

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

# РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАМ

**rutracker.org**  
ИЗДАНИЕ ПЕЧАТЬ ВУЗЫ ЗАКАЖИТЕ СЕЙЧАС

В.С.ГУРМАН



expert22 для <http://rutracker.org>

# РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАМ

В.С.ГУРМАН

Ремонт автомобильных рам. Г У Р М А Н В. С. 1967 г., 1—100 (Гос. науч.-исслед. ин-т автомобильного транспорта)

В книге приведена технология ремонта литейных рам автомобилей ЗИЛ-164 и ЗИЛ-ММЗ-585.

В главе I книги излагаются основы усталости и прочности и результаты ранее выполненных исследований усталостной прочности новых и отремонтированных рам.

В главе II книги приведены исследования способов ремонта деталей рамы, выполненные НИИАТ. Назначение капитального ремонта рамы состоит в том, чтобы восстановить усталостную прочность деталей до уровня, близкого или равного усталостной прочности новых деталей. С этой целью были выполнены исследования:

характера дефектов деталей рам автомобилей, поступающих в капитальный ремонт, частоты повторяемости и способа обнаружения дефектов;

выносливости сварных соединений в зависимости от технологии сварки;

способов ремонта деталей рамы;

способов упрочнения деталей рамы и сварных соединений.

В главе III изложена рекомендуемая технология ремонта деталей рамы. Эта технология основана на улучшении стыковых сварных соединений, использовании при сварке соответствующих качественных электродов и упрочнении галерейным наклепом зон термического влияния сварных швов и других мест концентрации напряжений у отремонтированных, так и у годных без ремонта деталей.

В приложении даны технические условия на материалы для ремонта рам автомобилей ЗИЛ-164 и ЗИЛ-ММЗ-585.

Работа выполнена группой сотрудников института Л. Т. ГРЕЧИНСКОЙ, Е. Л. АСТАУРОВОЙ, Г. А. СИНЕЛЬНИКОВЫМ, Р. И. ТИМОШЕНКО, А. Н. ИВЛЕВЫМ, Г. А. КАБЛАНОВЫМ, П. П. ШАДСКИМ под руководством инж. **В. С. ГУРМАНА**.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников авторемонтных заводов и автомастерских. Таблиц 3. Иллюстраций 60. Библиография 14.

## ВВЕДЕНИЕ

Рама является основанием, на котором монтируют все агрегаты и узлы автомобиля. Замена или ремонт рамы требует полной разборки автомобиля и последующей сборки его.

Если рама плохо отремонтирована и в процессе эксплуатации возникает необходимость в ее повторном ремонте, то эксплуатационные затраты и, следовательно, себестоимость перевозок резко возрастают.

Вместе с тем качеству ремонта рам уделяют незаслуженно мало внимания. Авторемонтные заводы не имеют технологической документации по ремонту деталей рам. Сварка, оказывающая решающее влияние на прочность ремонтируемых деталей, совершенно не регламентирована и не контролируется. При ремонте рам автомобилей-самосвалов применяют совершенно недопустимую модернизацию крепления надрамника. При капитальном ремонте рамы зачастую не моют.

В результате рамы собирают из дефектных деталей, и они быстро вновь разрушаются при эксплуатации автомобиля.

Поэтому одной из причин низкой рентабельности эксплуатации автомобилей после капитального ремонта остается недолговечность отремонтированных рам.

В НИИАТе проведено исследование производственных и технологических факторов, влияющих на качество ремонта деталей рам грузовых автомобилей, на основе исследования разработана рациональная технология ремонта деталей рам автомобилей ЗИЛ-164 и ЗИЛ-ММЗ-585.

Основной причиной, ограничивающей срок службы рам грузовых автомобилей, являются усталостные разрушения.

Это объясняется тем, что при движении автомобиля на его раму, помимо веса подвесных частей, действуют вертикальные динамические силы (при переезде неровностей дороги) и горизонтальные динамические силы, возникающие при торможении, разгоне и движении на повороте.

Горизонтальные силы не вызывают у рам существенных деформаций и практически не оказывают влияния на их прочность. Вертикальные же динамические силы имеют для прочности рамы решающее значение.

Подвесные массы автомобиля совместно с рессорами представляют собой колебательную систему, постоянно возбуждаемую при наезде на неровности дороги. Силы инерции подвесных масс, возникающие при колебаниях, вызывают постоянное изменение нагрузки на раму.

Если правые и левые колеса автомобиля встречают неровности одинакового профиля, то возбуждаются симметричные вертикальные нагрузки, вызывающие переменный изгиб рамы, если же препятствия неодинаковы, то возникают несимметричные вертикальные силы, под действием которых рама не только изгибается, но и закручивается.

Эти повторные или циклические нагрузки и вызывают у деталей рамы трещины усталости.

Систематические исследования усталостных разрушений деталей машин начались с середины прошлого века. В настоящее время вопросам усталостной прочности уделяют большое внимание. Начаты также исследования усталостной прочности рам грузовых автомобилей [8]. Только опираясь на накопленные знания в области усталостной прочности, и повышая качество отремонтированных деталей можно найти пути достижения высокой эксплуатационной надежности отремонтированных рам.

---

## Глава I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИИ

#### Основы усталостной прочности

Сопротивление материалов и конструкций действию нагрузок, систематически изменяющих свою величину или величину и знак, существенно отличается от сопротивления тех же объектов статическому и ударному действию нагрузок.

Части машин, подвергающиеся действию переменных нагрузок, разрушаются внезапно, без наличия заметных остаточных деформаций, при напряжениях, которым они сопротивляются вполне надежно, если нагрузка прикладывается статически.

Трещина усталости развивается постепенно, зарождаясь там, где напряжения по тем или иным причинам наиболее велики.

Переменные нагрузки могут быть охарактеризованы максимальной  $P_{\max}$  и минимальной  $P_{\min}$  величинами или соответствующими напряжениями  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\min}$  и частотой  $K$ . Частота не оказывает существенного влияния на усталостную прочность в пределах, имеющих значение для практики.

Сопротивляемость детали переменным нагрузкам может быть охарактеризована количеством  $N$  циклов нагружения, которое она выдерживает без разрушения при определенном значении максимальной нагрузки  $P_{\max}$  ( $\sigma_{\max}$ ).

В каждом конкретном случае существует некоторое значение максимальной нагрузки  $P_r$  ( $\sigma_r$ ), при которой деталь может выдержать без разрушения любое количество циклов нагружения. Это значение максимальной

нагрузки (напряжения) называется пределом выносливости.

Величина предела выносливости зависит в основном от свойств материала, характеристики цикла, типа деформации (растяжение, изгиб, кручение), конструктивных особенностей детали.

Предел выносливости определяют экспериментально. Для этого из данного материала изготавливают образцы, форма которых исключает возможность возникновения



Рис. 1. Диаграмма усталостной прочности в зависимости от количества циклов нагружения:  
 а — кривая выносливости в обычных координатах,  
 б — кривая выносливости в полулогарифмических координатах

повышенных местных напряжений. При испытании образцы доводят до разрушения переменной нагрузкой на усталостных машинах при разных значениях  $\sigma_{\max}$ . По результатам испытания строят кривую зависимости максимального напряжения цикла  $\sigma_{\max}$  от количества  $N$  циклов, необходимых для разрушения (рис. 1, а). В начале  $\sigma_{\max}$  быстро уменьшается с увеличением  $N$ , но после 4—5 млн. циклов уже нет заметного изменения значения  $\sigma_{\max}$ , и кривая асимптотически приближается к горизонтальной линии, в данном случае  $\sigma_{\max} = 19 \text{ кг/мм}^2$ .

Напряжение, соответствующее такой асимптоте, и есть предел выносливости данного материала.

При испытаниях на выносливость кривую  $\sigma_{\max}$  чаще строят в зависимости от логарифма числа циклов  $\lg N$  или в полулогарифмических координатах (рис. 1, б). При этом кривая оказывается состоящей из двух прямых — наклонной и горизонтальной. Горизонтальная прямая выражает величину предела выносливости.

Машины для испытания на усталость осуществляют один из видов переменной деформации образца: растяжение, изгиб или кручение. Предел выносливости одного и того же материала, полученный при одном виде деформации, существенным образом отличается от полученного при другом виде деформации.

Обычно испытания ограничивают некоторым количеством циклов, называемым базой испытания. Если при испытании сталей база выбирается меньше  $10 \cdot 10^6$  циклов, то напряжение  $\sigma_r$ , при котором образцы не разрушаются после выбранного количества циклов, условно принимают за предел выносливости. Часто ведут испытания сталей на базе  $5 \cdot 10^6$  циклов, так как при этом условный предел выносливости практически не отличается от действительного, а объем испытаний значительно сокращается.

Характеристикой цикла или коэффициентом асимметрии  $r$  называют отношение  $\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ . Если  $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$ , то  $r = -1$ , а предел выносливости обозначают  $\sigma_{-1}$ . Такой цикл является симметричным знакопеременным.

При значениях  $-1 < r < 0$  цикл будет знакопеременным асимметричным. При положительных значениях  $r$  цикл является асимметричным знакопостоянным.

Предел выносливости всегда меньше статического предела прочности, так как в противном случае образец разрушится при первом цикле нагружения. Если  $r = 1$ , то  $\sigma_{\max} = \sigma_{\min}$ , т. е. изменения нагрузки не происходит, в этом случае предел выносливости  $\sigma_{+1} = \sigma_k$  — пределу прочности. Следовательно, по мере увеличения асимметрии цикла предел выносливости увеличивается, приближаясь к пределу прочности.

Самой существенной особенностью усталостной прочности является то, что на нее решающее влияние оказывают местные напряжения, в то время как на статиче-

скую прочность они практически не влияют. Поэтому при расчетах конструкций, подвергающихся статическим нагрузкам, принимают во внимание только номинальные напряжения ( $\sigma_0$ ), определяемые по известным формулам сопротивления материалов для чисто призматических стержней.

При создании (или ремонте) конструкций, испытывающих переменные нагрузки, основное внимание необходимо уделять местным напряжениям. Местные напряжения возникают там, где нарушается призматическая форма стержней (надрезы, выточки, отверстия, изменение поперечного сечения и т. п.).

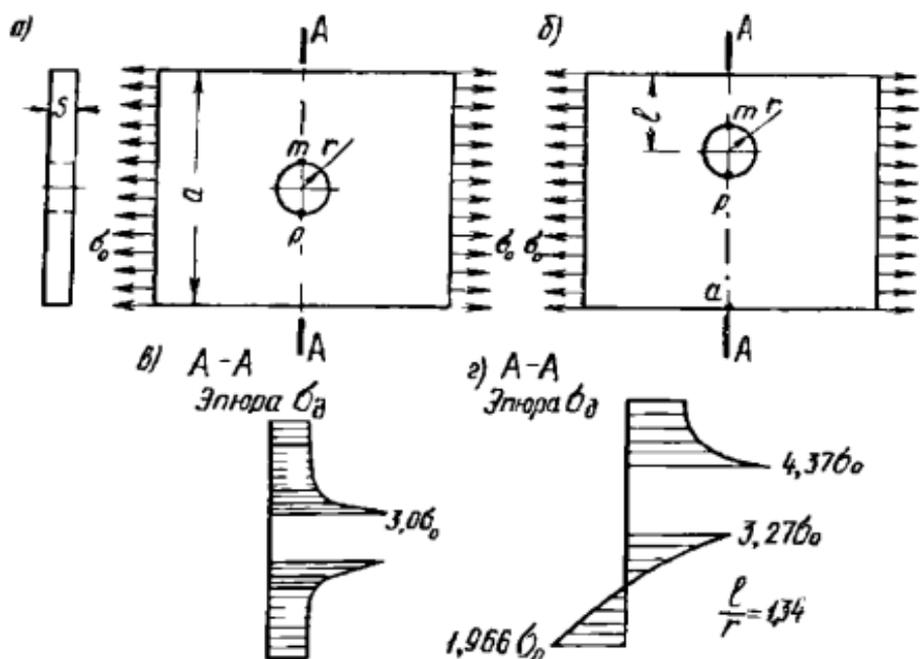


Рис. 2. Концентрация напряжений в полосе, ослабленной отверстием:  $\sigma_0$  — среднее напряжение;  $\sigma_{\text{д}}$  — действительное напряжение

Изменения формы детали, вызывающие концентрацию напряжений, называют факторами концентрации напряжений или просто концентраторами.

Определение действительного значения местных напряжений очень сложно и обычно составляет решение целой исследовательской проблемы.

Для некоторых характерных случаев эта задача решена. На рис. 2, в показана эпюра напряжений, возникающих в пластине с небольшим отверстием (рис. 2, а).

полученная путем расчета по формулам теории упругости [12] для сечения, проходящего через центр отверстия, перпендикулярно направлению растяжения.

Отношение  $\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0}$  представляет собой коэффициент концентрации напряжений  $K_T$ . Как видно из рис. 2, а и в, коэффициент концентрации у кромки отверстия в точках  $m$  и  $p$  достигает величины, равной 3.

Коэффициенты концентрации  $K_T$  имеют еще большую величину, если отверстие находится вблизи края пластины (рис. 2, б и г). Значения напряжения в точках  $a$ ,  $m$  и  $p$  приведены в зависимости от отношения расстояния от центра отверстия до края пластины к радиусу отверстия [12]:

$\frac{e}{r}$	. . . . .	3,11; 1,34
$a$	. . . . .	$0,596\sigma_0$ ; $-1,966\sigma_0$
$m$	. . . . .	$3,16\sigma_0$ ; $4,37\sigma_0$
$p$	. . . . .	$3,07\sigma_0$ ; $3,27\sigma_0$

Из сказанного следует, что коэффициенты концентрации напряжений в зоне круглых цилиндрических отверстий могут иметь очень большие значения.

Коэффициенты концентрации напряжений достигают еще больших значений в зоне отверстий эллиптической ормы.

Например, в полосе большой ширины, ослабленной эллиптическим цилиндрическим отверстием, наибольший коэффициент концентрации напряжений  $K_T = 2 + \frac{b}{a}$ , где  $b$  — ось эллипса, перпендикулярная направлению растяжения;

$a$  — другая ось.

У концов трещины, которую можно рассматривать как эллиптическое отверстие при  $a=0$ , теоретический коэффициент концентрации напряжения  $K_T = \infty$ . Решение оданной формуле неточно, так как при малых значениях  $a$  — величина деформаций, вызванных приложением внешних сил, оказывает существенное влияние на форму отверстия, и формула теряет свою силу. Вместе с тем высокой концентрацией напряжений объясняется то, что при наличии самых небольших трещин материал очень быстро разрушается под действием переменных нагрузок.

Мы упоминали, что для прочности конструкций из пластичных материалов, работающих при статических нагрузках, высокие местные напряжения не опасны. Поясним это положение.

Диаграммы растяжения пластического материала в координатах — напряжение  $\sigma$  и относительная деформация  $\delta$  (рис. 3). можно схематически представить в виде

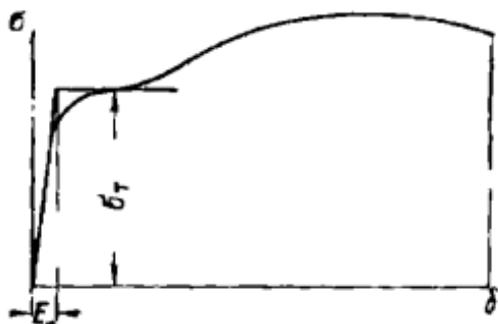


Рис. 3 Зависимость напряжения от деформации

двух прямых: одной — наклонной, выражающей зависимость силы от деформации в упругой области, другой — горизонтальной. Горизонтальная прямая указывает, что при напряжении, равном пределу текучести, деформация протекает пластически без увеличения нагрузки, приложенной к испытываемому элементу.

Вернемся к рассмотрению эпюры напряжений пластины, ослабленной отверстием (см. рис. 2). Допустим, что около отверстия напряжение достигло предела текучести  $\sigma_T$  (рис. 2, з). При увеличении нагрузки деформация возрастает, но напряжения вблизи кромки отверстия, как это следует из диаграммы рис. 3, остаются равными  $\sigma_T$ . С увеличением нагрузки эпюра начнет изменять свою форму, выравниваясь и примет очертание, близкое прямоугольному. Этим и объясняется незначительное влияние концентрации напряжений на статическую прочность.

Предел выносливости образцов с концентраторами напряжений всегда ниже, чем без них. Это снижение для некоторых материалов получается значительно меньше, чем можно было бы ожидать исходя из действительной концентрации напряжений. Для других материалов предел выносливости снижается почти пропорционально коэффициенту концентрации напряжений.

Большую или меньшую склонность к снижению предела выносливости под влиянием концентрации напряжений

ении называют чувствительностью к концентрации напряжений.

Обозначим через  $K_k$  коэффициент снижения предела выносливости при концентрации напряжений

$$K_k = \frac{\sigma_r}{\sigma_{rk}}$$

т. е. предел выносливости при концентрации напряжений.

Тогда чувствительность к концентрации напряжений можно характеризовать показателем

$$q = \frac{K_k - 1}{K_r - 1}$$

При предельно высокой чувствительности  $K_k = K_r$  и  $q = 1$ , при полном отсутствии чувствительности  $\sigma_r = \sigma_{rk} = 1$  и  $q = 0$ .

Более чувствительны к концентрации напряжений материалы с равномерной мелкозернистой структурой. Например, для образцов из легированных и закаленных углеродистых сталей значение  $q$  достигает 0,9, для низколегированных и незакаленных сталей  $q = 0,4 - 0,7$ . Чугун почти не чувствителен к концентрации ( $q = 0$ ). С увеличением размеров образца чувствительность к концентрации напряжений повышается.

Из изложенного следует вывод, что при выборе способов и технологии ремонта нужно стремиться избежать возникновения дополнительной концентрации напряжений.

Детали рамы с трещинами усталости ремонтируют варкой.

В сварных конструкциях концентрацию напряжений вызывают следующие дефекты:

технологические дефекты шва, такие как газовые пузыри (поры), шлаковые включения, подрезы, трещины, провары;

нерациональная конструкция соединений;

нерациональные очертания швов.

Около дефектных мест шва возникают высокие местные напряжения, приводящие к быстрому образованию трещин усталости. Качество швов оказывает большое влияние на усталостную прочность сварных конструкций.

Газовые швы представляют собой наиболее совершенную форму сварных соединений, в которых концентрация напряжений невелика.

Экспериментальным путем на моделях, изготовленных из прозрачного материала, при помощи просвечивания поляризованным светом установлены величины нормальных напряжений в зоне стыковых швов [12].

На рис. 4, а изображена форма исследованного стыкового шва. На рис. 4, б показано распределение нормальных напряжений, действующих в направлении, перпендикулярном шву, полученное при замере в различных точках по длине модели. На рис. 4, в и г показано распределение нормальных напряжений в сечениях А—А; Б—Б; В—В.

Наибольший коэффициент концентрации напряжений, как видно из рис. 4, б, оказался равным 1,6.

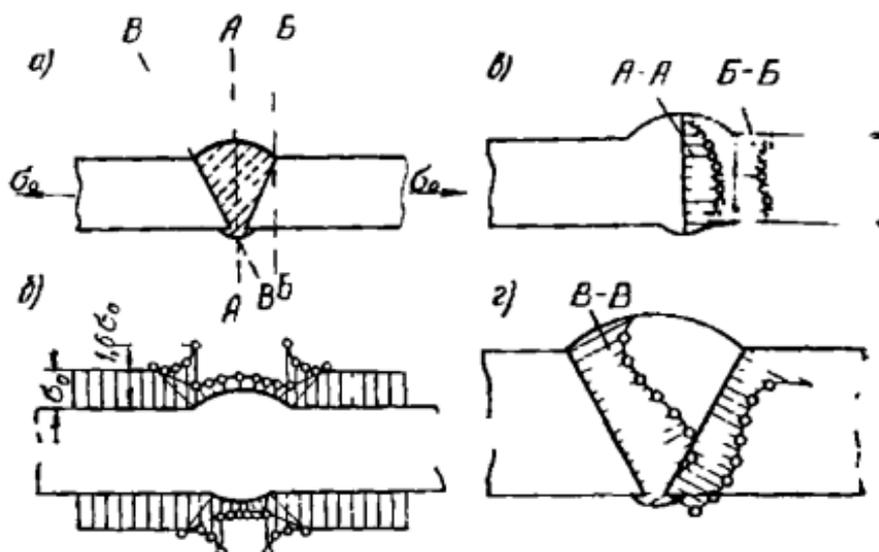


Рис. 4. Распределение напряжений в стыковом сварном шве

Экспериментальной модели было придано идеальное очертание шва с незначительным, плавно снижающимся к поверхности основного материала усилением. При таком очертании поперечное сечение изменяется плавно, концентрация напряжения невелика. Если усиление шва окажется выше или будет резко снижаться к поверхности основного металла, то концентрация напряжений может оказаться значительной.

