплитудного и среднего напряжений. Основные несущие элементы конструкций сельхозмашин представляют собой рамные конструкции, выполненные из труб, уголков, швеллеров и штампованных деталей различного сортамента из сталей Ст 3сп, Ст 9ГС, Ст 12Г2С, Ст 5Гпс и др. толщиной от 1,6 до 14 мм. Наиболее опасным по повреждающему воздействию режимом для элементов рамы ходовой части является переезд по полю с поднятой жаткой. Суммирование амплитуд проводили по упрощенному методу, полагая, что форма спектра распределения приведенных амплитуд напряжений остается неизменной (в относительных единицах), а распределение эксплуатационных напряжений есть распределение средних значений амплитуд, полученное в результате суммирования аналогичных распределений напряжений, возникающих в эксплуатационных условиях за весь срок эксплуатации $N_z = T_{сл} \cdot Q \cdot f = 12 \cdot 10^6$ циклов, где $T_{сл} = 7$ лет - срок службы машины; $Q = 200+300$ час - среднее количество часов работы машины в год; $f = 1,7$ цикл/сек - средняя частота случайного процесса изменения нагрузки, определенная из осциллограммы.

Наиболее нагруженным элементом несущей системы косилки КПС-5Г является соединение лонжерона и раскоса с трубой. Оценку уровня нагруженности этого соединения проводили из условий статического нагружения при наибольшем напряжении и переменного нагружения при среднем амплитудном напряжении. При этом статическая прочность соединения в данном конструктивном исполнении обеспечена с коэффициентом запаса $n = 1,44$. Расчет прочности при переменном нагружении проводили по СНиП. На основании принятого допущения о том, что распределение эксплуатационных напряжений есть распределение средних значений амплитуд $\bar{\sigma}_{пр} = 40$ МПа, установили, что усталостная прочность соединения по основному металлу вблизи сварного шва при переменном нагружении с коэффициентом асимметрии $\gamma = 0,3$ и $N = 5 \cdot 10^6$ циклов обеспечена с коэффициентом запаса $n = 1,12$.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой нагруженности сварных соединений и несущих частей сельхозмашин в целом и недопустимости уменьшения сечений швов без всестороннего обоснования с позиций прочности.

Глава 4. Испытания на статическое растяжение проводили на образцах лобовых, тавровых, фронтальных и фланговых соединений с угловыми швами длиной 50 мм. Образцы изготавливали из листовой стали марки Ст 3сп по ГОСТ 380-II толщиной 8 мм. Заготовки под образцы вырезали на гильотинных ножницах в направлении вдоль проката, заусенцы удаляли наждачным камнем. Из карт размером 500x40x8 собирали сварное соединение. Сварку выполняли в "лодочку" за одну установку режимов сварки на всю партию однокатетных образцов. Сварку производили на режимах для швов катетом 3 мм, обеспечивающих глубокое проплавление и катетами 3 и 5 мм, обеспечивающих нормальное проплавление. Далее сваренные заготовки были разрезаны на горизонтально-фрезерном станке на элементы длиной 50 мм. Такая методика позволяет сохранить однотипность всех образцов и возможность многократного использования присоединяемых планок. Испытание проводили на машине "Dennison" с гидравлическим приводом и максимальным усилием $P_{max} = 300$ кН. По результатам испытаний образцов сварных соединений определяли средние значения разрушающих нагрузок и оценки рассеяния случайных значений разрушающих нагрузок. Коэффициент вариации для большинства результатов не превышал 10%. Для всех сварных соединений разрушений швов по минимальному сечению не обнаружено. Разрушения для лобового, фронтального и флангового соединений произошло по плоскости, близкой к основанию шва или зоне сплавления, таврового соединения по шву. Сравнили полученные результаты с известными соотношениями прочности в зависимости от направления прилагаемой нагрузки к шву (рис. I.).

