

$$\begin{aligned} \bar{a} &= \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_e^n; \quad \bar{a} = \bar{a}_r^n + \bar{a}_e^n; \quad \bar{a} = \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n; \\ \bar{a} &= \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_e^n; \quad \bar{a} = \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n; \\ \bar{a} &= \bar{a}_r^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n; \quad \bar{a} = \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n. \end{aligned}$$

Возможно раздвоение переносного движения на два движения: поступательное криволинейное и вращательное.

4. Студенты, решая эти задачи, приобретают новые знания и навыки многокритериального мышления, идентификации и выбора, которые помогут им в дальнейшей учебе и в будущей трудовой деятельности при проектировании и создании новых перспективных моделей техники.

5. Задачи идентификации и выбора являются неотъемлемой частью многокритериального синтеза в КСДТ поэтому их необходимо ввести в курсы лекций по дисциплинам «Теоретическая механика», «Теория машин и механизмов», «Механика», «Детали машин», которые читают студентам, курсантам, магистрантам и аспирантам технических вузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики. Том I. Статика и кинематика / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин // – М.: Наука, 1970. – 240 с.
2. Задачи идентификации в кинематике сложного движения точки / А. Ю. Демко и др. // Динамиката на съвременната наука – 2021 : мат. XVII международ. научна практична конф., София, 17–25 юли 2021 г.: София, 2021. – V.3. – С. 50–53.
3. Демко, А. Ю. Задачи многокритериальной идентификации в кинематике сложного движения точки / А. Ю. Демко, О. С. Порожнюк, Ю. А. Гурвич // Prospects of world science – 2021: materials of the XVII International scientific and practical Conference, Sheffield, July 30 – August 7 2021. Sheffield: Science and Education LTD., 2021. – V.3. – P. 99–102.
4. Демко, А. Ю. Применение методов многокритериальной идентификации и выбора в теоретической и прикладной механике / А. Ю. Демко, О. С. Порожнюк, Ю. А. Гурвич // Nauka: teoria i praktyka – 2021: materiały XVII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, Przemysł, 07–15 sierpnia 2021. – Przemysł, 2021. – T.2. – S. 63–66.
5. Задачи выбора в кинематике сложного движения точки / А. Ю. Демко и др. // Aplikované vědecké novinky – 2021: materiály XVIII Mezinárodní vědecko – praktická konference, Praha, 22–30 červnců 2021. – Praha: Publishing House «Education and Science», 2021. – V.2 – P. 118–120.

Поступила 01.02.2022

УДК 620.178; УДК 621. 81: 621 – 192; УДК 681.3.06:629.114.2

Капуста П. П.¹, Муха А. С.², Верес А. И.²

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СБОРКИ РАМ ШАССИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ КЛЕПКИ

1. *Белорусский национальный технический университет*
2. *Минский автомобильный завод,
Минск, Беларусь*

В статье содержатся актуальные и полезные для ознакомления специалистов сведения о технологии и оборудовании сборки рам шасси грузовых автомобилей методом холодной клепки (лонжеронов и поперечин, различных кронштейнов и др. элементов).

Материалы являются обобщением передового опыта зарубежного и отечественного автомобилестроения, а также внедренных в серийное производство рам грузовых автомобилей Минского автомобильного завода, результатов собственных исследований авторов. Замена ранее применяемой горячей клепки на холодную позволила увеличить ресурс в километрах пробега не менее, чем в 3 раза при вероятности неразрушения 0,95. Применение предложенного метода позволило уменьшить количество дорогостоящих болтовых соединений высокопрочными болтами импортного производства.

Полученные результаты в данной области и могут быть полезны для развития исследований по конструкторско-технологическому обеспечению надежности на стадии создания сборных несущих конструкций, методологии их ресурсного проектирования, что является необходимым условием повышения качества и конкурентоспособности грузовых автомобилей.

Вводные положения. Обоснование и цель проведенных разработок. Рама автомобиля является одним из основных элементов автомобиля, от которого во многом зависят ходовые качества, надежность, долговечность и комфорт. Традиционно элементы рамы (лонжероны и поперечины), а также кронштейны крепления различных навесных узлов и агрегатов к раме соединяются посредством, как правило, заклепочных соединений. В раме автомобиля заклепочные соединения работают в условиях сложного нагружения. Они подвержены одновременному воздействию растягивающих, срезающих и изгибающих нагрузок. На Минском автомобильном заводе внедрена технология клепки «в холодную», которая имеет свои преимущества перед заклепочными соединениями склепанными «в горячую».