Мы не располагаем сведениями о распределении напряжений в сварных соединениях внахлестку, но можно использовать публикации о результатах многочисленных

опытов по определению предела выносливости таких соединений. На рис. 5 показана форма и размеры образцов из листового титана марки ВТ1Д толщиной 1,5 мм и указаны их пределы выносливости, определенные при пере-

Характеристика образца и способ сварки	Эскиз соединения	Предел прочности, кг/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, кг/мм <sup>2</sup>
Основной материал	$B=20$	60	28
Аргодуговая сварка	$\delta=1,5$	60	20
то же	$B=20$	60	10
"	$\delta=1,5$	60	4,2
"	$B=30$	60	2,5
"	$\delta=1,5$	60	2,5
Рольфовая сварка	$B=20$	60	5
образцы изготовлены из цельной заготовки	$\delta=2$	60	10
резервацией	$\delta=4$	60	10

Рис. 5. Реультаты испытания сварных образцов из листового титана:

$B$  — ширина образца, мм;  $\delta$  — толщина образца, мм

менном растяжении [14]. Как видно, основным материал мел предел выносливости, равный 28 кг/мм<sup>2</sup>; образец, аренный встык, — 20 кг/мм<sup>2</sup>; образец, сваренный внахлестку двумя лобовыми швами, — 10 кг/мм<sup>2</sup>; образ-

цы, сваренные из полос разной ширины только фланговыми швами, а также фланговыми и лобовыми швами  $K_k \approx 2,5 \text{ кг/мм}^2$ .

Образец, изготовленный фрезерованием из цельного куска по форме сварного соединения внахлестку, имеет такой же предел выносливости, как и сварной образец. Этот последний эксперимент показывает, что при соединении внахлестку решающим является не наличие шва или его расположение, а резкое увеличение поперечного сечения образца. Подобный же результат был получен при исследовании [9] образцов из малоуглеродистой стали, сваренных внахлестку фланговыми (продольными) и лбовыми швами. В обоих случаях предел выносливости оказался одинаковым.

По данным, приведенным на рис. 5, видно, что у образцов, сваренных внахлестку и изготовленных фрезерованием,  $K_k$  оказалось равным 2,8. В работе М. А. Эльшевой [14] не приведены данные о чувствительности материала к концентрации напряжений, но  $q$  не может быть больше 0,9, а, следовательно,  $K_k \geq 3$ .

Изложенное показывает, что при ремонте рам целесообразно применять стыковые сварные швы. Предел выносливости металла шва должен быть несколько больше предела выносливости основного материала, чтобы исключить усталостное разрушение шва. Выполнение этого требования обеспечивается правильным выбором способа и режима сварки, а также качественным выполнением шва без отмеченных выше дефектов.

При соблюдении рассмотренного условия предел выносливости сварного соединения встык получается даже на 25—35% ниже, чем у основного материала. Это объясняется не только концентрацией напряжений у окончания шва, но и снижением предела выносливости основного материала в зоне термического влияния, а также наличием в ней остаточных напряжений растяжения.

Усталостная прочность сварного соединения может быть повышена до уровня прочности основного материала поверхностным наклепом.

Например, при испытании переменным изгибом вращающегося образца из стали 45 предел выносливости оказался равным  $23,7 \text{ кг/мм}^2$  [9]. Такие же образцы приваренной двумя кольцевыми швами втулкой имеют предел выносливости только  $10,7 \text{ кг/мм}^2$ , а после дроб-

стружки при обработке и наклепа пневматическим молотом в штампах и зоны термического влияния предел выносливости поднялся соответственно до 22,4 кг/мм<sup>2</sup> и 22,7 кг/мм<sup>2</sup>.

### Прочность новых и отремонтированных рам

Вопросам прочности автомобильных рам посвящено много работ в нашей стране и за рубежом. Эти работы почти исключительно направлены на создание методики ремонта рам на изгиб и кручение [2].

В настоящее время, в основном усилиями советских ученых, созданы методы расчета рам на изгиб статической и динамической нагрузками и на кручение статической нагрузкой.

Достаточно хорошо известно, что рамы автомобилей разрушаются от действия переменных нагрузок, вместе с тем почти нет опубликованных работ по исследованию их усталостной прочности. Можно лишь сослаться на работу ЦНИИСК<sup>1</sup>, выполненную совместно с ГОСНИТИ<sup>2</sup> [6]. Эта работа, по нашему мнению, может стать основой для совершенствования конструкции автомобильных рам и существенного повышения их усталостной прочности. Она, как будет показано ниже, использована для разработки рациональных методов ремонта рам автомобилей.

Так как усталостные разрушения рам грузовых автомобилей очень многообразны, то утвердилось мнение, что, только воспроизводя весь комплекс силовых действий, которым рамы подвергаются в эксплуатации, можно оценить усталостную прочность их конструкций. Поэтому и основным видом испытаний рам считаются эксплуатационно-дорожные испытания [2]. Но при таких испытаниях практически невозможно создать идентичные условия для сравниваемых образцов, кроме того, такие испытания очень длительны, они исчисляются годами. Все это практически исключает возможность совершенствования конструкции или способов ремонта, основываясь такой методикой.

<sup>1</sup> Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. Кучеренко.

<sup>2</sup> Государственный всесоюзный научно-исследовательский технический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторно-

При разработке ускоренной методики [6] исходили из следующих предположений:

1. Усталостная прочность рамы зависит не от совокупности всех факторов, определяющих сложность фактически действующей в условиях эксплуатации системы сил, а является функцией лишь некоторых, решающих факторов, которые и должны быть воспроизведены на стенде.

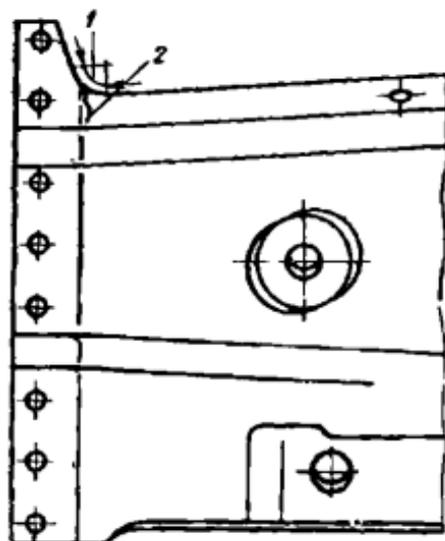


Рис. 6. Трещина на первой поперечине рамы автомобиля ЗИЛ-164 по галтели ушка нижней полки;  
1 — участок для контроля; 2 — трещина

факторов, которые и должны быть воспроизведены на стенде.

2. Решающими факторами являются такие виды нагружения рамы, как переменный изгиб и переменное кручение, а в пределах каждого вида — схемы приложения нагрузок (схемы нагружения).

3. Каждому виду нагружения соответствует свой особый характер усталостного излома узла или детали.

4. Критерием правильности воспроизведения нагрузки и схемы нагружения является полная аналогия усталостных разрушений полученных на стенде наблюдающихся в эксплуатации.

В дальнейшем были воспроизведены на стендах все характерные эксплуатационные разрушения деталей рамы и их узлов.

Оказалось, что от переменного изгиба возникают трещины усталости в средней части продольной балки рамы.

Трещины на поперечинах рамы возникают главным образом от переменного кручения. Лишь в одном случае причиной образования трещин (рис. 6) на поперечине оказался переменный изгиб.

На концах продольных балок рамы в узлах пересечения поперечины и поперечины буксирного прибора трещины возникают также от переменного кручения. Этот же вид

нагрузки является причиной разрушения заклепочных соединений.

Нагружение рам в сборе, их отдельных узлов и деталей переменным изгибом или переменным кручением осуществлялось главным образом на стендах с использованием резонансного принципа. В отдельных случаях нагружение осуществлялось при помощи гидропульсационных установок.

Рассмотренная методика была использована для проверки эффективности некоторых способов ремонта [5]. Были взяты два наиболее часто встречающихся дефекта: трещина в средней части продольной балки от изгиба и трещина продольной балки от кручения в узле первой поперечины.

Первый дефект устраняли по следующей технологии: определяли границы трещины; просверливали отверстия диаметром 5 мм на расстоянии 10 мм от видимой границы трещины по линии ее направления; зачищали поверхности по обе стороны трещины на ширине 20 мм наждачным кругом с гибким валом; разделяли кромки трещины под углом 90° на глубину 4 мм; заваривали трещины электродами УОНИ-13/55, диаметром 3 мм и постоянным током силой 110—120 а, зачищали шов заподлицо с основным металлом; приваривали треугольную накладку электродом той же марки диаметром 5 мм при силе постоянного тока, равной 200—220 а.

При ремонте второго дефекта разделку и заварку трещины осуществляли так же как и при ремонте первого дефекта, зачищали шов заподлицо с основным металлом, но усиливающую накладку не приваривали.

У части отремонтированных деталей шов и околошовную зону упрочняли поверхностным наклепом при помощи пневматического молотка или головки со свободно падающими бойками. При этом использовали суппортное приспособление, укрепляемое на продольной балке рамы при помощи струбцины.

Рамы в сборе после устранения повреждений в средней части продольных балок испытывали на резонансном стенде (рис. 7).

Узел первой поперечины с отрезанными участками отремонтированных продольных балок испытывали переменным кручением на резонансном стенде (рис. 8).



Рис. 7. Стенд для испытания автомобильных рам переменным изгибом

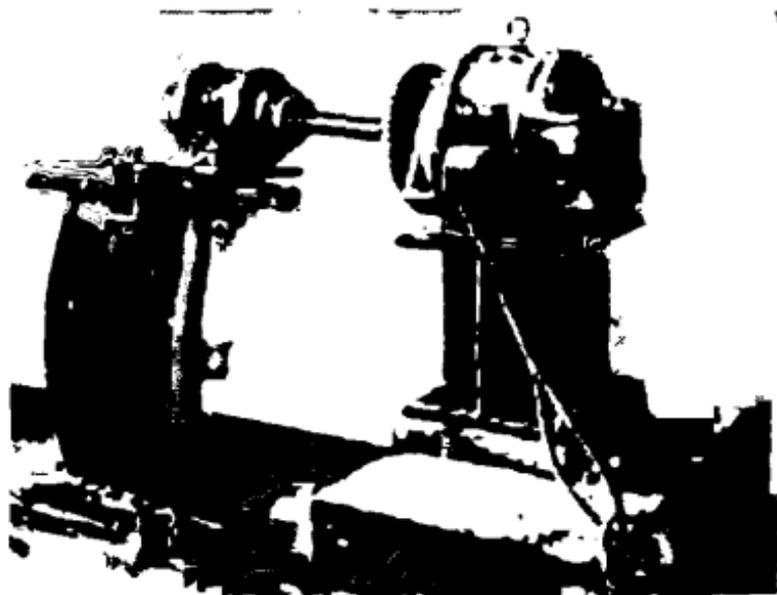


Рис. 8. Стенд для испытания продольных балок рамы автомобиля в узле первой поперечины переменным кручением

В табл. 1 приведены результаты испытания продольных балок переменным изгибом, а в табл. 2 — переменным кручением.

Таблица 1

Испытуемое сечение рамы	Балки	Максимальное напряжение цикла, кг/мм <sup>2</sup>	Минимальное напряжение цикла, кг/мм <sup>2</sup>	Количество циклов до разрушения, тыс.
II	Отремонтирована, наклепана пневматическим молотком	17,5	2,0	1852,0
		21,0	3,5	365,0
II	Отремонтирована, не упрочнялась	17,5	2,0	567,0
		21,0	3,5	97,5
II	Отремонтирована, не упрочнялась	17,5	2,0	1220,0
		21,0	3,5	276,0
I	Отремонтирована, не упрочнялась	21,0	3,5	149,0
II	Отремонтирована, наклепана пневматическим молотком	17,5	2,0	1867,0
		21,0	3,0	1150,0
II	Отремонтирована, наклепана пневматическим молотком	17,5	2,0	1090,0
		21,0	3,5	650,0
I	Новая	18,0	3,5	2364,1
I	Новая:			
I	первая ступень испытания	18,0	3,5	1500,0
		22,5	4,5	513,3
I	Новая:			
I	первая ступень испытания	18,0	3,5	1467,7
		22,5	4,5	561,6

Примечание. I сечение — по заклепке средней поперечины; II сечение — по заклепке третьей поперечины.

Авторы статьи [5] не приводят для сравнения данные испытаний на тех же стендах новых продольных балок. Однако мы включили в упомянутые таблицы эти данные, заимствованные из другой статьи тех же авторов [7].

Рассматривая табл. 2, замечаем, что при сравнении упрочненной и неупрочненной продольных балок одной рамы обнаруживается увеличение долговечности упрочненных наклепом балок в 2-4 раза по отношению к неупрочненным. Однако если сравнивать долговечность всех упрочненных и неупрочненных балок безотносительно их принадлежности к той или иной раме, то окажется, что верхний предел для неупрочненных балок

Таблица 2

Номер рамы, из которой вырезан эле- мент	Максималь- ное напряже- ние в опасном сечении, кг/мм <sup>2</sup>	Количество циклов до разрушения		
		отремонтированные продольные балки		Новые продольные балки
		без упрочнения	с упрочнением	
2	15	38500	85500	—
11	15	40500	165000	—
12*	15	13800	42000	—
13	15	56900	106400	—
—	15	—	—	514700

\* Шов имеет дефекты сварки (поры).

(56900 циклов) оказывается выше нижнего предела для упрочненных балок (42600 циклов).

Если же сравнить долговечность отремонтированных и упрочненных наклепом балок с выносливостью новой балки, то окажется, что лучшая из отремонтированных балок в 3 раза, а худшая в 37 раз менее выносливы, чем новая. Заметим, в НИИАТе на таком же стенде, по той же методике, при том же напряжении было испытано семь новых продольных балок и они выдержали от 340 до 648 тыс. циклов (см. рис. 34), что согласуется с данными табл. 2.

Рассмотренные данные свидетельствуют о неудовлетворительной технологии ремонта, примененной авторами, чем и объясняется большое рассеивание и низкий уровень долговечности отремонтированных деталей. Вместе с тем эти данные свидетельствуют об эффективности упрочнения отремонтированных деталей наклепом.

Анализ данных табл. 1 затруднен ввиду того, что режим испытания новых балок и балок отремонтированных в I и II сечениях были неодинаковы.

Для облегчения анализа мы представили данные табл. 1 в виде диаграммы (рис. 9), в которой высота столбиков пропорциональна количеству циклов, испы-

танных балкой до разрушения. Отремонтированные балки с 1 по 3 и с 6 по 8 были упрочнены наклепом, а отремонтированные балки 4, 5, 9, 10 и 11 не упрочняли. Балки с 1 по 5 испытывали во II сечении при  $\sigma_{\max} = 17,5 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_{\min} = 2,0 \text{ кг/мм}^2$ , а балки с 6 по 11 — испытывали в I сечении при  $\sigma_{\max} = 21 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_{\min} = 3,5 \text{ кг/мм}^2$ . Новую балку 12, 13 и 14 испытывали при  $\sigma_{\max} = 18 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_{\min} = 3,5 \text{ кг/мм}^2$ , до 1500 и 1467,7 циклов (пунктирная линия на 13 и 14 балках) затем увеличили нагрузку до  $\sigma_{\max} = 22,5 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_{\min} = 4,5 \text{ кг/мм}^2$

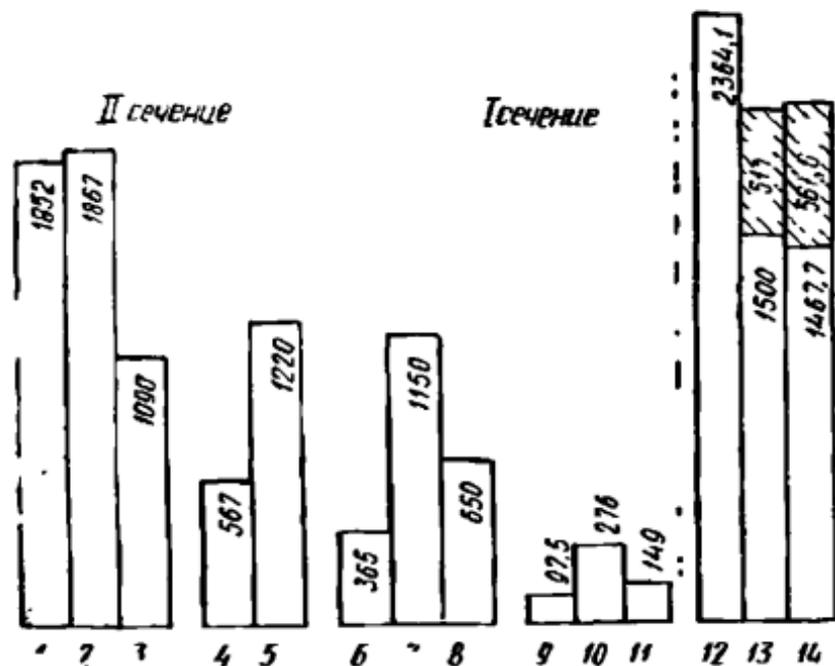


Рис 9. Усталостная прочность отремонтированных и новых продольных балок рамы автомобиля ЗИЛ-164

(заштрихованная часть балок 13 и 14). Из диаграммы видно существенное преимущество новых балок 12, 13 и 14, хотя их испытывали, как было указано, при более тяжелом режиме нагружения. По-видимому, при одинаковом режиме испытания это преимущество выявилось бы более четко, как мы это заметили при рассмотрении результатов испытания на кручение. Вместе с тем на диаграмме хорошо выявляется преимущество отремонтированных и упрочненных наклепом балок 1, 2, 3 (во II сечении) и 6, 7 и 8 (в I сечении) в сравнении с такими

же неупрочненными балками 4, 5 (во II сечении) и 10, 11 (в I сечении).

При ремонте этих рам технология была, по-видимому, отработана несколько лучше, чем при ремонте поврежденными от переменного кручения, однако технология все же не обеспечивает полного восстановления выносливости деталей.

В целом рассмотренная работа не может быть использована для разработки производственной технологии ремонта автомобильных рам, вместе с тем она указывает, что наклепом можно существенным образом повысить усталостную прочность отремонтированных рам.

Из данных таблиц 1 и 2 следует, что отремонтированные без упрочнения детали рамы значительно менее выносливы, чем новые.

## Глава II

### ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ РАМЫ

#### Задачи исследования

Назначение капитального ремонта состоит в том, чтобы по возможности более полно восстановить эксплуатационные качества объекта.

Применительно к деталям рамы задача заключается в восстановлении их усталостной прочности до уровня, близкого или равного усталостной прочности новых деталей.

Каждая деталь или конструкция в целом в общем случае может выдержать некоторое количество циклов нагружения, которое можно условно назвать ее запасом долговечности. Если данный объект испытал действие меньшего количества циклов, то хотя он и не разрушился, но уже израсходовал какую-то долю запаса долговечности.

Следовательно, запас долговечности деталей рам автомобилей, поступающих в капитальный ремонт, в большей или меньшей степени снижен независимо от того, имеются ли на них трещины усталости и насколько хорошо отремонтированы поврежденные места.

Мы отмечаем, что трещины усталости развиваются постепенно от мест своего зарождения. В капитальный ремонт могут поступать детали с повреждениями, достигшими большей или меньшей фазы своего развития. В начальной фазе обнаружение трещин усталости затруднительно. Вместе с тем при наличии самых незначительных трещин использование деталей для сборки рам совершенно недопустимо, так как они очень быстро разрушаются при последующей эксплуатации автомобиля.

Таким образом, для решения сформулированной нами задачи капитального ремонта деталей рамы необходимо изыскать следующие надежные способы:

- обнаружения трещин усталости на деталях рамы;
- получения сварного соединения, выносливость которого была бы равна или близка к выносливости основного материала детали;
- восстановления усталостной прочности деталей целом.

С этой целью были выполнены исследования:

- характера дефектов деталей рам автомобилей, поступающих в капитальный ремонт, частоты повторяемости и способов обнаружения дефектов;
- выносливости сварных соединений в зависимости от технологии сварки;
- способов ремонта деталей рамы;
- способов упрочнения деталей рамы и сварных соединений

Дефекты деталей исследовали путем анализа данных полученных при осмотре рам в процессе их разборки и сортировки деталей на авторемонтном заводе, а также при помощи специальных экспериментов по обнаружению мало заметных трещин усталости различными способами.

Способ сварки, ремонта и упрочнения рам исследовали при испытании на усталость образцов и натуральных деталей рам.

### Исследование дефектов деталей рамы

Мы упоминали, что в ЦНИИСКе и ГОСНИТИ выполнена работа по анализу и классификации усталостных разрушений рам грузовых автомобилей [8]. Все наблюдаемые разрушения элементов рам удалось разбить на сравнительно небольшое количество характерных поломок. При этом оказалось целесообразным рассматривать отдельно поломки продольных балок и поломки поперечин. В свою очередь, каждая из этих групп поломок разделяется на разрушения от переменного изгиба и от переменного кручения. Разрушения продольных балок от изгиба, начинающиеся на полках и на стенках корытообразного профиля, рассматриваются отдельно.

Далее, каждая трещина усталости характеризуется особенностями фактора концентрации напряжений, у которого она зарождается, и направлением ее дальнейшего развития.

Излагаемые ниже характеристики отдельных групп поврежденных деталей рамы автомобилей ЗИЛ-164 (585) составлены на основе исследований, выполненных в ЦНИИСКе, ГОСНИТИ [6, 8] и, частично, в НИИАТе [3].

Трещины на полках продольных балок от переменного изгиба зарождаются почти исключительно у отверстий в самих полках или в стенке, но расположенных близко к полке.

Трещины усталости возникают под действием переменных напряжений растяжения. Сжатие не вызывает явлений усталости.