На основе проведенного исследования установлено, что входящие в формулу (I), для определения статической прочности на условный срез, величин β , K и C определяются случайным характером изменения параметров шва по длине. Кроме того, поскольку швы малого катета разрушаются при продольном срезе не по плоскости наименьшего сечения ($\alpha = 135^\circ$), то расчетное определение прочности швов по известным методикам (в зависимости от катета шва) будет давать заметные погрешности.

Предложено для рассмотренных случаев прочность швов T_p сравнивать по удельной разрушающей нагрузке (кН/см)

$$T_p = P_p / l,$$

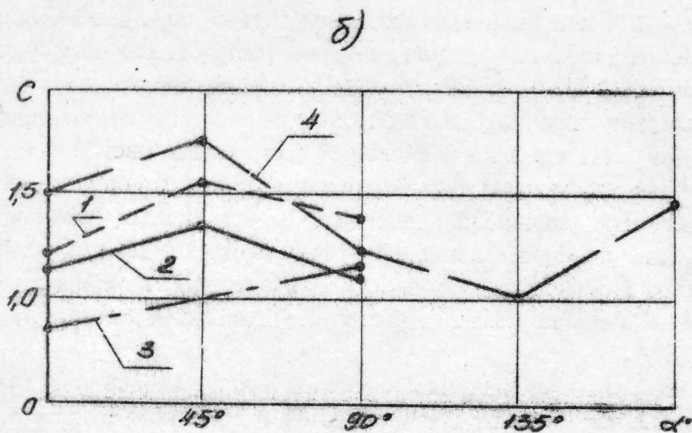
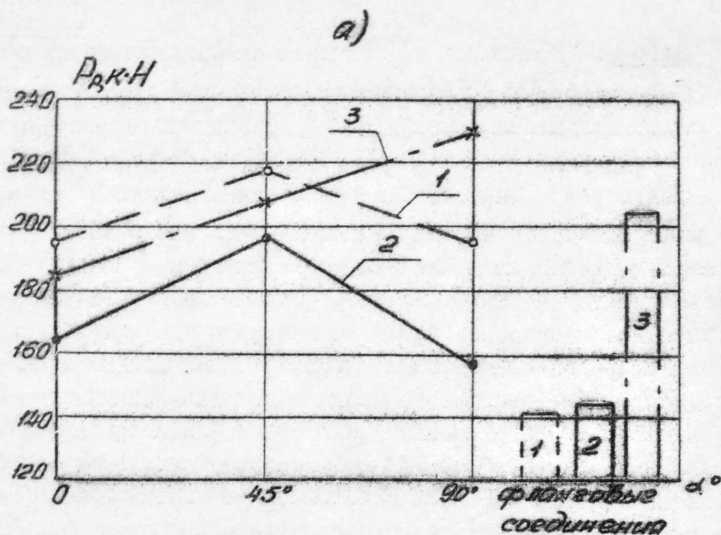


Рис. I Соотношения прочности угловых швов, выраженные через разрушающую нагрузку P_p (а) и коэффициент C (б): 1 - катет 5 мм; 2-3 мм; 3-3^ж мм; 4 - для 6, 9, 12 мм по данным Винокурова В.А., Куркина А.С.

где P_r - разрушающая сила, l - длина шва.

Значения T_r для различных случаев приложения нагрузки различны. За основу для сравнения прочности соединений была принята прочность на срез вдоль шва (фланговые соединения) с учетом направления приложения силы $T_r = P_r \cdot \phi_l / e \cdot c$, а допускаемое напряжение $[T]$ на единицу длины шва с определенным коэффициентом запаса прочности n или вероятности неразрушимости по значению прочности фланговых швов установили равным $[T] = P_r \cdot \phi_l / n$ и условие прочности шва приняло вид $P / e \cdot c \leq [T]$.