У продольных балок рам грузовых автомобилей наибольшие напряжения растяжения при изгибе возникают в нижней полке у переднего края платформы [2]. Здесь чаще всего и возникают трещины усталости от переменного изгиба, начинаясь от отверстий для средней поперечины в нижней полке или от отверстия для кронштейна топливного бака в стенке. Это отверстие 1 (см. рис. 24) расположено близко к нижней полке.

Нередко трещины продольных балок от изгиба возникают и у других отверстий.

Иногда трещины от изгиба возникают у местных искривлений (гофров) на полках продольной балки. Местные искривления могут иметь технологическое происхождение или возникать вследствие статических или динамических перегрузок.

Трещины усталости могут зарождаться у гофров, расположенных в зоне сжатия. Тензометрирование и теоретические расчеты [10] показали, что в зоне сжатия при деформации гофра в его волокнах возникают довольно высокие напряжения растяжения, чем и объясняется образование трещин усталости.

Трещины усталости от изгиба развиваются строго перпендикулярно продольной оси балки. У отверстия, расположенного в середине полки, трещины зарождаются одновременно на диаметрально противоположных кромках отверстия в сечении, проходящем через его центр.

Трещина, проходящая по отверстию для кронштейна топливного бака, зарождается сначала со стороны полки. С противоположной стороны отверстия трещина иногда не обнаруживается до тех пор, пока первая трещина не достигнет кромки полки.

Трещины от изгиба на стенке продольной балки возникают в зоне крепления кронштейнов задней и дополнительной рессор. Вертикальная изгибающая сила здесь приложена не непосредственно к продольной балке, а к кронштейну, прикрепленному к стенке. Этим обусловлена деформация (выпучивание) стенки, которая вызывает возникновение трещины усталости. Большая часть трещины зарождается на кромках отверстий для заклепок кронштейна в радиальном направлении под произвольным углом к горизонтали, но очень быстро в этом направлении меняется, переходя в горизонтальное.

Иногда трещины зарождаются у верхнего контура кронштейна. Задерживающаяся у кронштейна влага вызывает глубокую коррозию стенки, которая и является фактором концентрации напряжений.

Подобные же трещины возникают у отверстий для заклепок раскосов поперечины буксирного прибора. Здесь деформация стенки возникает при переменном закручивании рамы.

Трещины на полках продольных балок от переменного кручения наблюдаются в узлах первой поперечины и поперечины буксирного прибора.

Угол закручивания рамы невелик и возникающие при этом напряжения намного ниже предела выносливости. Поэтому в свободной части балки трещины от кручения не наблюдаются.

Первая поперечина имеет очень жесткую конструкцию благодаря большой ширине. Она стесняет деформацию закручивания продольной балки, поэтому в месте соединения этих деталей заклепками, на полке продольной балки возникают высокие местные напряжения, приводящие к образованию трещин усталости.

В отличие от поломок, вызванных изгибом, здесь трещина зарождается не на кромке отверстия, а на кромке полки, но в сечении, ослабленном отверстием.

Аналогичные трещины возникают у заклепок крепления поперечины буксирного прибора. Здесь кручение стесняется раскосами.

Поперечины не несут больших вертикальных нагрузок и не испытывают нагрузки при изгибе рамы, поэтому и происхождение трещин на этих деталях может быть объяснено в большинстве случаев деформацией кручения.

Исключение составляет первая поперечина рамы автомобиля ЗИЛ-164, у которой трещины возникают в месте резкого изменения профиля поперечного сечения при переходе к ушку нижней полки (см. рис. 6). Это разрушение удалось воспроизвести в ЦНИИСКе только при переменном изгибе поперечины.

Первая поперечина нагружена частью веса двигателя. Если даже учесть динамические силы, возникающие при движении автомобиля по дороге с неровным покрытием, то при подсчете по обычным формулам сопротивления материалов в опасном сечении поперечины напряжения окажутся незначительными.



Рис. 10. Эксплуатационное разрушение поперечины рамы автомобиля ЗИЛ-164:  
а — трещина, возникшая в эксплуатации;  
б — место расположения трещины по поперечине;

1 — трещина; 2 — участок для контроля

По-видимому, причиной разрушения являются высокие местные напряжения, вызванные резким изменением профиля поперечного сечения.

У средней поперечины трещина зарождается на кромке нижней полки в месте увеличения поперечного сечения детали (рис. 10). Это повреждение воспроизведено при переменном кручении.

Третья поперечина имеет сложную конфигурацию с перегибами и изменениями жесткости поперечного сече-

ния. Эти факторы концентрации напряжений вызывают образование при кручении рамы трещин, начинающихся с кромки профиля (рис. 11).

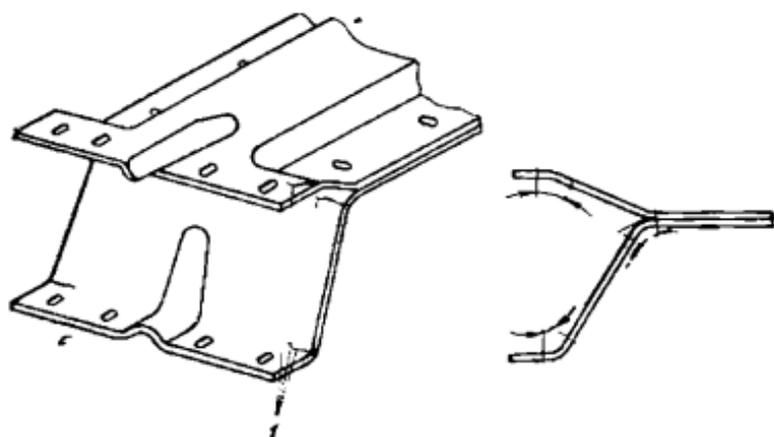


Рис. 11. Эксплуатационные разрушения третьей поперечины рамы автомобиля ЗИЛ-164:

1 — трещины; 2 — участок для контроля

Раскосы буксирного прибора разрушаются в местах резкого изменения профиля поперечного сечения вблизи крепления к продольной балке и поперечине (рис. 12).

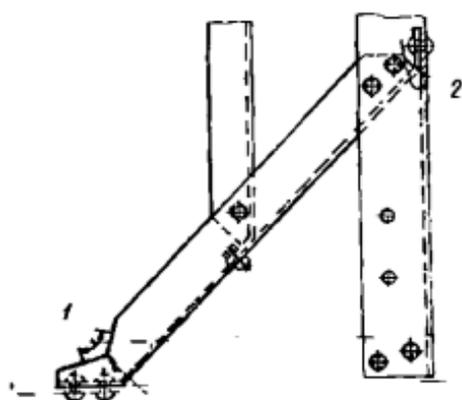


Рис. 12. Эксплуатационные разрушения раскоса поперечины буксирного прибора рамы автомобиля ЗИЛ-164:

1 — участок для контроля; 2 и трещины

Иногда приписывают возникновение этих трещин действию усилия со стороны буксируемого прицепа, но в этом случае нельзя объяснить, почему эти поломки встречаются на автомобилях - самосвалах ЗИЛ-ММЗ-585, работающих без прицепа. В действительности причиной этих разрушений является переменное кручение. Эти разрушения были воспроизведены на стенде именно при этом виде нагрузки.

Нельзя не обратить внимания на тот факт, что на четвертой поперечине и поперечине буксирного прибора

рамы автомобиля ЗИЛ-164, а также на аналогичных поперечинах (пятой и шестой) рамы автомобиля ГАЗ-51 никогда не наблюдаются трещины усталости. Это, по всей видимости, объясняется простотой их формы с постоянным профилем поперечного сечения и малой жесткостью этих деталей при кручении.

При осмотре 113 рам автомобилей ГАЗ-51 и 100 рам автомобилей-самосвалов ЗИЛ-ММЗ-585, поступивших в капитальный ремонт [3], повреждения деталей усталостного характера были обнаружены у 80% рам автомобилей ГАЗ-51 и 82% рам автомобилей-самосвалов ЗИЛ-ММЗ-585. В табл. 3 эти повреждения были сгруппированы по характеру мест концентрации напряжений, у которых зарождаются трещины. Кроме того, в табл. 3 указано, каким видом нагрузки вызвано то или иное повреждение.

Оказалось, что наиболее часто встречаются следующие повреждения (цифры показывают, какой процент осмотренных рам имел данное повреждение):

	Автомобили-самосвалы ЗИЛ-164 ММЗ-585	Автомобили ГАЗ-51 и ГАЗ-93
Трещины продольных балок по заклепкам первой поперечины . . . . .	43	8
Трещины первой поперечины . . . . .	48	30
Трещины продольных балок в средней части (от изгиба) . . . . .	34	44
Трещины средней поперечины (для ГАЗ-51, третья поперечина) . . . . .	32	14
Трещины на стенках продольных балок . . . . .	24	32
Трещины расколов поперечины буксирного прибора . . . . .	24	—

Осмотр рам, результаты которого были нами рассмотрены, выполнялся совместно с дефектовщиком авторемонтного завода, без принятия каких-либо мер для выявления малозаметных трещин, как это обычно делается на авторемонтных заводах.

Позже НИИАТом была проведена опытная дефектовка деталей рамы, при которой места концентрации напряжений, где обычно возникают трещины усталости, зачищали вращающейся стальной щеткой. Зачищенные места осматривали при помощи лупы.

Таблица 3

Места концентрации напряжений	Количество рам, имевших трещины				Деформация, вызывающая разрушение
	у автомобилей ГАЗ-51 и ГАЗ-93		у автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585		
	штук	%	штук	%	
<b>I. Продольные балки</b>					
<b>Неиспользуемые отверстия:</b>					
для крепления раздаточной коробки . . . . .	12	10,6	-	-	Изгиб
для крепления дополнительного топливного бака . . . . .	13	11,5	-	-	То же
технологические . . . . .	1	0,89	1	1	"
для крепления кронштейна запасного колеса (на левой продольной балке) . . . . .	-	-	2	2	"
<b>Всего:</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>Отверстия для крепления агрегатов, узлов и деталей автомобиля:</b>					
резинового упора задней рессоры . . . . .	1	0,89	-	-	Изгиб
кронштейна стержня запасного колеса . . . . .	3	2,7	-	-	То же
усилительной поперечины кронштейна кузова . . . . .	3	2,7	-	-	"
кронштейна кабины . . . . .	2	1,75	-	-	"
кронштейна запасного колеса на правой продольной балке . . . . .	1	0,89	-	-	"
прочих деталей . . . . .	-	-	3	3	"
<b>Всего:</b>	<b>10</b>	<b>8,9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	
<b>Заклепки крепления деталей рамы к полкам продольной балки.</b>					
первой поперечины к верхней и нижней полкам переднего кронштейна передней рессоры . . . . .	9	8	43	43	Кручение
заднего кронштейна передней рессоры . . . . .	1	0,89	-	-	То же
второй поперечины . . . . .	1	0,89	1	1	Изгиб
третьей поперечины . . . . .	-	-	11	11	То же
	1	0,89	1	1	"

Продолжение табл. 3

концентрации напряжений	Количество рам, имеющих трещины	Деформация, вызывающая разрушение			
		у автомобилей ГАЗ-51 и ГАЗ-93		у автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585	
		штук	%	штук	%
поперечины буксирного прибора	—	—	9	9	Кручение
Всего:	12	10,7	65	65	
Заклепки крепления деталей рамы к стенке продольной балки:					
переднего кронштейна задней рессоры	16	14,2	3	3	Изгиб
переднего кронштейна дополнительной рессоры	9	8	6	6	То же
заднего кронштейна дополнительной рессоры	4	3,5	9	9	.
заднего кронштейна задней рессоры и раскосов	5	4,4	2	2	.
Всего:	34	30,1	20	20	
Места контакта продольной балки:					
с платформой (потертость на верхней полке балки около третьей поперечины)	2	1,78	—	—	Изгиб
кронштейнами задних рессор по контуру кронштейнов	2	1,78	4	4	То же
Всего:	4	3,56	4	4	
Места резкого увеличения жесткости продольной балки, усиленной поперечинами:					
второй поперечной	—	—	4	4	Изгиб
третьей поперечной	—	—	2	2	То же
поперечной буксирного прибора	2	1,78	—	—	.
Всего:	2	1,78	6	6	
Местные искривления полок (фры)	—	—	5	5	

Места концентрации напряжений	Количество рам, имевших трещины				Деформация вызывающая разрушение
	у автомобилей ГАЗ-51 и ГАЗ-93		у автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585		
	штук	%	штук	%	
<b>II. Поперечины</b>					
Заклепки крепления к продольной балке:					
первой поперечины по второй заклепке нижней полки продольной балки спереди . . . . .	26	23	—	—	Кручение То же
то же сзади . . . . .	8	7,05	—	—	
четвертой поперечины (ГАЗ-51) к верхней полке . . . . .	2	1,78	—	—	
<b>Всего:</b>	<b>36</b>	<b>31,8</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	
Заклепки, соединяющие части третьей (ЗИЛ-164) и четвертой (ГАЗ-51) поперечины . . . . .	17	15	1	1	.
Отверстия крепления агрегатов, узлов и деталей:					
кронштейна кабины к третьей поперечине (ГАЗ-51) . . . . .	3	2,65	—	—	.
кронштейна радиатора к первой поперечине . . . . .	1	0,89	—	—	.
<b>Всего:</b>	<b>4</b>	<b>3,5</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	
Неиспользуемые отверстия на третьей поперечине (ГАЗ-51)	6	5,3	—	—	.
Изогнутая кромка ушка первой поперечины . . . . .	—	—	48	48	Изг.
Изогнутая кромка полки средней поперечины . . . . .	—	—	32	32	Кручение
Место перегиба у раскосов . . . . .	—	—	24	24	
Место сопряжения кронштейна четвертой поперечины (ГАЗ-51) с кромкой нижней полки продольной балки . . . . .	1	0,89	—	—	.
Место сопряжения нижней части третьей поперечины (ЗИЛ-164) с нижней полкой продольной балки . . . . .	—	—	1	1	.

Таким образом, на авторемонтном заводе было осмотрено 75 продольных балок и 22 средних поперечины рам автомобилей ЗИЛ-164 и автомобилей-самосвалов ЗИЛ-ММЗ-585, поступивших на сборку в качестве годных без ремонта деталей. На 16 продольных балках (20%), и на 7 поперечинах (30%) были обнаружены трещины, незаметные без зачистки.

Попытка применить магнитный способ для выявления малозаметных трещин не дала положительных результатов. После обычной мойки деталей места возможного возникновения трещин были еще настолько загрязнены, что сосредоточение частиц магнитного порошка обнаружить было трудно.

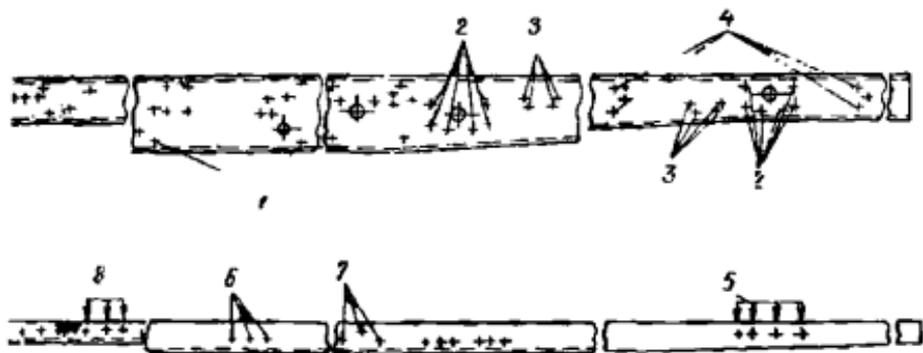


рис. 13 Места опасной концентрации напряжений на продольных балках рам автомобиля ЗИЛ-164 и автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585:

1 — кромка нижних отверстий для кронштейнов топливного бака и аккумуляторной батареи; 2 — кромки отверстий для кронштейнов задней рессоры контур пружины прилегания кронштейнов; 3 — кромки отверстий для кронштейнов в дополнительной рессоры; 4 — кромки отверстий для раскоса буксирного прибора; 5 — кромки профиля против заклепок для поперечины буксирного прибора автомобиля самосвала ЗИЛ-ММЗ-585 на верхней и нижней полках; 6 — кромки отверстий для кронштейна запасного колеса; 7 — кромки отверстий для средней поперечины на нижней полке; 8 — кромка профиля против отверстий для заклепок передней поперечины на верхней и нижней полках

После зачистки проверяемых мест стальной щеткой обнаружение магнитного порошка было хорошо заметно, в этом случае трещины было легко обнаружить и без магнитной обработки. Пользование душой облегчало эту задачу.

Зачисткой мест концентрации напряжений на деталях рамы и тщательным осмотром этих мест при помощи душой обеспечивается достаточно полное выявление трещин.

щи. Без введения этой операции в технологию тального ремонта рам их надежность пока нельзя гарантировать.

На рисунках 6, 10, 11, 12 и 13 показаны места концентрации напряжений на деталях рамы авто ЗИЛ-164, которые необходимо зачищать для осмот

### Исследование сварных соединений

Выше мы отметили, что для конструкций, работающих при переменных нагрузках, наиболее целесообразно применять сварные соединения в стык.

При ремонте рам большей частью пользуются ручной электродуговой сваркой. Реже применяют газовую сварку. При газовой сварке возможности оказывать влияние на качество наплавленного металла ограничены видом присадочного материала. Однако это средство малоэффективно, так как ванна расплавленного металла защищена от воздействия атмосферы и газов, содержащихся в пламени горелки. В связи с этим газовую сварку следует считать непригодной для соединений, работающих при переменных нагрузках.

При электродуговой сварке расплавленный металл защищается газами и шлаком, образующимися при плавлении обмазки электрода. Качество наплавленного металла можно регулировать соответствующим выбором материала стержня электродов и составом их обмазки. Поэтому, применяя электродуговую сварку, нетрудно улучшить материал шва с нужными свойствами и, в частности, с достаточно высоким пределом выносливости.

В связи со сложностью конфигурации деталей рам и малой длиной непрерывных швов автоматизировать сварочные работы при ремонте этих деталей затруднительно. Следует ожидать, что полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа может иметь преимущество перед ручной электродуговой сваркой, однако ее применению должны предшествовать исследования по выбору режима сварки и сварочной проволоки, пригодной для ремонта деталей рамы.

Мы отмечали, что даже у хорошо выполненного сварочного соединения предел выносливости ниже, чем

основного материала, вследствие ослабления зоны термического влияния.

Для определения размеров зоны термического влияния шва был выполнен анализ микроструктуры поперечного разреза стыкового шва, соединяющего балки толщиной 6 мм из стали 30 с титаном (30Т — материал продольных балок рамы автомобиля ЗИЛ-164). На рис. 14 видна волокнистая структура основного материала. На некотором расстоянии от шва волокна оказались разрушенными, но структура осталась мелкозернистой. В непосредственной близости к шву заметен рост кристаллов. При измерении в соответ-

Рис. 14. Микроструктуры поперечного разреза шва: а — основной металл; б — зона наплавленного металла; в — зона роста кристаллов; г — зона термического влияния

ствующем масштабе оказалось, что изменение структуры происходит на расстоянии не более 2,5 мм от шва.

Это позволило предположить, что упрочнение наклепанной зоны (порядка 3—4 мм) вдоль качественно выполненного шва позволит существенным образом повысить выносливость сварного соединения.

Для проверки этого предположения, а также для выбора электродов были испытаны образцы симметричного знакопеременным изгибом на машине РПИ-10 (рис. 15, а, б), конструкции НИИАТ.

В машине РПИ-10 используется явление резонанса. Контролируемая система состоит из двух массивных маятников 4, в которых смонтированы рычажно-клиновидные маятники для образца и упругого элемента 3, в качестве которого используется сам испытуемый образец. Маятники системы возбуждаются одновальным механизмом 5. Маятники установлены на пружинах, препятствующих их перемещению (в некото-

рых пределах) в горизонтальной плоскости. При колебаниях маятники движутся в противоположных направлениях (сдвиг фаз на 180%), при этом образец подвергается чистому изгибу, следовательно, все его поперечные сечения испытывают одинаковые напряжения. Это очень удобно при исследовании сварных соединений, так как позволяет выявить наиболее слабую зону где и происходит разрушение образца.

Все образцы испытывали при одинаковом максимальном напряжении цикла  $\sigma_{\max} = 22 \text{ кг/мм}^2$ .

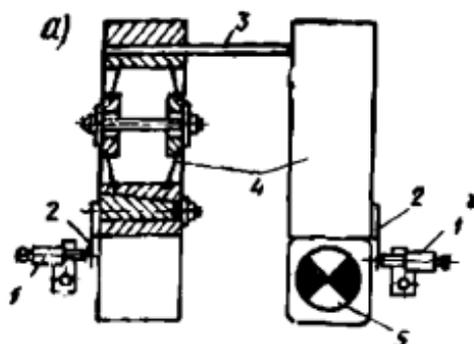


Рис. 15. Машина РПИ-10:  
а - схема; б - общий вид

Режим испытания выбирали по данным статической тарировки, при которой напряжение замеряли непосредственно на образце при помощи механического термометра Гугенбергера с базой 20 мм, а деформацию — с помощью микрометрических винтов 1, при соприкосновении которых с контактами 2, укрепленными на маятниках, горят сигнальные лампочки. При испытании раскачивания выдерживался равным статической деформации при заданном напряжении.

Размах колебаний регулировали изменением оборотов вибратора. При приближении возбуждающей частоты к частоте собственных колебаний размах увели-

При уменьшении возбуждающей частоты раздается звук. Число циклов измеряли счетчиком 7, показания считывали со шкалы при помощи перископического устройства 8.

Заготовки из стали 30 с титаном толщиной 1 мм изготавливали, разрезанные поперек направлением сварки, сваривали двусторонним швом, после чего обрабатывали механическими ножницами вдоль направления сварки заготовки для отдельных образцов, которые шлифовали шлифовальными кругами. Эта операция необходима для обеспечения строго постоянного сечения образца. Чтобы исключить поломку образцов в зажиме, на концы упрочняли накаткой роликами.

Зона термического влияния упрочняли с каждой стороны шва и с каждой стороны образца (всего 4 полосы) наклепом пневматическим молотком с работой удара 0,5 кгм, бойком с рабочей сферой 4,5 мм (рис. 16).

Наклеп осуществляли за один проход, на расстоянии 10 мм от шва использовали как инструмент для бойка.

На рис. 17 показаны разрушенные образцы, сваренные электродами ОЗС-6 толщиной 1 мм, переменным током; сила тока 180—200 А. Образцы разрушились по основному металлу вне зоны термического влияния.

На рис. 18 показан образец, сваркой электродами ОЗС-6 и упрочненный в узкой зоне термического влияния. Получено следующее заключение в стык, усталостная прочность которого определяется не свойствами материала шва или зоны термического влияния, а свойствами основного металла. Эти электроды следует считать пригодными для изготовления деталей рамы.

Также пригодными для этой цели электродами являются ОНИ-13/55, УОНИ-13/55У, ВН-48 и ОММ-5А, так как образцы, сваренные ими, разрушались также по основному металлу.



Рис. 16. Боек для упрочнения образцов пневматическим молотком

Электроды ОЗС-4 и МР-3 оказались не пригодными для ремонта деталей рамы. Сваренные ими образцы разрушились по металлу шва (рис. 18).



Рис. 17. Образцы, сваренные электродами ОЗС-6 после испытания на машине РПИ-10

Использовать любые другие электроды можно только после получения удовлетворительных результатов



Рис. 18. Образцы, сваренные электродами ОЗС-4, после испытания на машине РПИ-10

испытания сварных образцов на установке.

Следует заметить, что электроды ОЗС-6 ОММ-5А имеют лучшие технологические свойства. Они пригодны для сварки переменным током, устойчиво держат дугу, не склонны к образованию пор. Электроды ВН-48 также допускают применение переменного тока, но дугу держат менее устойчиво.

При сварке электродами УОНИ-13 можно пользоваться только постоянным током. Электроды УОНИ-13,

...вание переменным током, однако луч-  
...ы получаются при постоянном токе.  
...этими электродами по окисленным по-  
...при удлинении дуги в металле шва  
...м. Поэтому сварку следует вести пре-  
...тугой (опиранием) и тщательно зачи-  
...сваркой.

## Выбор способов ремонта деталей рамы

...ображения, которыми следует руковод-  
...выборе способов ремонта и восстановле-  
...ой прочной ги деталей рамы.

...вещи, что усталостные разрушения деталей  
...в определенных местах, а именно в ме-  
...напряжений. Количество этих мест  
...у такой крупной и сложной детали, как  
...я башка рамы. Запас долговечности материа-

...нается только вблизи концентраторов напряже-  
...В других местах материал испытывает значительно  
...напряжения, которые не вызывают накопления  
...рости.

...ним из возможных способов восстановления уста-  
...прочности деталей рамы может быть удаление  
...мест и приварка взамен новых дополнитель-  
...налей стыковым швом.

...о вряд ли целесообразно у 100% деталей рам,  
...чающих в капитальный ремонт, вырезать все ме-  
...концентрации напряжений. Это потребует слишком  
...их трудовых затрат. Вместе с тем можно предпо-  
...ь, что наклеп в какой-то мере может восстано-  
...частично израсходованный запас усталостной проч-

...ция упрочнения деталей рамы наклепом может  
...ществленным образом упрощена, если иметь в ви-  
...трещины усталости на деталях рамы зарожда-  
...в местах концентрации напряжений, причем в боль-  
...стве ...зав высоким местным напряжениям подвер-  
...в ...у большой объем металла в непосредствен-  
...ности к концентратору.

...например, при переменном изгибе рамы на ра-  
...ных полках продольных балок трещины возникают  
...у отверстий. Нам известно (см. рис. 2), что

при растяжении пика напряжений у отверстия резко падает по мере удаления от его кромки. По-видимому, бы существенным образом поднять усталостную прочность продольной балки при переменном изгибе можно наклепать (подвергнуть деформации) непосредственно на кромках нескольких отверстий нижней полке.

Это подтверждают опыты ЦНИИ МПС [13], где пытались на усталость рельсы, с отверстиями в которых упрочняли разными способами. Наиболее эффективной оказалась раздача отверстия с увеличением диаметра приблизительно на 10%. Рельсы с отверстиями, упрочненные этим способом кромкой отверстия разрушались вблизи отверстия, а в неослабленном сечении.

При ремонте деталей рамы мы не можем избежать их раздачей отверстий под заклепки или болты, так как это потребует применения нестандартных норм, что усложнит операцию клепки.

Если при растяжении полосы с отверстием рассмотреть распределение напряжений по толщине материала в сечении, проходящем через центр отверстия перпендикулярно



Рис. 19. Распределение напряжений по толщине материала в полосе, ослабленной отверстием

кулярно растяжению, то окажется, что около кромки напряжения достигают наибольшей величины, а к середине снижаются (рис. 19). Следует отметить, что обжатие одних лишь углов кромки с образованием большой фаски тоже эффективно упрочнит продольную балку в местах, где возможно разрушение от первого изгиба.

Трещины усталости от переменного кручения рождаются на кромке профиля в месте концентрации напряжений. По-видимому, для восстановления усталостной прочности достаточно наклепать одну кромку профиля в этих местах.

Тем не менее рассмотрим соображения по восстановлению разрушенного мест. Трещина усталости возникает без значительной деформации материала. Кромки трещины совпадают, поэтому ее можно рассматривать как щель без зазора.

ГОСТ 164—58 не рекомендует сварку пластин встык в зазоре. Допускается сварка пластин толщиной до 1 мм в разделки кромок, но с зазором.

При ремонте зазор можно получать, прорезая деталь ножом или другим инструментом вдоль трещины. В этом случае отпадает необходимость в разделке кромок трещины.

Инженеры рекомендуют [1, 4] на расстоянии 10 мм от конца трещины просверливать отверстие. Эта рекомендация вытекает из сходства трещины усталости с трещинами в хрупких материалах. В последнем случае отверстие в какой-то мере задерживает распространение трещины при статическом нагружении. Трещина же усталости в вязких металлах при статической нагрузке развивается дальше. Когда нагрузка достигает предела текучести, материал у конца трещины начинает деформироваться, вытягиваться, образуется сужение, причем окончательное разрушение не всегда совпадает с направлением трещины.

При переменных нагрузках отверстие не является препятствием для развития трещин усталости. Многие трещины, зарождающиеся на кромках профиля, развиваются к отверстию и легко пересекают его.

Таким образом, сверление отверстия в конце трещины излишне. Вместе с тем конец трещины бывает трудно заварить, поэтому, чтобы незаваренная часть трещины не стала причиной повторного разрушения детали, ее следует прорезать трещину по ее направлению на некотором конце. Если видимый конец расположен вблизи сгибе профиля, то прорезать следует в месте сгиба и по стенке не менее 50 мм от полки. Если трещина распространилась на стенку, то прорезать следует не менее 100 мм дальше видимого конца трещины.

Если трещина доходит до отверстия или пересекает его, то последнее следует заварить на медной подкладке, а затем вновь просверленного отверстия упрочнить. С этой целью целесообразно сверлить отвер-

стие диаметром на 1 мм меньше, чем требуется по чертежу и раздать его до нужного диаметра.

В тех случаях когда в опасном месте имеется несколько одинаковых концентраторов напряжений, лучше вырезать его.

Рассмотрим конкретные примеры. Как мы отмечали трещины от изгиба продольной балки наиболее часто возникают у отверстий для средней поперечины на нижней полке. Так как напряжения у всех трех отверстий приблизительно одинаковы, то при возникновении трещины у одного из отверстий, у других двух запас прочности материала, по-видимому, почти израсходован и упрочнение наклепом может оказаться неэффективным. Поэтому лучше заменить часть материала. В пользу вырезки говорит и то, что усиление шва при заварке трещины, проходящей через отверстие для заклепки препятствуя правильному сопряжению поперечины с продольной балкой, снижает качество заклепочного соединения, а удаление усиления шва достаточно трудоемко

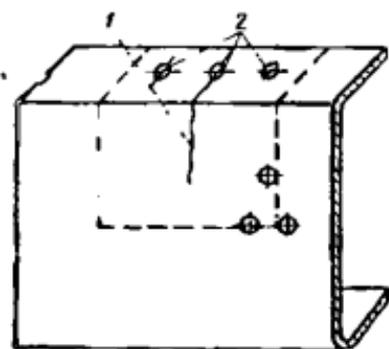


Рис. 20. Вырезка поврежденной продольной балки в узле средней поперечины:  
1 — трещина; 2 — отверстия для заклепок второй поперечины

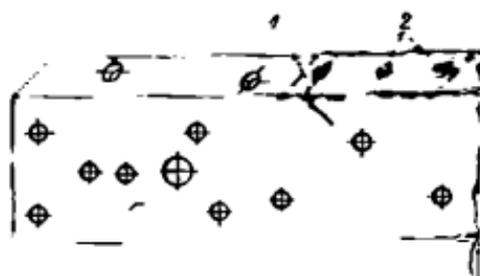


Рис. 21. Вырезка поврежденной продольной балки в узле первой поперечины:  
1 — трещина; 2 — отверстия для заклепок первой поперечины

В рассматриваемом случае вырезать следует до продольной балки (рис. 20). Если вырезать одну полку, то на стенке может остаться невидимый концентратор трещины, который станет очагом нового разрушения, так как вблизи полки напряжения от изгиба достаточно велики.

В узле первой поперечины наблюдаются наиболее многочисленные разрушения от переменного кручения

Здесь так же, как и в предыдущем примере, концентрацию напряжений вызывают три одинаковых отверстия на верхней полке и два — на нижней. По тем же соображениям здесь целесообразно удалить часть материала, но достаточно вырезать только полку (рис. 21). Это объясняется тем, что при кручении наибольшие напряжения возникают на кромке профиля, а по мере удаления от нее напряжения резко падают и на стенке уже настолько незначительны, что даже незаваренная трещина оказывается неопасной.

Мы отмечали, что в большинстве случаев очень небольшой объем материала подвергается воздействию высших местных напряжений. Однако это не является общим правилом. В этой связи представляет интерес разрушение средней поперечины рамы автомобиля ЗИЛ-164.

Трещины от переменного кручения возникают на кромке нижней полки поперечины, в той части, где ее сечение очень плавно увеличивается (см. рис. 10). Из поперечины, на которой после зачистки опасного места стальной щеткой была замечена небольшая трещина, вырезали образец и изготовили шлиф той части кромки, где обычно возникают трещины. При рассмотрении шлифа под микроскопом было обнаружено восемь трещин. На рис. 22 можно различить шесть трещин. Расстояние между крайними трещинами оказалось более 20 мм.

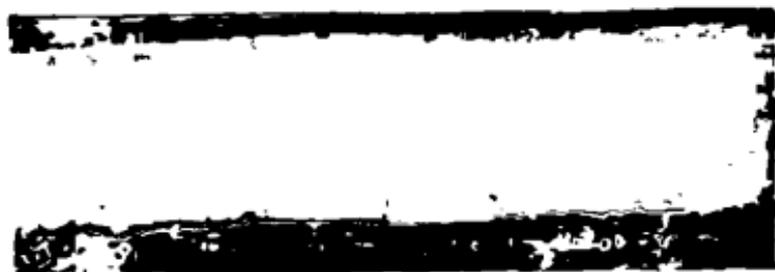


Рис 22. Микрошлиф кромки полки средней поперечины рамы в месте возникновения трещин

По-видимому на значительном участке кромки поперечины рамы напряжения от кручения имеют одинаково высокое значение, поэтому несколько трещин может возникнуть одновременно, развивается же только одна

х.

В данном случае также целесообразно ремонтировать деталь вырезкой опасного места, так как при заварке главной трещины очагом разрушения может стать другая, незамеченная трещина.

Таким образом, восстановление усталостной прочности деталей автомобильных рам может быть достигнуто наклепом кромки профиля в местах, где возможно разрушение от переменного кручения, и кромок отверстий в местах, где можно ожидать разрушения от переменного изгиба.

Ремонтировать детали с трещинами усталости можно заваркой трещины, предварительно прорезанной ножовкой или другим инструментом. В случаях, когда в опасной зоне имеется несколько одинаковых концентраторов напряжений или когда высокие местные напряжения охватывают значительный участок детали, целесообразно ремонтировать эти повреждения удалением части материала и приваркой дополнительной детали.

Изношенные отверстия и отверстия, у кромок которых имеются трещины, следует заваривать на медной подкладке. Новое отверстие целесообразно сверлить несколько меньшего диаметра для того, чтобы можно было упрочнить его кромки раздачей.

### Испытания деталей рамы автомобиля ЗИЛ-164 (ЗИЛ-ММЗ-585) на выносливость

#### *Испытания переменным изгибом*

Новые, бывшие в эксплуатации, но не имеющие повреждений и отремонтированные продольные балки рамы автомобиля ЗИЛ-164 (ЗИЛ-ММЗ-585) испытывали знакопостоянным циклическим изгибом на резонансной стенде (рис. 23).

Упругим элементом стенда являются испытуемые продольные балки 2, которые устанавливают попарно (правая и левая) нижней полкой вверх и зажимают в опорах 1 за верхние полки. В процессе испытания, как и в эксплуатации верхние полки испытывают напряжения сжатия, а нижние—напряжения растяжения. Груз Р и вибратор 3, нагружая своим весом балки, создают необходимую асимметрию цикла.

Одновальный вибратор 3 приводится в движение от электродвигателя 4 постоянного тока, питаемого от дел

ным умформером. В цепь возбуждения умформера введено переменное сопротивление, при помощи которого, изменяя напряжение генератора, регулируют развиваемые электродвигателем обороты.

Обороты вала электродвигателя подбирают так, чтобы частота колебаний возбуждающей силы более или менее приближалась к собственной частоте колебаний стэнда. При этом размах колебаний соответственно увеличивается или уменьшается.

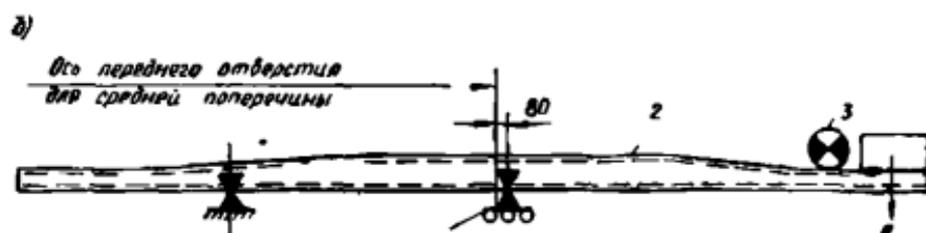
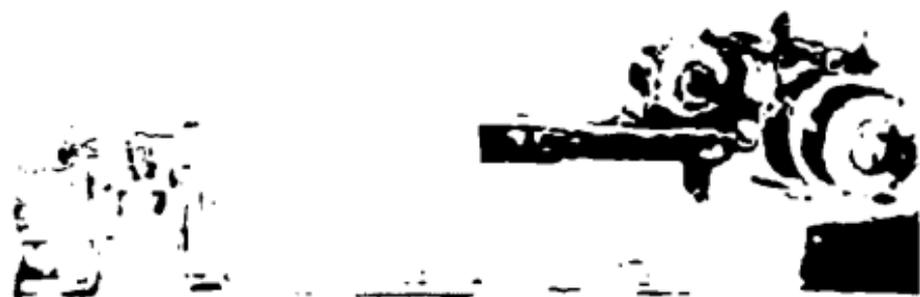


Рис. 12 Стенд для испытания продольных балок переменным изгибом:  
а — общий вид; б — схема нагружения балок

Частота колебаний установки при испытаниях была в пределах 3—3,5 гц (при 180—200 об/мин).

Необходимая величина размаха в зависимости от заданного максимального напряжения цикла определялась статической тарировкой, при этом напряжение замеряли около отверстия для заклепки средней поперечины механическим тензOMETром Гугенбергера с базой 20 мм. Нагрузку создали домкратом, а деформацию замеряли по стрелке, укрепленной на грузе Р.

Для контроля величины размаха в процессе испытаний вместо стрелки на грузе  $P$  укрепляют карандаш. Размах замеряют по кривой, прочерчиваемой на бумаге, подводимой к карандашу оператором.

Количество циклов замеряли механическим счетчиком числа оборотов вала вибратора.

На описанном стенде балки обычно разрушались по отверстию для заклепки средней поперечины на нижней полке или по отверстию для кронштейна топливного бака (рис. 24), т. е. точно так же, как это происходит при эксплуатации автомобилей. В отдельных случаях наблюдались разрушения по отверстиям заднего кронштейна передней рессоры в нижней полке. В этих случаях поломка вызывалась наличием дополнительного фактора концентрации напряжений, о чем будет сказано ниже.

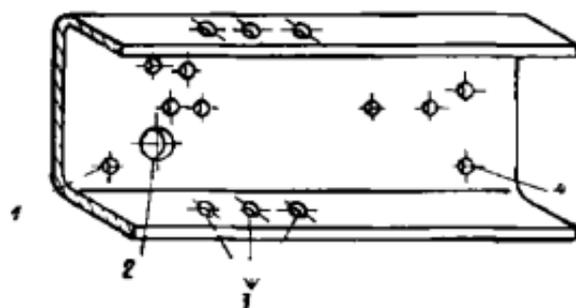


Рис. 24. Расположение отверстий продольной балки в узле средней поперечины:  
1 — для кронштейна топливного бака; 2 — для топливного провода; 3 — для средней поперечины; 4 — для кронштейна аккумуляторной тарелки

Все балки испытывали при одинаковом максимальном напряжении цикла, равном  $18 \text{ кг/мм}^2$ ; характеристика цикла была в пределах  $r=0-0,2$ .

Были испытаны (рис. 25) следующие серии продольных балок рам автомобилей ЗИЛ-164 (ЗИЛ-ММЗ-585) новые, с 1 по 5;

новые с упрочнением наклепом, с 6 по 8;

бывшие в эксплуатации, с 9 по 16;

бывшие в эксплуатации с упрочнением наклепом,

17 по 21;

отремонтированные сваркой, с 22 по 32;

отремонтированные сваркой с упрочнением наклепом с 33 по 40.

Балки 20, 21, 39 и 40 не были доведены до разрушения.

Как видно из рис. 25, долговечность новых балок колеблется в очень широких пределах — от 500 тыс. до 3700 тыс. циклов. Такое рассеивание может быть вызвано

но теми или иными отклонениями в технологии изготовления деталей. На балке 1 (см. рис. 25) трещина образовалась на нижней полке по переднему отверстию заднего кронштейна передней рессоры. При осмотре на кромке этого, а также многих других отверстий были обнаружены большие заусенцы. Трещину заварили, а кромки «опасных» отверстий обжали оправками под углом  $45^\circ$  с образованием небольшой фаски. Тем не менее после 104 тыс. циклов балка снова разрушилась по второму отверстию для того же кронштейна. Была сделана вырезка места разрушения. На рис. 26 показан разъем по трещине. Как видно, заусенец 1 оказался настолько большим, что сохранился даже после обжатия кромки.

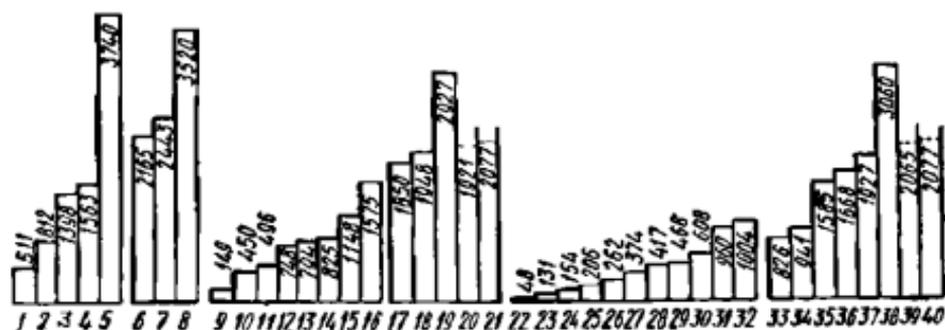


Рис. 25. Диаграмма выносливости продольных балок рамы при испытании переменным изгибом

На кромках отверстий, по которым разрушились балки 2, 3, 4 (см. рис. 25), также были обнаружены заусенцы несколько меньшие, чем на балке 1. При тщательном осмотре балки 5 на кромках отверстий заусенцев не было обнаружено.

По-видимому, при изготовлении продольных балок у штампов допускается значительный износ пуансонов и матриц, пробивающих отверстия. Как известно, при увеличении зазора между пуансоном и матрицей размеры заусенцев увеличиваются. Заусенцы создают дополнительную концентрацию напряжений, что и является причиной резкого снижения усталостной прочности детали при переменном изгибе.