Коэффициент C , как и ранее, выражает зависимость прочности швов от направления приложения нагрузки. В случае комбинированной нагрузки (силы и момента) суммарную удельную силу следует определять как векторную сумму значений T от силы и момента.

Глава 5. Определение усталостной прочности проводили на образцах лобовых, тавровых и фланговых соединений. Изготовление образцов проводили на тех же режимах сварки, что и для испытаний на статическую прочность. Было испытано 135 образцов 9 типоразмеров. Испытывали на растяжение при асимметричном цикле нагружения с частотой ~ 8 Гц, базовым числом циклов $N = 5 \cdot 10^6$ и коэффициентом асимметрии цикла $\alpha = 0,3$. Были определены пределы выносливости лобовых, тавровых и фланговых соединений с угловыми швами катетами 3 мм с глубоким проплавлением и 3 и 5 мм с нормальным проплавлением.

Для установления количественных связей между σ_a , которая является независимой величиной и числом циклов N , которое является случайной величиной, подчиняющейся логарифмически нормальному закону распределения, применили регрессионный анализ. В результате было получено уравнение регрессии в виде:

$$Y = a + b(x - \bar{x}),$$

где Y - оценка условного математического ожидания величины

$y = \lg N$ для заданного значения x и определены границы доверительной области для теоретических линий регрессии.

При амплитуде напряжений и числе циклов нагружения, близких к пределу выносливости были проанализированы виды разрушений образцов и определены параметры, характеризующие плоскости

разрушения угловых швов исследуемых соединений. По результатам испытаний построили графическую зависимость соотношения усталостной прочности лобовых, тавровых и фланговых соединений с угловыми швами катетом 3мм с глубоким и катетами 5 и 3 мм с нормальным проплавлением. Из анализа результатов испытаний следует, что лобовые и фланговые сварные соединения катетом 3мм с глубоким проплавлением имеют практически равные пределы выносливости с соединениями катетом 5мм, а в случае тавровых соединений превосходят их в 2 раза.

Для определения возможности применения расчетных методов определения и прогнозирования усталостной прочности провели сравнение результатов, полученных эмпирическим и расчетным путями. По предложенной схеме соотношения геометрических параметров и нагружения исследуемых сварных соединений в МГТУ им.Баумана В.В.Аладинским были определены коэффициенты локальной концентрации напряжений α_s . Последующее определение локальных пределов выносливости лобовых соединений катетом 3мм с глубоким и 5мм с нормальным проплавлением, с применением коэффициентов α_s , по формуле $\sigma_{s0} = \alpha_s \cdot \sigma_0$ выявило их достаточную близость.

Из проведенного расчета установлено, что значения сравниваемых угловых швов находятся в тех же пределах, что и по результатам других авторов.

Глава 6. Основным показателем экономичности швов является количество наплавленного металла на единицу длины шва при условии равной прочности соединений. Площадь наплавленного металла F_n определяли через фактический расход сварочной проволоки $Q_{пр}$, коэффициенты расплавления и накладки α_p , α_n и коэффициенты потерь сварочной проволоки на угар и разорыгивание ψ по известным формулам. По полученным результатам для швов с катетом 3мм и глубоким проплавлением и швов с катетом 5мм и нормальным проплавлением провели сравнительный анализ изменения величин α_p , α_n , ψ в зависимости от скорости сварки с графическими зависимостями, приведенными в работах В.И.Митина. Полученные результаты согласуются с имеющимися зависимостями, а для швов катетом 3мм с глубоким проплавлением имеют лучшие показатели

(более высокие $\sigma_{р.д.н}$ и низкий ψ). Расчетные площади наплавки F_n сравнили со средними значениями площадей наплавки, полученными по результатам измерений швов, изложенным в главе 2. Внешнюю часть шва в этом случае представили как сумму площадей треугольников (Рис. 2). Общую площадь наплавки определили по выражению $F_n = S_{зд} + S_3$, где S_3 - площадь наплавленного металла в зазоре между соединяемыми элементами. Расчетный метод выявил некоторое занижение результатов, что можно объяснить завышением коэффициента потерь ψ при его определении расчетным путем.