Кромки «опасных» отверстий на балке 6 были упрочнены радиусными оправками (рис. 27,а). Балка разру-

шилась по отверстию заднего кронштейна передней рессоры, диаметр которого оказался равным 12,6 мм, тогда как цилиндрическая часть оправки имела диаметр  $d = 12$  мм, и угол кромки оказался не обжатым. По-видимому, применение таких оправок неэффективно ввиду значительных отклонений диаметров отверстий в дегах рамы.

Балка 7 (см. рис. 25) была упрочнена обжатием кромок оправками под углом  $45^\circ$  (рис. 27, б) с образованием небольшой фаски, а балка 8 (см. рис. 25) — раздачей



Рис. 26. Разъем по трещине, проходящей через отверстие для кронштейна передней рессоры

отверстий конусными прошивками (рис. 28). Обе балки разрушились одинаково по неупрочненному отверстию для топливопровода (см. рис. 24 и 29). По-видимому, оба способа оказались одинаково эффективными, исключая разрушение по отверстиям, упрочненными кромками.

Сравнивая долговечность новых балок, испытанных без упрочнения и с упрочнением, замечаем, что долговечность упрочненных балок колеблется меньше за счет повышения нижнего предела.

Рассматривая рис. 25, замечаем, что долговечности бывших в эксплуатации балок колеблется в широких пределах, но эти пределы ниже, чем у новых балок. Это подтверждает изложенные ранее соображения об израсходовании запаса долговечности.

Далее замечаем, что упрочнение бывших в эксплуатации балок существенно повышает их долговечность, приближая ее к верхнему пределу долговечности новых балок.

Быстрое разрушение балок, отремонтированных сваркой без упрочнения, вызвано разными причинами.

Трещины на балках 22 и 25 были заварены электродами МР-3. Шов не имел дефектов, тем не менее трещины в обоих случаях возникли очень быстро непосредственно на поверхности металла шва. При сварке электродами МР-3 металл шва имеет низкий предел выносливо-

сти. Рассмотренные опыты показывают недопустимость применения при ремонте деталей рамы непроверенных электродов.

Балка 23 сварена в автохозяйстве из двух частей газовой сваркой. Разрез частей балки был сделан косым так, что на верхней полке шов располагался вблизи средней поперечины, а на нижней полке был удален от нее на 700 мм. Трещина возникла на металле шва, начавшись с кромки нижней полки, и продолжала распространяться вдоль шва по стенке балки. Опыт подтверждает высказанные соображения о непригодности газовой сварки для ремон-

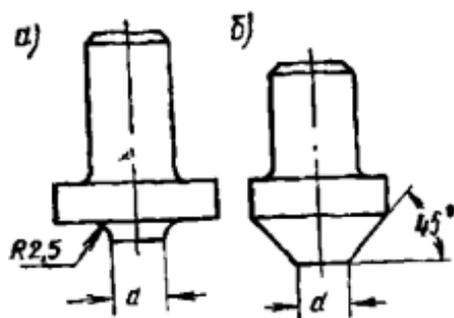


Рис. 27. Оправки для упрочнения кромок отверстий

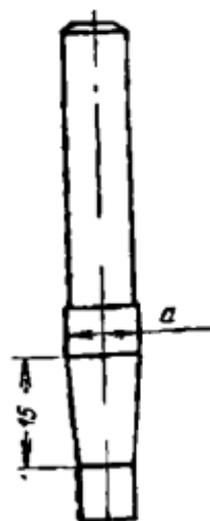


Рис. 28. Прошивка для раздачи отверстий;  
 $d$  — диаметр отверстия



Рис. 29. Разрушение балок с упрочненными кромками отверстий при испытании переменным изгибом

та деталей рамы и, кроме того, показывает ненужность косых стыков, так как трещина усталости зарождается в месте наибольших напряжений независимо от направ-

ления шва, последнее не может препятствовать также дальнейшему развитию трещины.

Трещина на балке 24 была заварена электродом УОНИ-13/55. Новая трещина возникла также на металле шва на сгибе профиля. Здесь металл оказался пористым. На рис. 30 показан шов после обработки его поверхности напильником. Образование пор вызвано тем, что недостаточно квалифицированный сварщик не сумел наложить шов на сгибе профиля, не удлиняя дугу, как мы отмечали выше, электроды УОНИ при удлинении дуги склонны к образованию пор.



Рис. 30. Разрушение пористого шва на сгибе профиля продольной балки

Балка 26 (см. рис. 25) была сварена электродом ОЗС-6 и также быстро разрушилась по шву на сгибе профиля. Разрушенное место было вырезано и оказалось, что на сгибе профиля был допущен непровар (концы швов не сошлись). Это и явилось причиной быстрого разрушения шва.

Рассмотренные опыты показывают, что заваривать детали значительно труднее, чем заваривать образцы тому же сварщику средней квалификации. Это объясняется тем, что образцы варят нижним швом, а сгиб профиля у деталей можно варить только вертикальным швом. Последнее значительно труднее, поэтому недостаточно квалифицированный сварщик может допустить дефекты, резко снижающие усталостную прочность.

Необходимо также заметить, что при переходе нижнего к вертикальному шву следует снизить силу тока, в противном случае металл будет стекать и обрется прожог. Так как длина вертикального шва мала, а качество сварки должно быть безукоризненным, сварщик не может каждый раз подбирать силу тока и бой. Поэтому рабочее место, где заваривают детали, должно быть оборудовано амперметром, по которому сварщик, не осуществляя проб, мог бы устанавливать нужную силу тока.

После привлечения к ремонту опытных деталей и квалифицированного сварщика при дальнейших испытаниях не было случаев разрушения по сварному шву. (Срочные работы выполнялись Московским опытным (срочным заводом Министрства черной металлургии)

У балок 27, 29, 30 и 31 трещины возникли в зоне термического влияния шва.

У балки 31 трещина образовалась на сгибе профиля. Это по-видимому, наиболее характерно для качества выполненного сварного шва.

У балок 27 и 30 была заварена трещина, образовавшаяся по одну сторону отверстия для кронштейна и литого бака (см. рис. 24). Само отверстие не было заварено. Новая трещина на балке 27 (см. рис. 25) зародилась в зоне термического влияния на кромке отверстия на балке 30 — по другую сторону отверстия. Эти опыты подтверждают высказанное выше соображение о необходимости заварки отверстий, через которые проходит трещина.

У балки 29 при заварке трещины через отверстие кронштейна аккумуляторной батареи (см. рис. 24) ток не был доведен до кромки нижней полки приблизительно на 5 мм. Трещина образовалась на кромке профиля шва и далее распространилась по шву (рис. 31). Здесь термическому влиянию подвергся значительно больший объем металла, чем обычно, из-за плохого отвода тепла от кромки. Шов следует обязательно доводить до кромки.

Балки 28 и 32 (см. рис. 25) были испытаны по ремонту на авторемонтном заводе.

На балке 28 трещину по отверстию для средней полки трещины на нижней полке заварили двусторонним швом до сгиба профиля, после чего к полке продольно

ми швами приварили усиливающую накладку длиной 240 мм.

При испытании балки 28 трещина зародилась на стиге профиля как продолжение старой трещины и распространилась по металлу шва и накладки.

Опыт подтверждает ранее высказанное соображение о необходимости прорезать и проваривать трещину значительно дальше ее видимого конца и о недопустимости окончания шва на стиге профиля.

Балка 32 была сварена встык из двух частей, кроме того, к ее стенке была приварена ромбовидная усиливающая накладка. При испытании разрушение началось на стиге профиля, так как при сварке была допущена раковина. Далее трещина распространилась в обе стороны по материалу шва и по накладке.

Опыт показывает, что накладку не может предохранить деталь от разрушения, если сварка выполнена некачественно.

При подготовке к испытаниям балок, отремонтированных сваркой с упрочнением наклепом, были учтены результаты рассмотренных

опытов. Вместе с тем, две балки разрушились сравнительно быстро.

У балки 33 шов имел чрезмерно высокое и крутое усиление, около которого, несмотря на упрочнение, образовалась трещина (о влиянии формы и размеров усиления шва на концентрацию напряжений см. выше).

У балки 34 трещина также возникла в наклепанной зоне вследствие чрезмерно интенсивного наклепа, что привело к образованию глубокой канавки около шва, которая и вызвала высокие местные напряжения.

Остальные балки показали выносливость, близкую к верхнему пределу выносливости новых балок.

Трещины на балках 35 и 36 были заварены электродами ОЗС-6, а на балке 34 — электродами УОНИ-13/55. Балки 33 и 39 были сварены встык из двух частей электродами ОЗС-6, а балки 33 и 40 — электродами УОНИ-13/55, балка 37 была отремонтирована вырезкой нижней полки и стенки до оси балки и приваркой новой вставки электродами УОНИ-13/85.

### *Испытания переменным кручением*

Переменным кручением были испытаны средние и крайние поперечины и продольные балки в узле первой поперечины рамы автомобилей ЗИЛ-164 и автомобилей-самосюлов ЗИЛ-ММЗ-585.

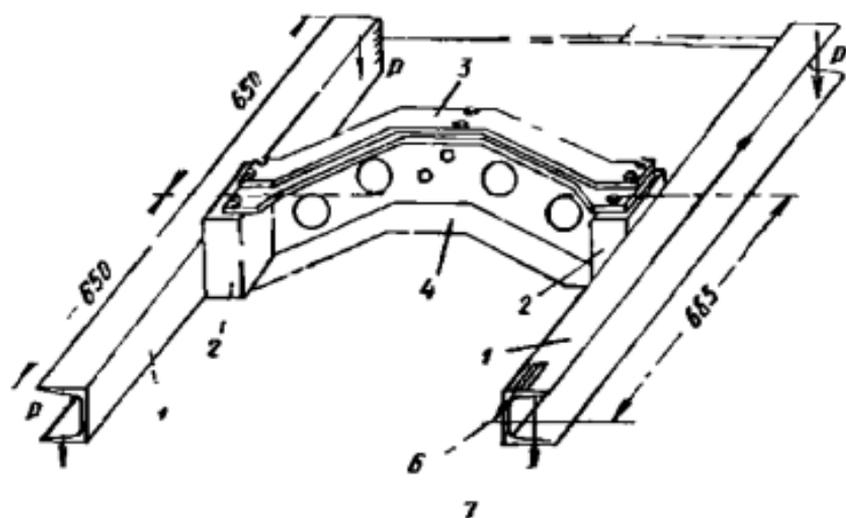


Рис. 32. Схема стенда для испытания средних поперечин: 1 — швеллерная штанга; 2 — башмак; 3 — пластина, разгружающая верхнюю полку поперечины; 4 — испытываемая поперечина; 5 — стрелка для проверки отсутствия предварительной закрутки поперечины; 6 — карандаш; 7 — вибратор

Характерная усталостная трещина на нижней средней поперечине (см. рис. 10) была воспроизведена в ЦНИСКе на стенде (рис. 32). Этот же стенд был использован для испытания отремонтированных деталей. Работа стенда, как и ранее описанного, основана на возбуждении явления резонанса.

На концах швеллерных штанг 1 укреплены грузы и вибратор 7 (схематично изображен стрелкой). К массивным башмакам 2 болтами прикреплена испытуемая поперечина 4. Вся система подвешена на тросе, закрепленном в точках, лежащих на оси закручивания поперечины.

При вращении вибратора 7 возбуждается возвратное вращательное колебание штанг со сдвигом фаз на  $180^\circ$ . При этом поперечина закручивается то в одну, то другую сторону по симметричному знакопеременному циклу.

Режим испытания задавался углом закручивания, который контролировался по размаху колебаний концы штанги, замеряемому также, как на ранее описанном стенде.

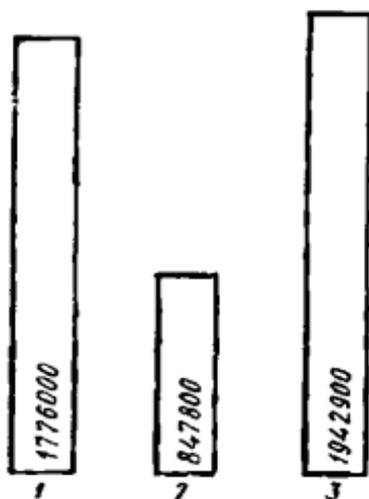


Рис. 33. Диаграмма выносливости средних поперечин при испытании переменным кручением

На рис. 33 показаны результаты испытания новой и отремонтированных 2 и поперечин. При ремонте вырезали часть нижней полки показанной пунктиром и приваривали дополнительную деталь. Размер вырезанной части выбрали так, чтобы шов располагался вне зоны повышенных напряжений, обусловленных изменением профиля поперечного сечения детали. Дополнительная деталь была изготовлена из стали 30Т. Предел выносливости этой стали несколько выше, чем у

стали 08, из которой изготовлена поперечина. Тем не менее выносливость отремонтированной поперечины оказалась много меньше новой 1. Выносливость отремонтированной поперечины 3, у которой была наклепана кромка дополнительной детали в месте расширения профиля, оказалась на уровне выносливости новой детали.

Низкая усталостная прочность детали, отремонтированной без наклепа, объясняется, по-видимому, тем, что дополнительная деталь была изготовлена резанием, тогда

да как новые детали изготавливаются штампованием. При вырубке заготовки штампом кромка сминается и оказывается наклепанной. Сопротивление переменным нагрузкам у такой кромки значительно выше, чем у кромки, образованной резанием.

Рассмотренный опыт подтвердил ранее высказанное предположение, что наклеп одной лишь кромки детали в месте возможного возникновения трещин может существенным образом повысить выносливость детали при переменном кручении.

Наиболее многочисленными трещинами усталости на продольной балке по заклепкам первой поперечины воспроизводились на стенде (см. рис. 8) при испытании переменным кручением узла, состоящего из первой поперечины и отрезанных участков продольных балок.

Работа этого стенда также основана на резонансе. Концы нижнего отрезанного участка продольной балки зашлемлены зажимами. На верхнем отрезке установлен вибратор, при вращении которого возбуждаются колебания поперечины в направлении, перпендикулярном оси рамы. При этом средняя часть нижнего отрезка продольной балки поворачивается относительно его неподвижных концов, и отрезок закручивается. Испытуемая балка подвергается симметричным знакопеременным нагрузкам.

Режим испытания устанавливался по данным статической тарировки. При этом напряжение измеряли механическим тензOMETром с базой 20 мм на кромке верхней полки балки против отверстия для заклепки поперечины. Замер деформации и контроль режима в процессе испытания осуществлялся также, как и на ранее описанных стендах. Все балки испытывали при напряжении, равном 15 кг/мм<sup>2</sup>.

Были испытаны следующие серии продольных балок (рис. 34):

новые, с 1 по 4;

новые с упрочнением кромки наклепом, с 5 по 7;

ремонтные, 8 и 9;

ремонтные с наклепанной кромкой, с 10 по 17.

Балки ремонтировали вырезкой полки и приваркой центральной детали как показано на рис. 21. Накле-

пывали только кромку на участке, включающем дополнительную деталь, шов и зону термического влияния. У новых балок кромку наклепывали против отверстия на участке длиной 150 мм.

Как видно, наклеп новых деталей не дал ожидаемого эффекта.

Это подтверждает высказанные нами соображения, наклепе кромки детали при вырубке штампом, в силу чего дополнительный наклеп оказывается неэффективным.

Выносливость отремонтированных деталей без наклепа, так же как и в опытах с поперечинами, оказалась низкой. Упрочнение наклепом кромки подняло выносливость отремонтированных деталей до уровня выносливости новых деталей.

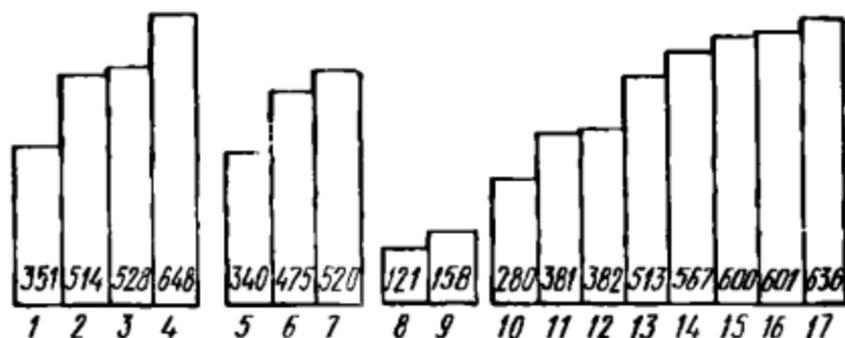


Рис. 34. Диаграмма выносливости продольных балок при испытании переменным кручением в узле первой поперечины

Необходимо заметить, что при ремонте части объектов испытания сварка осуществлялась электродами ОЗС-4, причем во всех случаях трещина возникла на шве.

При сварке электродами ВН-48, ОММ-5А, ОЗС-6 и УОНИ-13/55 трещины возникали на наклепанной кромке против отверстия для заклепки поперечины. Исключение составляет балка 10 (см. рис. 34), которую сваривали электродами УОНИ-13/55, при этом был получен пористый шов, по которому и образовалась трещина.

Из рассмотренных опытов по испытанию отремонтированных деталей рамы переменным изгибом и переменным кручением могут быть сделаны следующие выводы:

при ремонте рам можно пользоваться только качественными электродами, проверенными испытанием сварных образцов на усталость;

сварка должна выполняться квалифицированным, специально подготовленным сварщиком;

рабочее место сварщика должно быть оборудовано амперметром;

упрочнением поверхностным наклепом немногочисленных и очень небольших по размерам участков, где возможно возникновение трещин усталости, можно восстановить выносливость деталей рамы автомобиля до уровня выносливости новых деталей.

---

### Глава III

#### ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ РАМЫ

На основе изложенных соображений и выполненных экспериментов разработана технология ремонта деталей рам автомобилей ЗИЛ-164 и ЗИЛ-ММЗ-585, тщательное выполнение которой обеспечивает высокую усталостную прочность деталей после ремонта.

Детали автомобильных рам, поступивших в капитальный ремонт, могут иметь следующие дефекты: ослабление заклепочных соединений и износ отверстий под заклепки; накладки и корытообразные вставки, приваренные при ранее выполненном ремонте; трещины усталости; повреждения от динамических или статических перегрузок.

Перед осмотром рама должна быть разобрана, в противном случае многие трещины усталости нельзя обнаружить. С продольных балок должны быть удалены кронштейны задней и дополнительной рессор, так как у кромок отверстий под заклепки этих кронштейнов возникают трещины, невидимые под кронштейном и накладкой.

Разборка заклепочных соединений поперечин с продольными балками и нижней части третьей поперечины (с верхней частью необходима также и потому, что эти соединения ослабляются под действием переменного кручения). В начальный период такое ослабление не может быть обнаружено осмотром. Поэтому при капитальном ремонте все заклепки этих соединений должны быть заменены.

После разборки и мойки рамы следует отобрать негодные для ремонта детали: погнутые и не поддающиеся

правке<sup>1</sup> и ранее отремонтированные с приваркой усиливающих накладок или корытообразных вставок. Те и другие можно использовать после вырезки негодной и приварки такой же годной части.

Годные детали должны быть тщательно осмотрены с предварительной зачисткой мест концентрации напряжений вращающейся стальной щеткой с гибким валом для обнаружения малозаметных трещин усталости. Эти места на деталях рамы автомобиля ЗИЛ-164 были показаны на рисунках 6, 10, 11, 12 и 13.

Нельзя допускать использования деталей рамы с изношенными отверстиями под заклепки, так как это приводит к быстрому ослаблению заклепочных соединений при эксплуатации автомобиля. Изношенные отверстия следует ремонтировать заваркой на медной подкладке, сверлить на 1 мм меньше диаметра, чем требуется и раздавать до нужного диаметра для упрочнения кромок. С целью ремонта характерных повреждений деталей рамы, а также места, подлежащие упрочнению, указаны в технологических картах и на рис. 35—44, 57.

Следует иметь в виду, что места, подлежащие упрочнению, должны быть наклепаны не только у отремонтированных, но и у годных без ремонта деталей.

Кромки профиля у продольных балок (см. рис. 38 и 39) можно наклепывать роликом под давлением при помощи специального станка или вручную молотком. Кромки профиля у других деталей (см. рис. 41, 42, 43, 44) в виду сложности их конфигурации и незначительных размеров участков кромки, подлежащих наклепу, следует упрочнять вручную легкими ударами вспомогательного бойка слесарного молотка. Рабочая часть вспомогательного бойка должна иметь радиус 2—3 мм. Удары наносят так, чтобы след от бойка располагался перпендикулярно кромке. След от последующих ударов бойка должен немного перекрывать ранее нанесенный след так, чтобы на кромке не оставалось ненаклепанных участков. Заусенцы, образующиеся на углах кромок, выравнивают ударами основного бойка того же молотка.

---

Для правки совершенно не пригодны детали, деформированные вмяткой, сопровождающейся уменьшением толщины материала. Заваривание других деформированных деталей зависит от наличия трещин: для правки. Правка с нагревом не допускается.

У продольных балок, кроме наклепа кромок профилей и упрочнения, указанного в операционной карте № 7, должны быть обжаты оправками (см. рис. 27, б) кромки следующих отверстий с образованием небольших фасок:

на нижней полке продольной балки:

6 (см. рис. 13) для средней поперечины—3 отверстия;

7 для кронштейна запасного колеса—3 отверстия;

на вертикальной стенке продольной балки:

нижнее отверстие 1 для переднего кронштейна топливного бака—1 отверстие;

нижние отверстия 1 для кронштейна аккумуляторной батареи—2 отверстия;

отверстия 2, 3 для кронштейнов рессор—20 отверстий;

отверстия 4 для раскоса буксирного прибора автомобиля-самосвала—3 отверстия.

Обжатие кромок может осуществляться одновременно с двух сторон специальным прессом. У пресса должно произвольно регулироваться усилие в пределах от 2 до 6 т в зависимости от диаметра обжимаемого отверстия. Если обжимать все отверстия при одинаковом давлении, то у меньших отверстий будет образовываться чрезмерно большая фаска или, наоборот, большие отверстия будут плохо обжиматься.

Можно обжимать кромки отверстий также и вручную ударами молотка по такой же оправке поочередно с каждой стороны отверстия.

Качество сварки оказывает решающее влияние на выносливость отремонтированных деталей и долговечность собранных из этих деталей рам.

К сварке деталей рамы должны допускаться только квалифицированные сварщики, прошедшие специальную проверку.

Режимы сварки и электроды, применение которых обеспечивает достаточно высокий предел выносливости металла шва, указаны в операционных картах №№ 3, 4, и 5.

Перед сваркой электроды должны быть обязательно просушены в течение 1 ч при температуре 140—160° С, так как влажность обмазки приводит к пористости металла шва.

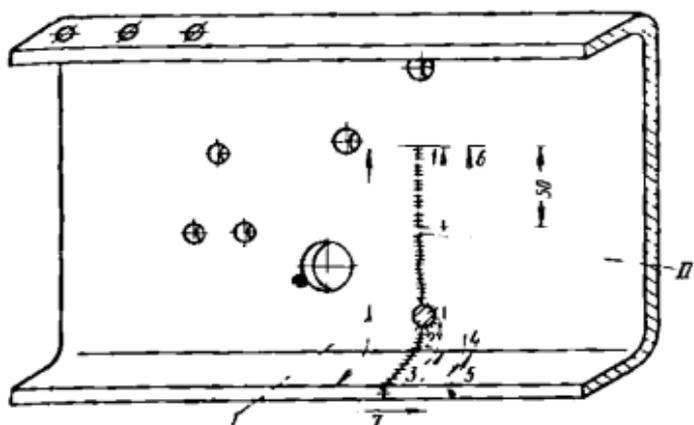


Рис. 35. Ремонт трещин продольной балки по отверстиям переднего кронштейна топливного бака и кронштейна запасного колеса: *I* — на указанной длине прорезать трещину; *II* — видимый конец трещины (стрелки параллельные швам указывают направление швов, а цифры — порядок их наложения)

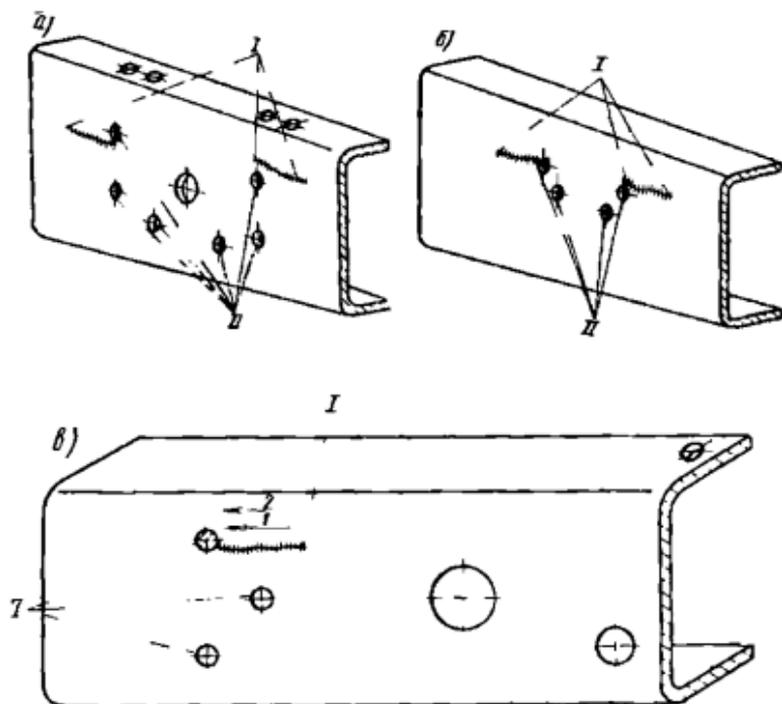


Рис. 36. Ремонт трещин на вертикальной стенке продольной балки у мест крепления:  
*a* — кронштейна задней рессоры; *б* — кронштейна дополнительной рессоры; *в* — раскоса буксирного прибора;  
*I* — видимый конец трещины; *II* — кромки отверстий

На прямых участках профиля деталей трещины и стыки варят нижним швом, соответственно поворачивая деталь. На сгибе профиля варить следует вертикальным

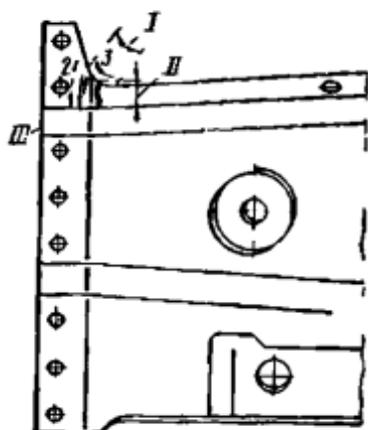


Рис. 37. Ремонт трещины передней поперечины рамы:

*I* — на указанном участке наклепать кромку, *II* — на указанной длине прорезать трещину; *III* — видимый конец трещины

швом, уменьшая силу тока. Последовательность наложения отдельных участков шва нужно выбирать так, чтобы не допускать местного перегрева материала дета-

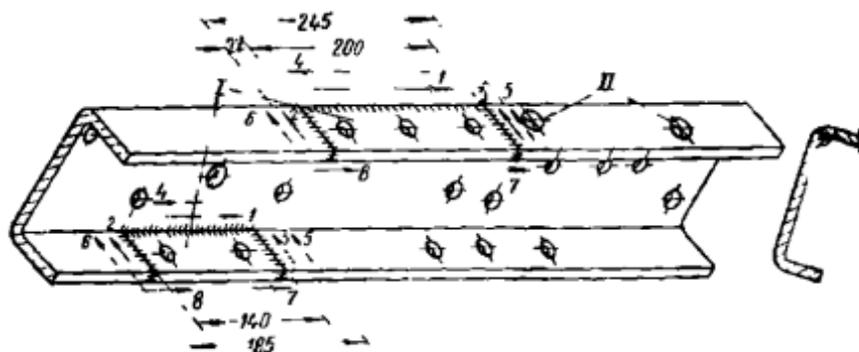


Рис. 38. Ремонт трещины продольной балки по заклепкам передней поперечины:

*I* — дополнительные ремонтные детали; *II* — отверстия для крепления буксирного крюка (поврежденные участки вырезают на длине 140 и 200 мм; кромку наклепывают на длине 185 и 245 мм)

лей. Варианты рациональной последовательности наложения швов показаны на рисунках с 35 по 44.

Большое значение имеет контроль качества сварных швов.

Каждый сварной шов должен быть тщательно проверен внешним осмотром и измерением.

Перед осмотром шов и прилегающая к нему поверхность основного металла на ширине не менее 20 мм по

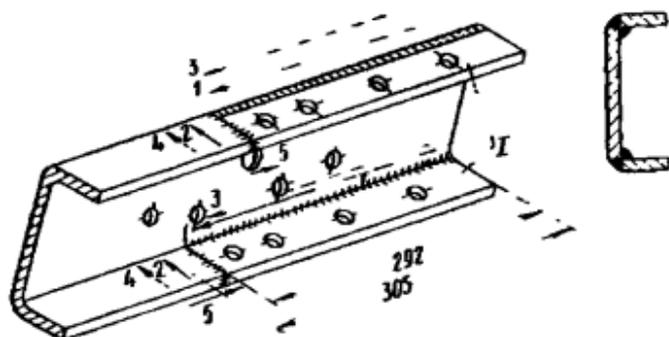


Рис. 39. Ремонт трещин продольной балки по заклепкам поперечины буксирного прибора:

*1* — дополнительная ремонтная деталь (поврежденные участки верхней и нижней полок вырезают на длине 292 мм; кромку обеих полок наклеивают на длине 305 мм)

обе стороны шва должны быть очищены от шлака и других загрязнений, затрудняющих осмотр.

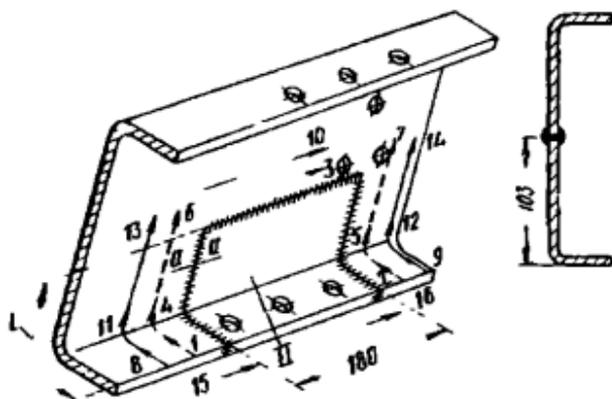


Рис. 40. Ремонт трещин продольной балки по отверстиям для средней поперечины: вырезать поврежденный участок по размерам

180 мм и 103 мм;

*I* — наклепать зону термического влияния сварного шва на указанной длине; *II* — дополнительная ремонтная деталь

Валик шва должен иметь ровную чешуйчатую поверхность. Не допускаются подрезы, пористость, трещи-

ны, незаваренные кратеры. Усиление шва не должно возвышаться более чем на 2 мм над поверхностью основного металла. Его очертание должно быть плавным, постепенно снижающимся к поверхности детали. Несовпадение поверхностей сваренных элементов не должно превышать 0,5 мм.

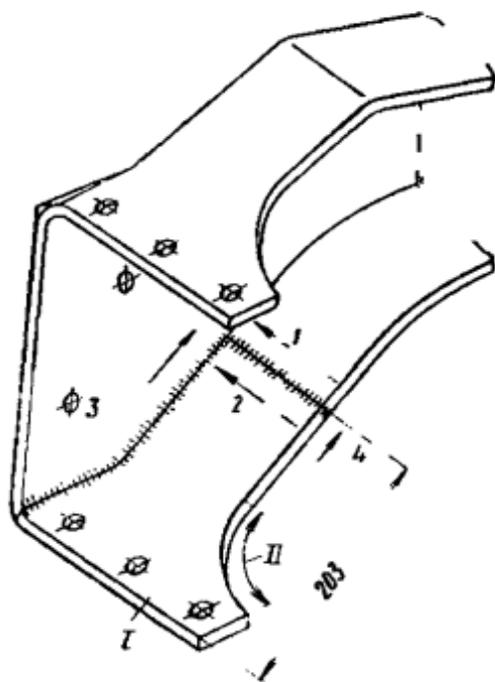


Рис. 41. Ремонт трещины средней поперечины: вырезать поврежденное место на длине 203 мм, I — дополнительная ремонтная деталь; II — на этой длине наклепать кромку

рис. 45, и разрушении его усилием *P*. При этом на изломе нетрудно обнаружить такие дефекты, как непровар, поры, раковины.

Для контроля макроструктуры используют выбракованную часть продольной балки. После заварки на ней имитированной трещины или стыкового соединения механическим способом вырезают образец с поперечным разрезом шва. При этом следует делать вырезку шва из места перехода от полки к стенке профиля, так как здесь наиболее трудно выполнить шов качественно.

Контролируемую поверхность (с разрезом шва) окончательно шлифуют абразивной бумагой № 0 и тр

падение поверхностей сваренных элементов не должно превышать 0,5 мм.

Если усиление шва в месте перехода от полки к вертикальной стенке возвышается более чем на 2 мм, следует опилить его.

Технологическую пробу по ГОСТ 3242—54 и контроль макроструктуры шва необходимо осуществлять периодически не реже одного раза в месяц, а также при допуске сварщика к работам по ремонту деталей р. м. и при поступлении новой партии электродов

Технологическая проба заключается в сварке образца односторонним угловым швом, как показано на

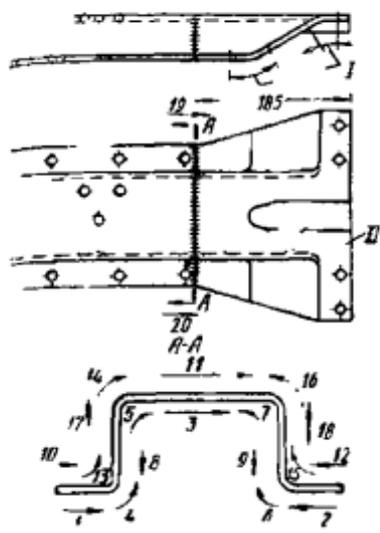


Рис. 42. Ремонт трещин верхней части третьей поперечины: отрезать поврежденный участок на длине 185 мм; I — на этом участке наклепать кромку с двух сторон; II — дополнительная ремонтная деталь

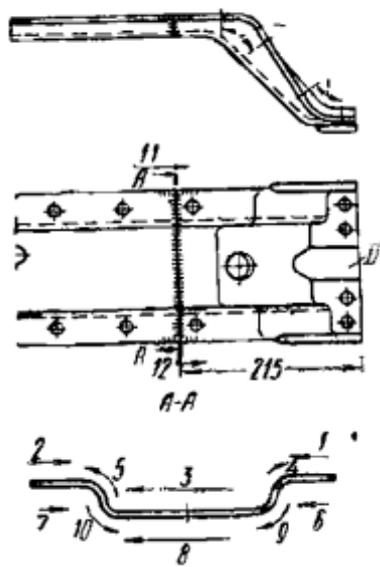
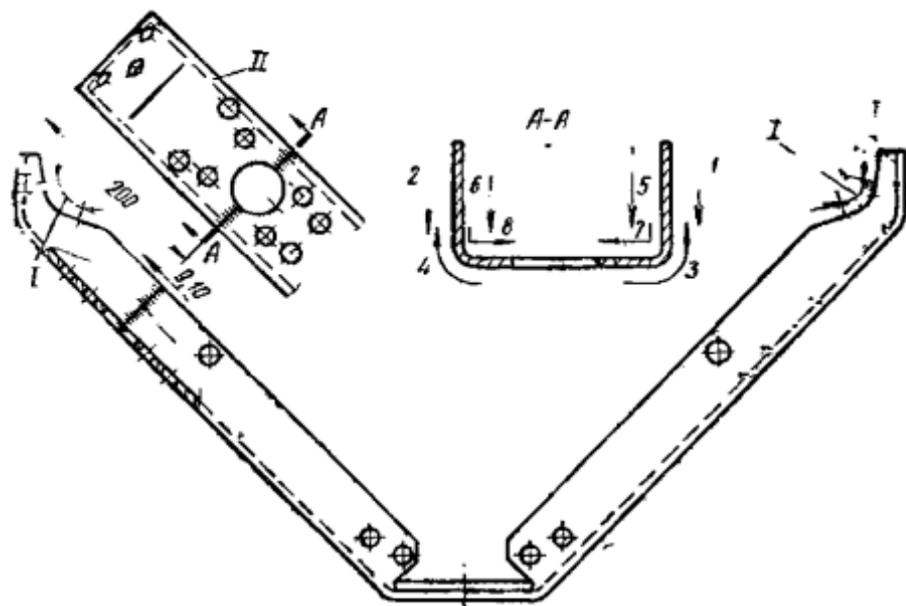


Рис. 43. Ремонт трещин нижней части третьей поперечины: отрезать поврежденный участок на длине 215 мм; I — на указанных участках наклепать кромку с двух сторон; II — дополнительная ремонтная деталь



Р Ремонт трещин раскоса вблизи крепления к продольной балке. отрезать поврежденную часть на длине 200 мм; I — на указанных участках наклепать кромку; II — дополнительная ремонтная деталь

вят. Для этого шлиф протирают тампоном, смоченным одним из следующих реактивов [11]:

10-процентный водный раствор надсернистого аммония;

20-процентный водный раствор хлорного железа;

10-процентный водный раствор азотной кислоты.

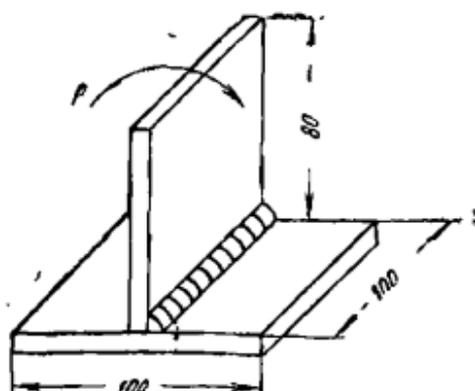


Рис. 45. Технологическая проба сварного шва

После выявления макроструктуры шлиф следует тщательно промыть и просушить для предохранения от коррозии. На шлифе легко обнаружить непровар, поры и другие дефекты.

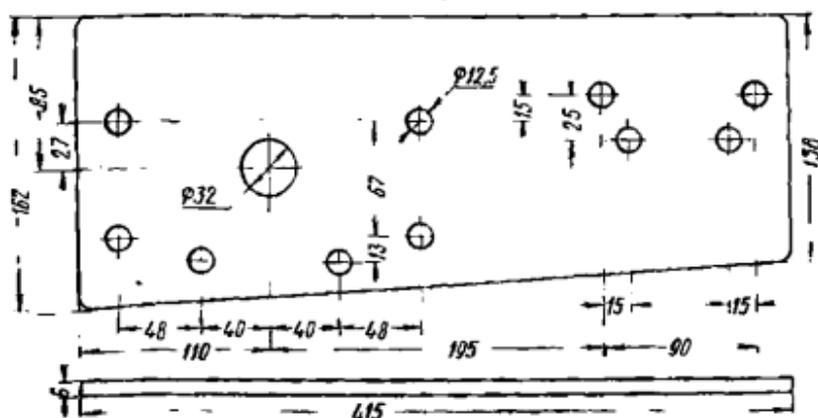


Рис. 46. Ремонтная подкладка передних кронштейнов задней дополнительной рессоры

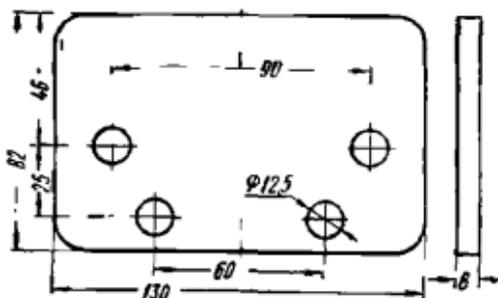
При установке кронштейнов задней и дополнительной рессоры после ремонта и упрочнения продольных балок следует вместо стандартных подкладок деталей

№ 120-2912448 и № 120-2913065 ставить усиленные подкладки (рис. 46 и 47).

Такие подкладки уменьшают деформацию стенки продольной балки, которая является причиной возникновения трещин.

Надрамник автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585 крепится к каждой продольной балке рамы в двух точ-

Рис. 47. Ремонтная подкладка заднего кронштейна дополнительной рессоры



ках: сзади двумя болтами непосредственно к верхней полке балки, для чего в ней пробиты два отверстия, и спереди так же двумя болтами к кронштейну (деталь

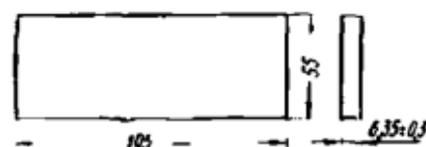


Рис. 48. Дополнительная ремонтная деталь верхней полки переднего конца продольной балки

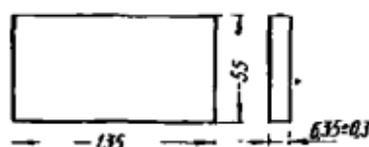


Рис. 49. Дополнительная ремонтная деталь нижней полки переднего конца продольной балки

№ 585-8601070), который, в свою очередь, крепится к вертикальной стенке продольной балки.



Рис. 50. Дополнительная ремонтная деталь верхней и нижней полок заднего конца продольной балки

В автохозяйствах и на авторемонтных заводах нередко упраздняют кронштейн надрамника и крепят последний непосредственно к верхней полке продольной балки.