Таким образом, в I погонном метре шва содержится наплавленного металла при катете 5 мм - 143,52г

при катете 3 мм - 64,74г

Общий экономический эффект от применения угловых швов с катетом 3 мм и глубоким проплавлением вместо катета 5 мм с нормальным проплавлением на I пог.метр шва составил $\Xi = 0,0657$ руб.

Общие выводы.

1. Анализ условий нагружения сварных конструкции сельхоз-машин показал, что значительная часть сварных соединений работает при переменных нагрузках с высокой степенью нагруженности, что не допускает уменьшения сечения швов без соответствующего технико-экономического обоснования.

2. Проведенные сравнительные измерения параметров угловых швов катетами 3...5мм, выполненных с глубоким и нормальным проплавлением показали, что распределение основных параметров швов (K_δ, K_γ, B) по длине швов носит случайный характер, близкий к закону нормального распределения Гаусса. Для корректного определения параметров швов, их следует усреднять по нескольким сечениям, например, по 6-10 сечениям на длине шва в 60-100 мм. Внешняя форма швов с глубоким проплавлением характеризуется наличием острых или близких к прямому углов перехода от шва к основному металлу ψ и близким к нулю радиусов перехода ρ .

3. Из анализа результатов измерения геометрических параметров швов следует, что случайный характер распределения значений катетов и глубины проплавления по длине швов приводит

к значительным погрешностям при определении площади номинального сечения швов по выражению $\beta \cdot K$ и как следствие, к погрешности в определении прочности сварного соединения.

4. Данные испытаний на статическую прочность лобовых, тавровых, фронтальных и фланговых соединений показали, что значения статической прочности зависят от направления приложения нагрузки, от размеров катетов и глубины проплавления. Статическая прочность сварных соединений с катетом 3 мм и глубоким проплавлением близка по величине к прочности аналогичных сварных соединений с катетом 5 мм и нормальным проплавлением, т.к. она определяется минимальным сечением шва, которое у сравниваемых швов совпадает.

5. Неблагоприятная форма поверхности швов с глубоким проплавлением проявилась при статической нагрузке лишь в том, что соединения с лобовыми швами оказались менее прочными, чем фланговые, несмотря на то, что поверхности разрушения у них одинаковы. Объяснить это можно большей концентрацией напряжений в лобовом шве, вследствие чего они разрушаются последовательно, начиная от концентратора, в то время как срез шва флангового соединения идет практически одновременно по всей линии сплавления.

6. Анализ результатов статистической обработки измерений параметров угловых швов и результатов испытаний на статическую прочность позволяет утверждать, что статическую прочность сварных соединений целесообразнее оценивать по удельной разрушающей нагрузке $Tr = Rp/\epsilon$ с учетом направления приложения нагрузки, а не по уровню напряжений $[\sigma]$.

7. Сварные соединения с угловыми швами катетом 3 мм и глубоким проплавлением по уровню усталостной прочности не уступают аналогичным соединениям катетом 5 мм и нормальным проплавлением, т.к. усталостная прочность тавровых соединений определяется концентрацией напряжений в корне шва и не зависит от формы поверхности шва, а в нахлесточных соединениях концентрация напряжений сосредоточена на линии сплавления шва, которая в том и другом случае слабо зависит от выпуклости шва.

8. Локальные пределы выносливости $\sigma_{\text{л}}$ при различных циклах нагружения, вычисленные с учетом коэффициентов локальной концентрации напряжений $\alpha_{\text{л}}$ в месте перехода шва к основному металлу для швов малого катета, несмотря на увеличенную выпуклость и резкий острый угол перехода от шва к основному металлу, имеют такой же уровень, как и в швах более крупного катета, что можно объяснить положительным влиянием глубокого провара.

9. Применение угловых швов катетом 3 мм и глубоким проплавлением взамен швов катетом 5 мм и нормальным проплавлением дает снижение себестоимости на 0,0657 рублей в расчете на I погонный метр шва. Годовой экономический эффект от применения на ПО "Завод им. Ухтомского" составил 88,2 тыс. рублей.

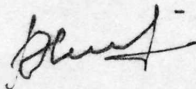
10. В результате выполнения работы разработан ряд нормативных документов для комплексного обоснования правомерности применения угловых швов малого катета с глубоким проплавлением в конструкциях сельхозмашин. Документы внедрены в производство на ПО "Завод им. Ухтомского".

Основное содержание диссертации отражено в работах:

1. Винокуров В.А., Стебунов В.И. Анализ фактических размеров угловых швов сварных соединений сельхозмашин //Сварочное производство. - 1986. - № 3. - С.18-20.

2. Винокуров В.А., Стебунов В.И. Регламентация и измерение размеров катетов угловых швов сварных соединений сельхозмашин //Пути повышения надежности сварных конструкций сельскохозяйственных машин: Тез.докл.техн.конф. - Ростов-на-Дону: 1985. - С.23-29.

3. Винокуров В.А., Стебунов В.И. Определение прочности угловых швов малого катета в конструкциях сельхозмашин //Сварочное производство. -1987. - №8. -С.21-23.



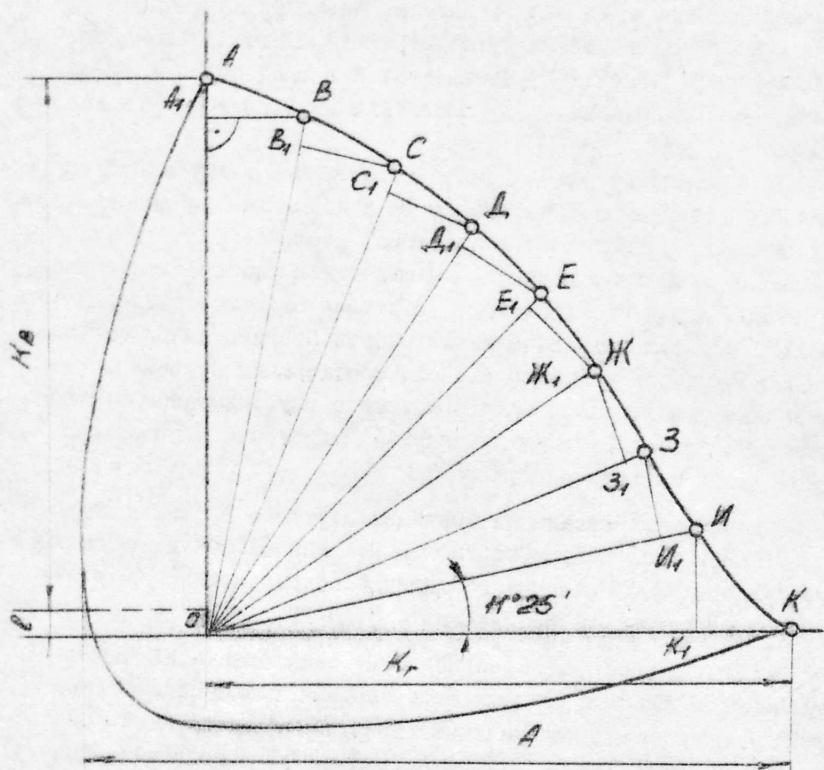


Рис. 2. Схема углового пьеса для определения площади сечения

РОТАПРИНТ ЛПО "ЗАВОД им. УХТОМСКОГО"

ПОДПИСАНО К ПЕЧАТИ 20,08,90 ОБЪЕМ 1,0п. л.

ЗАКАЗ № 1948 ТИРАЖ 100