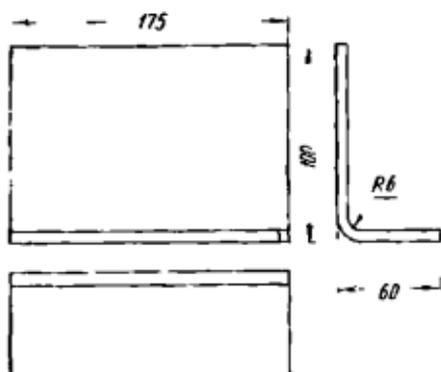


Рис. 51. Дополнительная ремонтная деталь для продольной балки, поврежденной по отверстиям средней поперечины

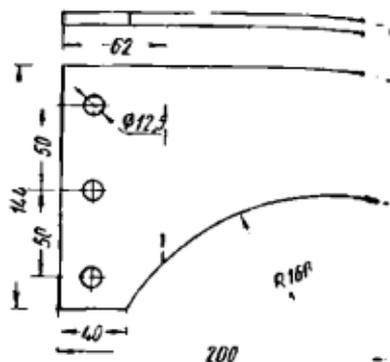


Рис. 52. Дополнительная ремонтная деталь для средней поперечины (заготовка)

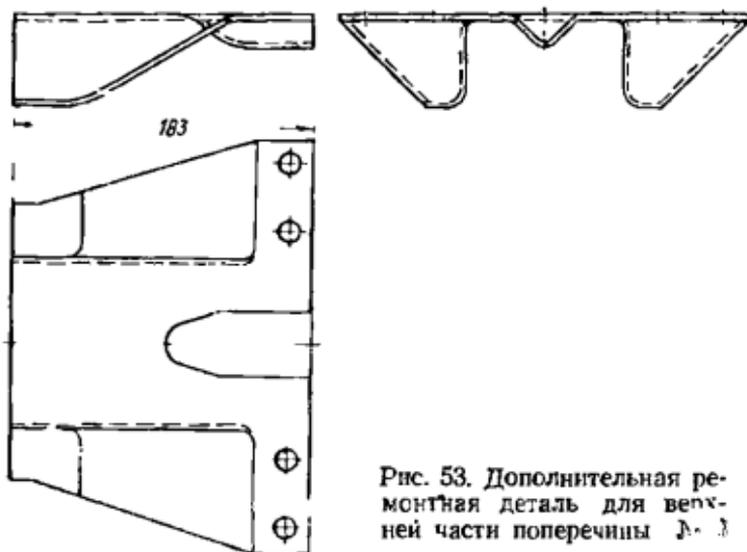


Рис. 53. Дополнительная ремонтная деталь для верхней части поперечины № 3

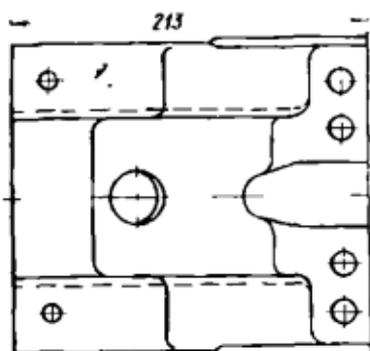
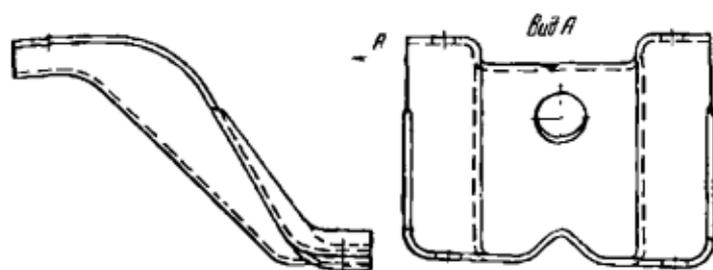


Рис. 54. Дополнительная ремонтная деталь для нижней части третьей поперечины

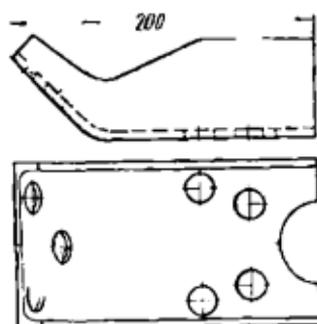


Рис. 55. Дополнительная ремонтная деталь для раскоса поперечины буксирного прибора

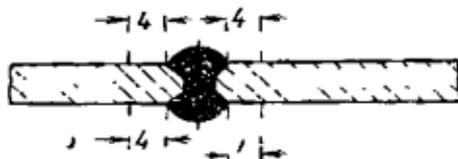


Рис. 56. Наклеп зоны термического влияния сварного шва (на ширине 4 мм)

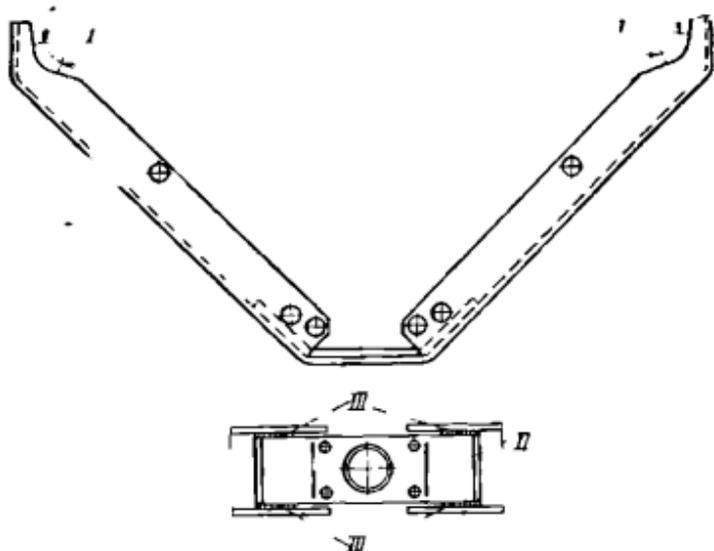


Рис. 57. Ремонт раскоса при трещинах вблизи крепления к поперечине буксирного прибора:

*I* — на указанных участках наклепать кромки; *II* — ремонтная деталь; *III* — сварные швы

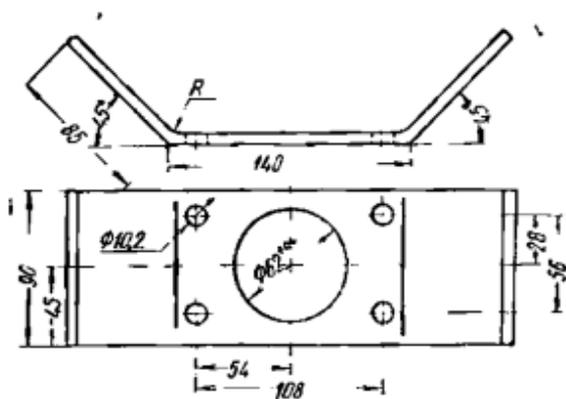


Рис. 58. Ремонтная деталь для раскоса поперечины буксирного прибора

Для этого в ней просверливают, а иногда прожигают два отверстия.

Это совершенно недопустимо, так как около места переднего крепления надрамника в верхней полке балки при разгрузке кузова автомобиля-самосвала возникают достаточно высокие напряжения растяжения. Наличие такого концентратора напряжений, как отверстие, приводит к быстрому возникновению трещин усталости.

При поступлении в капитальный ремонт рам с такими балками нестандартные отверстия следует заваривать и восстанавливать стандартное крепление надрамника.

Ниже приводятся технологические и операционные карты ремонта характерных повреждений деталей рам автомобилей ЗИЛ-164 и ЗИЛ-ММЗ-585.

---

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ОПЕРАЦИОННЫЕ КАРТЫ

### Технологическая карта 1 (см. рис. 36)

Деталь: продольная балка правая, левая	Дефекты: трещины по отверстиям для заклепок крепления кронштейнов и дополнительной рессор. по краям этих кронштейнов и по отверстиям для расколов поперечины буксирного при...
№ детали: 150В-28010/20 : 1 120С-28010/20 : 1	

Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить балку к заварке трещины	1 *
Заварить трещину и отверстие, через которое она проходит	4 и 5
Зачистить абразивным кругом усиление шва вровень с поверхностью балки в месте прилегания подкладки и кронштейна	—
Сверлить и упрочнить раздачей заваренные отверстия под заклепки	6
Упрочнить балку поверхностным наклепом	7

\* Прорезку трещины при данном дефекте не выполнять.

### Технологическая карта 2 (см. рис. 38, 48, 49)

Деталь: продольная балка правая, левая	Дефекты: трещины по отверстиям для заклепок передней поперечины
№ детали: 150В-28010/20/21 120С-28010/20/21	

Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить балку к приварке дополнительной ремонтной детали	2
Приварить дополнительную ремонтную деталь	3
Просверлить отверстия под заклепки в дополнительной ремонтной детали	6
Упрочнить балку поверхностным наклепом	7

Технологическая карта 3 (см. рис. 40, 51)

Деталь: продольная балка правая, левая № детали: 150В-2801020/21 120С-2801020/21	Дефекты: трещины по отверстиям для заклепки средней поперечины. Разрушения в зоне ранее наложенного сварного шва
--	--

Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить балку к приварке дополнительной ремонтной детали	2
Приварить дополнительную ремонтную деталь	3
Сверлить и упрочнить раздачей отверстия под заклепки в дополнительной ремонтной детали	6
Упрочнить балку поверхностным наклепом	7

Технологическая карта 4 (см. рис. 39, 50)

Деталь: продольная балка правая, левая № детали: 120С-2801020/21	Дефекты: трещины по отверстиям для заклепок поперечины буксирного прибора
---	---

Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить балку к приварке дополнительной ремонтной детали	2
Приварить дополнительную ремонтную деталь	3
Просверлить отверстия под заклепки в дополнительной ремонтной детали	6
Упрочнить балку поверхностным наклепом	7

Технологическая карта 5 (см. рис. 35)

Деталь: продольная балка правая, левая <hr/> № детали: 150В-2801020/21 120С-2801020/21	Дефекты: трещины, кроме просмотренных технологическими картами 1, 2, 3, 4
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить балку к заварке трещины	1
Заварить трещину и отверстие, через которое она проходит	4 и 5
Просверлить и упрочнить раздачей заваренные отверстия	6
Упрочнить балку поверхностным наклепом	7

Технологическая карта 6

Деталь: продольная балка и поперечины <hr/> № детали: 150В-2801020/21 120С-2801020/21 120-2801080Б 120-2801102 150В-2801127 150В-2801157	Дефекты: износ отверстий и трещины на кромках отверстий
Наименование операции	№ операционной карты
Заварить изношенные отверстия	5
Просверлить и упрочнить раздачей заваренные отверстия	6
Упрочнить балку поверхностным наклепом	7

### Технологическая карта 7

Д. галь: продольная балка правая, левая	Дефекты: накладки или корытообразные вставки, приваренные к балке в местах повреждения. Плотность, не поддающаяся правке
№ детали: 120С-2 <sup>00100001</sup> 150В-2 <sup>0100021</sup>	
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить балку к сварке в стык (отрезать и подогнать годные части балок)	2
Сварить части балок в стык	3
Упрочнить балку поверхностным накатом	7

### Технологическая карта 8 (см. рис. 37)

Деталь: передняя поперечина	Дефекты: трещины
№ детали: 120-2801080Б	
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить поперечину к заварке трещины (прорезать трещину только с видимого конца)	1
Заварить трещину	4
Упрочнить кромку профиля на обоих концах	—

Технологическая карта 9 (см. рис 41, 52)

Деталь: средняя поперечина <hr/> № д. гали: 120-2801102	Дефекты: трещины
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить поперечину к приварке дополнительной ремонтной детали	2
Приварить дополнительную ремонтную деталь	3
Сверлить отверстия под заклепки в дополнительной ремонтной детали	6
Упрочнить кромки верхней и нижней полок на обоих концах	—

Технологическая карта 10 (см. рис. 42, 53)

Деталь: верхняя часть третьей поперечины <hr/> № детали: 150В-2801127	Дефекты: трещины
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить верхнюю часть поперечины к приварке дополнительной ремонтной детали	2
Приварить дополнительную ремонтную деталь	3
Упрочнить кромку профиля на обоих концах	—

Технологическая карта 11 (см рис 43 54)

Деталь: нижняя часть третьей поперечины № детали: 150В... 1157	Дефекты: трещины
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить нижнюю часть поперечины к приварке дополнительной ремонтной детали	2
Приварить дополнительную ремонтную деталь	3
Упрочнить кромку профиля на обоих концах	—

Технологическая карта 12 (см. рис. 44, 55, 57, 58)

Деталь: раскос буксирного прибора № детали: 120-2805054	Дефекты: трещины в местах крепления к продольной балке или к поперечине
Наименование операции	№ операционной карты
Подготовить раскос буксирного прибора к приварке ремонтной или дополнительной ремонтной детали	2
Приварить ремонтную или дополнительную ремонтную деталь	3
Упрочнить кромку профиля на обоих концах	—

## Операционная карта 1

Детали: продольная балка, передняя поперечина	№ деталей: 150В-2 <sup>0</sup> 1020/21 120С-26 <sup>0</sup> 1020/21 120-2801080В	
Материал: 1 Балки — сталь 30Т 2 Поперечины — сталь 08	Наименование операции: подготовка рамы к сварке трещины	
Рис 35; 36 а, б, в, 37		
Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
Положить деталь на верстак Выправить поверхность детали в месте расположения трещины Прорезать деталь вдоль трещины <sup>1</sup> Зачистить поверхность детали на ширине 20 мм вдоль реза с внутренней и наружной стороны Снять деталь	Верстак. Электротельфер грузоподъемностью 0,5 т Верстак Верстак. Электросварочный аппарат постоянного тока (до 300 а) Верстак Электротельфер грузоподъемностью 0,5 т	Захват Кувалда 4-5 кг, поддержка Ножовка или резак РВД Вращающаяся стальная щетка на гибком валу Захват

<sup>1</sup> При наличии трещин на вертикальной стенке продольной балки переход не выполняются

## Операционная карта 2

Детали: продольная балка, средняя поперечина, верхняя и нижняя части третьей поперечины, раскос	№ деталей: 150В-2801020/21 120С-2801020/21 120-2801102 150В-2801127 150В-2801157 120-2805054
Материал: 1. Балки — сталь 30Т 2. Поперечины — сталь 08 3. Раскоса — сталь 20	Наименование операции: подготовка к приварке дополнительной ремонтной деталей
Рис. 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
Положить деталь на верстак* Разметить место вырезки в соответствии с рисунком Вырезать по разметке Удалить наплывы окислов с поверхности и кромки реза, зачистить поверхность вдоль реза на ширине 20 мм с внешней и внутренней стороны детали Снять деталь	Верстак. Электротельфер Верстак Верстак и газосварочный аппарат Верстак Электротельфер грузоподъемностью 0,5 т	Захват Шаблон, угольник, мел Резак РР-53 или РЗР-01-55 Вращающаяся гальная щетка, наждачный круг на гибком валу, зубило, молоток Захват

## Операционная карта 3

Детали: продольная балка, средняя поперечина, верхняя и нижняя части третьей поперечины, раскос	№ деталей: 150В-280102 <sub>а</sub> <sup>1</sup> 120С-280102 <sub>а</sub> <sup>1</sup> 120-2801102 150В-7801127 150В-2801157 120-2806054
Материал: балки — сталь 30Т поперечины — сталь 08 раскоса — сталь 20	Наименование операции: приварка дополнительной ремонтной детали к детали рамы
Рис. 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57 и 58	

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
<p>Положить предварительно подготовленную к сварке деталь рамы на верстак</p> <p>Подогнать дополнительную ремонтную деталь, установить ее на деталь рамы, прихватить сваркой в трех-четырёх точках, подложить и укрепить медную подкладку (при равномерном зазоре менее 3 мм варить без медной подкладки).</p> <p>Варить прямые участки профиля нижним швом, а сгиб профиля вертикальным швом, соответственно поворачивая деталь и соблюдая положе-</p>	<p>Верстак, электротельфер грузо-подъёмностью 0,5 т</p> <p>Верстак, электросварочный аппарат переменного или постоянного тока 300 а</p> <p>Верстак специальный          Электросварочный аппарат переменного или постоянного тока 300 а</p>	<p>Захват</p> <p>Электрододержатель, защитная маска, медная подкладка, струбцина</p> <p>Электроды (см. стр. 87)          Электрододержатель, защитная маска</p>

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
<p>довательность наложения швов, указанную на рисунках 38—44. Сплошные стрелки, параллельные сварным швам, указывают направление наложения наружных (по отношению к корытообразному профилю) швов, а пунктирные — внутренних швов. Цифры около стрелок означают последовательность наложения швов.</p> <p>Удалить шлак, зачистить шов (раковины, поры, подрезы и непровар не допускаются. Возвышение усиления шва над поверхностью детали не должно быть более 2 мм. Большое возвышение на сгибе профиля детали опилить).</p>	Верстак	Молоток, зубило, вращающаяся стальная щетка на гибком валу

**Примечание.** Дополнительные ремонтные детали (рис. 48, 49 и 50) могут быть вырезаны из полок негодных продольных балок, исключая те части, где имеются отверстия. Дополнительная ремонтная деталь (рис. 51) может быть также вырезана из частей негодной продольной балки, не имеющих отверстий. Остальные дополнительные ремонтные детали следует изготавливать штампованием из материала основной детали согласно чертежу завода-изготовителя.

## Операционная карта 4

Детали: продольная балка, передняя поперечина		№ деталей: 150В-2801020/21 120С-2801020/21 120-2801080Б
Материал: 1. Балки — сталь 30Т 2. Поперечины — сталь 08		Наименование операции: заварка трещины
Рис. 35, 36, 37		
Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
Положить предварительно подготовленную к сварке деталь на верстак	Верстак, электротельфер грузоподъемностью 0,5 т	Захват
Подложить и укрепить медную подкладку (при равномерном зазоре менее 3 мм варить без медной подкладки. Отверстие, через которое проходит трещина, заварить на медной подкладке)	Верстак	Медная подкладка, струбцина

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
<p>Варить прямые участки трещины нижним швом, а на сгибе — вертикальным швом, соответственно поворачивая дсталь и соблюдая последовательность наложения швов</p>	<p>Верстак специальный</p>	<p>Молоток, зубило, вращающаяся стальная щетка на гибком валу</p>
<p>Удалить шлак, зачистить шов. (Раковины, поры, подрезы и непровар не допускаются.</p>		
<p>Возвышение усиления шва над поверхностью детали не должно быть более 2 мм. Большее возвышение на сгибе профиля опилить)</p>	<p>Верстак, электросварочный аппарат постоянного или переменного тока 300 а</p>	<p>Электроды (см стр. 87) Электрододержатель, защитная маска</p>

## Операционная карта 5

Детали продольная балка, передняя поперечина, средняя поперечина, верхняя и нижняя части третьей поперечины	№ деталей: 150В-2801020/21 120С-2801020/21 120-2801080Б 120-2801102 150В-2801127 150В-2801157
Материал: 1. Балки — сталь 30Т 2. Поперечины — сталь 08	Наименование операции: заварка изношенных отверстий и отверстий с трещинами на кромках

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
<p>Положить деталь рамы на верстак</p> <p>Зачистить поверхность детали с внешней и внутренней стороны на расстоянии 10—16 мм от кромки отверстия</p> <p>Подложить под отверстие медную подкладку и укрепить ее</p> <p>Заварить отверстие вровень с поверхностью детали</p> <p>Удалить шлак, зачистить заваренное место (наплавленный металл не должен иметь пор и раковин, не допускается утяжка наплавленного металла ниже поверхности детали, возвышение допускается не более 1 мм)</p>	<p>Верстак, электротельфер грузоподъемностью 0,5 т Верстак</p> <p>Верстак</p> <p>Верстак, электросварочный аппарат до 300 а, переменного или постоянного тока Верстак</p>	<p>Захват</p> <p>Вращающаяся стальная щетка на гибком валу</p> <p>Медная подкладка, струбци-на Электрододержатель, маска Электроды (см. рис. 87)</p> <p>Зубило, молоток, вращающаяся стальная щетка на гибком валу</p>

Детали: продольная балка, передняя поперечина, средняя поперечина, верхняя и нижняя части третьей поперечины

№ деталей: 150В-2801020/21  
120С-2801020/21  
120-2801080Б  
120-2801107  
150В-2801127  
150В-2801157

Материал 1 Балки — сталь 30Т  
2 Поперечины — сталь 08

Наименование операции: сверление заваренных отверстий и отверстий в дополнительных и ремонтных деталях и упрочнение их раздачей

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
Сверлить отверстия по кондуктору <sup>1</sup>	Сверлильный станок	Кондуктор, сверло $\varnothing 11,5$ мм
Удалить заусенцы на кромках отверстий	—	Шабер
Раздать отверстия на продольной балке до номинального диаметра (при отсутствии прессы допускается раздача отверстий ударами молотка по прошивке)	Пресс специальный (более 3 т)	Прошивка $\varnothing 12,5$ мм

<sup>1</sup> На продольной балке отверстия, подлежащие упрочнению обжатием кромок (см. стр. 60), сверлить на 1 мм меньше номинального диаметра. На переднем и заднем концах продольной балки и на поперечинах отверстия не упрочняют.

## Операционная карта 7

Детали: отреставрированные или годные без ремонта продольные балки	№ деталей: 150В-2801020/21 120С-2801020/21
Материал: сталь 30Т Рис. 35, 38, 39, 56	Наименование операции: упрочнение балки поверхностным наклоном

Наименование перехода	Оборудование	Приспособления и инструменты
<p>Наклепать кромку профиля против отверстий для первой поперечины и поперечины буксирного прибора (при отсутствии станка для накатки допускается наклеп кромки профиля легкими ударами вспомогательного бойка слесарного молотка)</p> <p>Обжечь фаски на кромках отверстий с двух сторон (см. стр. 60)</p> <p>При отсутствии специального преса допускается обжатие фасок отверстий ударами молотка по бойку</p> <p>Наклепать зоны термического влияния сварных швов (рис. 56)</p>	<p>Специальный станок для накатки роликом</p> <p>Специальный пресс (6 т)</p> <p>Компрессор, пневматический молоток с работой удара 0,5—0,7 кгм</p>	<p>Бойки с рабочим конусом 45°</p> <p>Боек с радиусом рабочей сферы 4,5 мм</p>

**Примечание.** Наклепывать зону термического влияния следует только на продольной балке у швов, расположенных в средней части балки, где трещины усталости возникают от переменного изгиба. Упрочнять только поперечные швы на участке от нижней кромки профиля до оси симметрии поперечного сечения балки.

При заварке трещины по нестандартному отверстию для переднего крепления надрамника автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585 или трещины по гофрам на верхней полке швов следует упрочнять от верхней кромки профиля до оси симметрии поперечного сечения так как эти трещины начинаются от верхней полки

## Приложение

### ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ РАМ АВТОМОБИЛЕЙ ЗИЛ-164 И АВТОМОБИЛЕЙ- САМОСВАЛОВ ЗИЛ-ММ3-585

*Состояние деталей, поступающих на сборку.* Продольные балки должны поступать на сборку отдельно от поперечин и без кронштейнов задней и дополнительной рессор (детали № 120-2912444-А2 и 120-2913444). Верхняя часть третьей поперечины должна быть отделена от нижней, а раскос — от поперечины буксирного прибора. При ослаблении одной или нескольких заклепок крепления кронштейнов (детали № 164-2902444/45, 164-2902446/47, 120-3403015-Б, 181-8500071, 120-3105056) к продольной балке все заклепки крепления данного кронштейна должны быть заменены. Подтягивание заклепок не допускается.

Все детали должны быть вымыты, а места возможного зарождения трещин — зачищены до металлического блеска для облегчения обнаружения трещин.

Допускается ремонт деталей рамы заваркой трещин, отрезкой или вырезкой поврежденной части и приваркой дополнительной детали. Все сварные соединения должны быть выполнены в стык. Приварка вставок, а также приварка дополнительных деталей внахлестку не допускается. При ремонте трещин, проходящих через отверстие, последнее должно быть обязательно заварено. При наличии на продольной балке трещин, проходящих через отверстия для заклепок крепления поперечин, необходимо вырезать поврежденную часть и приварить дополнительную ремонтную деталь. Сваривать детали необходимо следующими электродами диаметром 4 мм:

Марка электрода	Род тока	Сила тока при сварке, а	
		Нижнее положение шва	Вертикальное положение шва
ОЗС-6	Постоянный и переменный	170—240	130—170
УММ-5А	То же	160—200	140—180
ВН-48	»	160—190	130—150
УОНИ-13/55У	»	130—160	130—140
УОНИ-13/55	Постоянный	130—150	130—150

Применение других электродов не допускается.

Сварные швы, проходящие через места прилегания кромок и подкладок, должны быть зачищены заподлицо с поверхностью стали.

На одной продольной балке не должно быть более трех соединений, включая заваренные трещины.

Контролер ОТК должен принимать детали рамы до осмотра.

Перед осмотром со сварных швов должен быть удален шлак, а их поверхность должна быть тщательно зачищена.

Сварные швы не должны иметь подрезов, раковины и пор. Кромки должны быть заглавлены и выведены в сторону.

Усиление сварных швов не должно возвышаться над поверхностью детали более чем на 2 мм. Допускается опиливание шва на сгибе профиля. В месте выхода на кромку профиля шов должен быть подварен вровень с кромкой.

Годные без ремонта и отремонтированные детали должны быть упрочнены наклепом в местах возможного возникновения трещин. При наклепе ударными способами каждый отпечаток бойка должен быть хорошо заметен. Соседние отпечатки должны перекрываться. Радиус рабочей сферы бойка для наклепа зоны термического влияния сварного шва пневматическим молотком должен быть не менее 4,5 мм, при этом диаметр отпечатка не должен превышать 2 мм. Нельзя допускать чрезмерно интенсивный наклеп, при котором следы бойка сливаются и образуют желобок с гладкой поверхностью.

Продольные балки и поперечины необходимо править без нагрева. После правки форма и размеры деталей должны соответствовать чертежу завода-изготовителя.

Кривизна верхней полки продольной балки не должна превышать 2 мм на длине 1000 мм, а на всей длине — 5 мм.

Кривизна вертикальной стенки допускается не более 2 мм на длине 1000 мм, а на всей длине — не более 10 мм. Разность ступеней прогиба продольных балок одной рамы не должна превышать 6 мм.

Годные без ремонта и отремонтированные детали рамы после упрочнения и приемки ОТК должны быть окрашены.

Сборка рамы. Головки заклепок должны иметь геометрически правильную форму без перекосов, наплывов и трещин.

Заклепочные соединения должны обеспечивать плотное прилегание поверхностей склепываемых деталей.

Не должны проходить между склепанными деталями шпатель 0,05 мм на расстоянии, равном двум диаметрам заклепки (рис. 3) 0,5 мм в промежутках между заклепками на расстоянии между ними до 60 мм; 1,2 мм при большем расстоянии.

На соединяемых деталях после клепки не должно быть трещин. Рамы необходимо клепать без нагрева заклепок путем высадки их головок при помощи гидравлического устройства. При этом не допускается предварительно отожженные заклепки.

Допускается ударная клепка рамы (пневматическая или ручная), при которой ударялки необходимо предварительно нагреть.

При сборке буксирного прибора все шарнирные соединения стержень буксирного крюка и направляющие втулки должны быть смазаны смазкой 1-13.

Защелка буксирного крюка должна открываться и закрываться без заедания.

При открытом положении защелка должна удерживаться в замкнутом положении. В закрытом положении зазор между торцами крюка и

щелки не должен превышать 2 мм, а шплинт диаметром 6 мм должен свободно проходить в отверстие для стопорения защелки

Собранная рама должна быть окрашена асфальтовой краской № 122 (ГУМКП 277—47) или алкидно-стирольной эмалью МС-17 (ВТУ УХП 105—59) в два слоя.

**Проёмка рамы.** Собранная рама не должна иметь перекосов. При горизонтальном расположении симметричных точек переднего коша рамы негоризонтальность их на всей длине рамы не должна превышать 7 мм.

Неперпендикулярность поперечин продольным балкам рамы не должна превышать 2 мм на длине 1 м.

Расположение отверстий для крепления двигателя должно соответствовать рис. 60, при этом разность размеров  $L_1$  и  $L_2$  не должна превышать 2 мм.

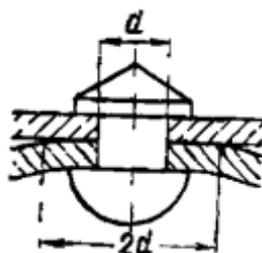


Рис. 59. Заклепочное соединение;  
 $d$ —диаметр стержня заклепки

На участке рамы шириной 800 мм допускается отклонение по ширине в сторону уменьшения в пределах до 2 мм. На участке шириной 865 мм допускается отклонение по ширине  $\pm 5$  мм.

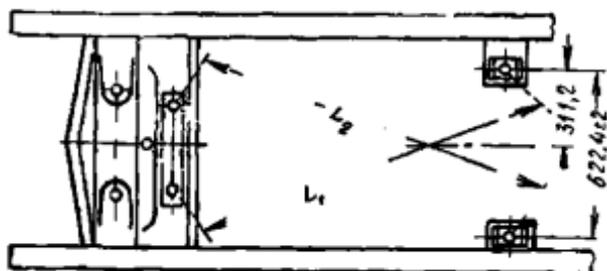


Рис. 60. Расположение отверстий для контроля правильности сборки рамы

Отверстия под рессорные пальцы в симметричных кронштейнах задних рессор должны быть соосны. Отклонение не должно превышать 1,5 мм на длине 1 м.



Деталь: продольная балка рамы правая,  
левая в сборе (без кронштейнов задней  
и дополнительной рессор)  
№ детали: 150В-2801014-Б/15-Б, 120С-2801014/15  
Материал: сталь 30Т

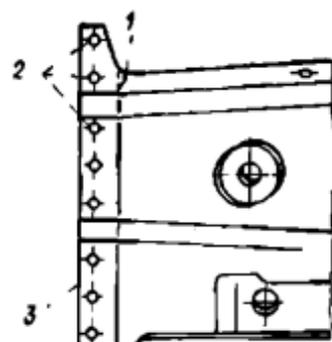
Позиция по эскизу	Наименование дефектов	Способ установления дефекта и измерительный инструмент	Размеры, мм			Заключение
			номинальный	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
5	Трещины усталости (эскиз 1) кроме указанных в пунктах 3, 4, 6	Осмотр (лупа четырехкратного увеличения)	—	—	—	Ремонтировать: заварить и упрочнить наклепом зоны термического влияния шва
3	Трещины по отверстиям для заклепок передней поперечины и поперечины буксирного прибора автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-585 на верхней или нижней полках	То же	—	—	—	Ремонтировать: вырезать полку, приварить в стык вставку и упрочнить наклепом кромки профиля
4	Трещины по отверстиям для заклепок средней поперечины	Осмотр (лупа четырехкратного увеличения)	—	—	—	Ремонтировать: вырезать угольник (искус. и чл. в стыки (см. эск.)), при-

6	Трещины по отверстиям для заклепок крепления кронштейнов задней и дополнительной рессор, по контуру этих кронштейнов, и по отверстиям для раскоса буксирного прибора	То же	—	—	—	варить в стык вставку и упрочнить наклепом зоны термического влияния швов Ремонтировать: заварить и поставить при сборке усиленную подкладку
	Разрушения в зоне ранее наложенного сварного шва	Осмотр	—	—	—	Ремонтировать: вырезать угольник (полку и часть стенки балки), приварить в стык вставку и упрочнить наклепом зоны термического влияния швов
	Накладки или корытообразные вставки приваренные к балке в местах повреждения	Осмотр	—	—	—	Ремонтировать: отрезать часть балки, имеющей повреждение и приварить в стык такую же годную часть с последующим упрочнением наклепом зоны термического влияния шва. Браковать при наличии более одной накладки или корытообразной вставки

Позиция по эскизу	Наименование дефектов	Способ установления де- фекта и измерительный ин- струмент	Размеры в мм			Заключение
			номиналь- ный	допусти- мый без ремонта	допусти- мый для ремонта	
2	Износ отверстий под заклепки	Пробки или штанген- циркуль	—	Увеличе- ние диа- метра не более 0,5 мм	Увели- чение диаметра более 0,5 мм	Ремонтировать: зава- рить на медной подклад- ке, сверлить и упрочнить кромки отверстий
1	Вырывы отверстий под болты крепления перед- них буксирных крюков с разрывом кромок	Осмотр	—	—	—	Ремонтировать: пра- вить и заварить разрывы или отрезать поврежден- ную часть и приварить в стык такую же годную часть
	Погнутость балки	Осмотр Контрольное приспособление, щупы 2 мм, 5 мм и 10 мм	кривизна верхней не более 2 мм на длине 1 м, не бо- лее 5 мм на всей длине балки	полки: более 2 мм на длине 1 м или более 5 мм на всей длине балки	Ремонтировать: пра- вить без нагрева. Браковать при погну- тости, не поддающейся правке	

		Кривизна вертикальной стенки:		
		не более 2 мм на длине 1 м, не более 10 мм на всей длине балки	более 2 мм на длине 1 м или более 10 мм на всей длине балки	
Повреждение кронштейнов: (дет. 164-2902444/45; 164-2902446/47; 164-2905540; 120-1001049-Б; 120-3403015-Б; 181-8500071; 120-3105056)	Осмотр	—	—	Ремонтировать: заменить поврежденные кронштейны
Ослабление заклепок крепления кронштейнов (дет. 164-2902444/45; 164-2902446/47; 164-2905540; 120-1001049-Б; 120-3403015; 181-8500071; 120-3105056) к продольной балке	Осмотр, остукиванием		—	Ремонтировать: заменить все заклепки крепления данного кронштейна

26 **Примечание** На продольной балке не допускается более трех сварных соединений, включая заваренные трещины.

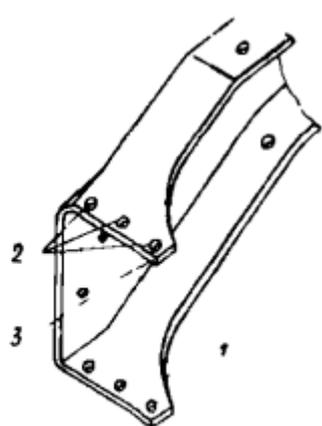


Деталь: передняя поперечная рамы

№ детали: 120-2801080-Б

Материал: сталь 08

Позиция по всказу	Наименование дефектов	Способ установления де- фекта и измерительный ин- струмент	Размеры, мм			Заключение
			номиналь- ный	допусти- мый без ремонта	допусти- мый для ремонта	
1	Трещины усталости на поперечине	Осмотр. Лула четырех- кратного увеличения	—	—	—	Ремонтировать: зава- рить с последующим на клёпом кромки в зоне шва
2	Износ отверстий под заклепки	Штангенциркуль или пробка $\varnothing 12,8$ мм	12,3	12,8	Более 12,8	Ремонтировать: зава- рять на медной подклад- ке
3	Погнутость поперечи- ны	Осмотр. Шаблон	—	—	—	Ремонтировать пра- вить без нагрева. Брако- вать при погнутости, не подлежащей правке

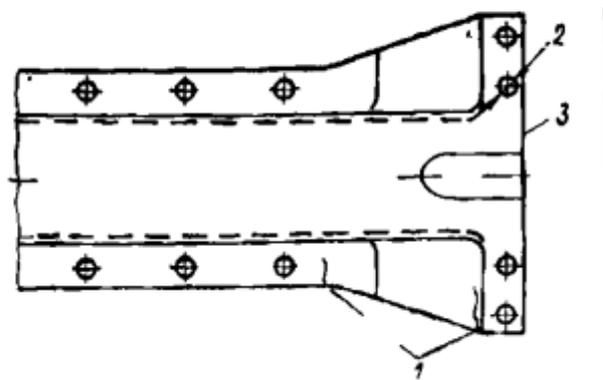


Деталь. средняя поперечина рамы

№ детали: 120-2801102

Материал: сталь 08

Позиция по эскизу	Наименование дефектов	Способ установления дефекта и измерительный инструмент	Размеры, мм			Заключение
			номинальный	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины усталости на поперечине	Осмотр	—	—	—	Ремонтировать: вырезать полку и приварить в стык дополнительную деталь с последующим наклепом кромок
2	Износ отверстий под заклепки	Штангенциркуль или пробка $\varnothing$ 13,0 мм	12,5	13,0	Более 13,0	Ремонтировать: заварить на медной подкладке
3	Погнутость поперечины	Осмотр. Шаблон	—	—	—	Ремонтировать: править без нагрева. Браковать при погнутости, неподдающейся правке

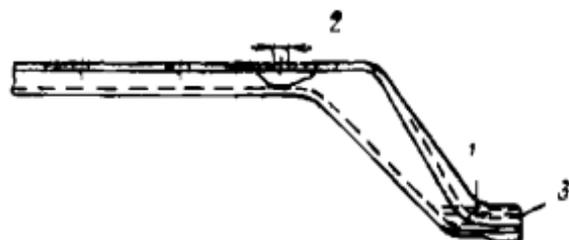


Деталь: верхняя часть третьей поперечины рамы

№ детали: 150В-2801127

Материал: сталь 08

Позиция по эскизу	Наименование дефектов	Способ установления дефекта и измерительный инструмент	Размеры, мм			Заключение
			номинальный	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины усталости на детали	Осмотр. Лупа четырехкратного увеличения	—	—	—	Ремонтировать: отрезать поврежденную часть и приварить в стык дополнительную деталь
2	Износ отверстий под заклепки	Штангенциркуль или пробка $\varnothing$ 10,5 мм	10	10,5	Более 10,5	Ремонтировать: заварить на медной подкладке
3	Погнутость детали	Осмотр. Шаблон		—		Ремонтировать: править без нагрева Браковать при погнутости, не поддающейся правке

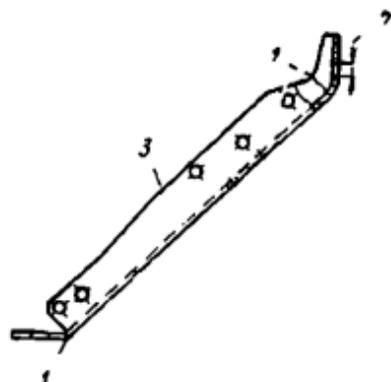


Деталь: нижняя часть третьей поперечины рамы

№ детали: 150В-2801157

Материал: сталь 08

Позиция по эскизу	Наименование дефектов	Способ установления дефекта и измерительный инструмент	Размеры, мм			Исключение
			номинальный	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины усталости на детали	Осмотр. Лупа четырехкратного увеличения			—	Ремонтировать: отрезать поврежденную часть и приварить в стык дополнительную деталь
2	Износ отверстий под заклепки	Штангенциркуль или пробка $\varnothing$ 10,5 мм	10	10,5	Более 10,5	Ремонтировать: заварить на медной подкладке
3	Погнутость детали	Осмотр. Шаблон	—	—	—	Ремонтировать: править без нагрева Браковать при погнутости, не поддающейся правке



Деталь: раскос буксирного прибора

№ детали: 164-2805054

Материал: сталь 20

Позиция по эскизу	Наименование дефектов	Способ установления дефекта и мерительный инструмент	Размеры в мм			Заключение
			номинальный	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины усталости на раскосе	Осмотр. Лупа четырехкратного увеличения	—	—	—	Ремонтировать: отрезать поврежденную часть и приварить в стык дополнительную деталь Ремонтировать: заварить на медной подкладке Ремонтировать: править без нагрева. Браковать при погнутой, не поддающейся пружке
2	Износ отверстий под заклепки	Штангенциркуль или пробки $\varnothing$ 10,7 мм и 12,5 мм	10,2 12,0	10,7 12,5	Более 10,7 Более 12,5	
3	Погнутость раскоса	Осмотр. Шаблон	—	—	—	

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ветлугин Ф. Г. Восстановление поврежденных автомобильных рам электродуговой сваркой. Главиздат Министерства Культуры Казахской ССР, Алма-Ата, 1961.

2. Гельфгат Д. Б. и Ошиков В. А. Рамы автомобилей, Машгиз, 1959.

3. Гурман В., Кобрин М., Лельчук Л. Повысить долго вечность автомобильных рам. «Автомобильный транспорт», 1964, № 12.

4. Карпекин П. А., Розенберг Л. И. Ремонт продольных балок автомобилей ЗИЛ-150 и ЗИЛ-5. Автотрансиздат, Москва, 1959.

5. Кобрин М., Луневский И., Багданов Ю., Лельчук Л. Повышение прочности рам наклепом. «Автомобильный транспорт», 1965, № 2.

6. Кобрин М., Лельчук Л. М. Стендовые испытания рам грузовых автомобилей. «Автомобильная промышленность», 1963, № 1.

7. Кобрин М. М., Лельчук Л. М. Усталостная прочность низколегированных сталей в образцах и рамных конструкциях из гнутых профилей. «Автомобильная промышленность», 1963, № 11.

8. Кобрин М. М., Лельчук Л. М. Классификация и анализ усталостных разрушений рам грузовых автомобилей, используемых в сельском хозяйстве. Труды ГОСНИТИ, том 4, 1964.

9. Кудрявцев И. В. Повышение усталостной прочности сварных металлоконструкций. ЦНИИТМАШ, № 43, Машгиз, 1951.

10. Лельчук Л. М. Прочность лонжеронов автомобильных рам в зонах местных искривлений полок. Труды ГОСНИТИ, том 5, 1964.

11. Малевский Ю. Б., Грабин В., Даровский Г. Ф., Парфесса Г. И. Атлас макро- и микроструктур сварных соединений, Машгиз, 1961.

12. Николаев Г. А. Сварные конструкции, Машгиз, 1962.

13. Скаков А. И. Качество железнодорожных рельсов. Государственное издательство черной и цветной металлургии, 1965.

14. Эляшева М. А. Циклическая прочность сварных соединений, Центральный Институт технической информации. Передовой научно-технический и производственный опыт. Выпуск 18, Москва, 1960.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Глава I. Общие сведения об усталостной прочности материалов и конструкций . . . . .	5
Основы усталостной прочности . . . . .	5
Прочность новых и отремонтированных рам . . . . .	15
Глава II. Исследование способов ремонта деталей рамы . . . . .	23
Задачи исследования . . . . .	23
Исследование дефектов деталей рамы . . . . .	24
Исследование сварных соединений . . . . .	34
Выбор способов ремонта деталей рамы . . . . .	39
Испытания деталей рамы автомобиля ЗИЛ-164 (ЗИЛ ММЗ-585) на выносливость . . . . .	44
Глава III. Технология ремонта деталей рамы . . . . .	58
Технологические и операционные карты . . . . .	72
Приложение . . . . .	87
Литература . . . . .	99

*Виктор Самуилович Гурман*

**Ремонт автомобильных рам**

Редактор *С. И. Гринберг*

Технический редактор *Т. М. Плешкова*

Корректор *Л. А. Мальшова*

---

Сдано в набор 14/X 1966 г      Подписано в печать 18/III 1967 г.  
 Бумага 84×108<sup>1/32</sup> № 2 Физ. п. л. 3,125 Усл. п. л. 5,25 Уч.-изд. л. 5,15  
 Т-01991 Тираж 10000 экз. Цена 26 коп. Изд. № 3-3-1-14 № 968  
 Издательство «Транспорт», Москва, Б-174, Басманный туп., 6а

---

Московская типография № 19 Главполиграфпрома  
 Комитета по печати при Совете Министров СССР  
 наб Мориса Тореза, 34, Зак. 4132