Технология изготовления заклепочных соединений методом горячей клепки, ранее применяемая, заключается в следующем. Процесс горячей клепки сопровождается разогреванием стержня и закладочной головки заклепки между электродами машины для точечной сварки. Нагрев производится до температуры горячей обработки металлов давлением с целью обеспечения необходимой пластичности металла. Затем производится процесс склепывания – формообразование замыкающей головки заклепки гидроскобой. В результате термической усадки при остывании стержень заклепки сжимается, а соединяемые листы стягиваются. Ранее проведенными исследованиями экспериментально на образцах установлено, что зазор между стержнем заклепки и стенкой отверстия составляет от 0,05 до 0,5 мм. Разогрев заклепки неравномерный, стержень заклепки в месте образования замыкающей головки разогревается выше; это приводит к неравномерному заполнению отверстия деформируемым металлом. Разница в диаметре достигает 0,3 мм (наибольший диаметр стержня заклепки в зоне его замыкающей головки). Установленная разница в заполнении отверстия может вызвать повышенную нагруженность закладной головки заклепки.

Целью проведенных исследований является разработка конструкций и технологии производства рам грузовых автомобилей методом холодной клепки, обеспечивающей повышение надежности соединений и долговечности несущих конструкций.

Описание метода, процесса и основных характеристик соединений холодной клепкой. На рис. 1 и 2 приведены, соответственно, трехмерная модель рамы седельного магистрального тягача и пример заклепочного соединения кронштейна с лонжероном рамы.



Рис. 1. Трехмерная модель рамы седельного тягача



Рис. 2. Заклепочное соединение

Процесс холодной клепки заключается в холодном пластическом деформировании замыкающей головки и тела заклепки с помощью гидроскобы. При этом сначала идет деформация стержня с заполнением зазора между телом заклепки и отверстием в лонжероне или кронштейне, и только после этого формирование замыкающей головки. Усилие при клепке в «горячую» составляет 22–26 т, в «холодную» 40–50 т, а давление, развиваемое гидростанцией равно 150–160 атмосфер при «горячей», при «холодной» – 200–250 атм. С целью уменьшения усилия клепки замыкающей головке придается форма усеченного конуса.

Применение, в том числе, некоторыми зарубежными автостроительными фирмами для изготовления рамных конструкции грузовых автомобилей «холодных» заклепочных соединений вызвано следующими значительными преимуществами:

- жесткость соединений «холодных» заклепочных соединений выше чем «горячих» (зазор в соединении первых до 0,11 мм, вторых до 0,5 мм);
- предел выносливости «холодных» заклепочных соединений выше «горячих» на 65 %;
- применение меньшего количества заклепочных соединений с меньшим диаметром (например, на автомобилях MAN – 50 шт. диаметром 14 мм «холодных», на МАЗах – до 200 шт. диаметрами 14 и 16 мм «горячих»);
- экономический эффект обоснован снижением потребления электроэнергии, затрачиваемой на разогрев заклепок;

– уменьшение затрат для обеспечения на рабочих местах требуемых санитарных норм.

К недостаткам можно отнести необходимость применения мощных гидроскоб и гидростанций.

Технологией холодной клепки рам МАЗ предусматривается:

– клепка лонжеронов с кронштейнами и усилителями «в холодную» на закупаемом оборудовании;

– сборка рам на болтовых соединениях на вертикально замкнутом, тележечном конвейере.

Изучение опыта изготовления рам на заводах дальнего зарубежья (VOLVO, MAN и др.) показывает, что в местах, недоступных для клепки или требующих больших габаритов скоб, применяются наравне с заклепочными – болтовые соединения.

Поэтому и на МАЗ в труднодоступных для клепки местах, а также для крепления чугунных кронштейнов было принято решение использовать фланцевое самостопорящееся болтовое соединение класса прочности – болт 10,9 и гайка 10.

Жесткость «холодных» заклепочных соединений выше чем «горячих» в 1,32–3,32 раза;

– долговечность «холодных» заклепочных соединений выше «горячих» в 6,5–10,1 раз;

– предел выносливости «холодных» заклепочных соединений выше «горячих» на 65 %.

Кроме того, внедрение «холодной» клепки влечет за собой:

– уменьшение затрат для обеспечения на рабочих местах требуемых санитарных норм (75 клепальщиков, из них 6 человек имели профзаболевания);

- улучшение экологических условий работы клепальщиков;
- улучшение ремонтпригодности выпускаемых рам;
- в целом возрастает качество изготовления рам.

В то же время внедрение холодной клепки влечет за собой необходимость закупки технически сложного оборудования и высокопрочного фланцевого крепежа.

Краткое описание технологического процесса холодной клепки, применяемого оборудования, инструмента и материалов (рис. 3, 4).

Участок холодной клепки. Подача деталей и комплектующих на участок производится по двухстороннему проезду расположенному у оси 80, эл. тележками, электро- и автопогрузчиками. Подача габаритных грузов осуществляется по тому же одностороннему проезду с выходом через проезд участка «рама 500». Подача лонжеронов осуществляется через проезд низкого пролета РМЦ (оси ОО – ПП), при этом ручными шлагбаумами перекрывается проход со стороны бытовок РМЦ. При подаче автомобиля задним ходом, руководство водителем осуществляется транспортировщиком рамного цеха.

Лонжероны подаются на участок сверления, который состоит из 4-х линий по 5-ть радиально-сверлильных станков. После сверления лонжероны передаются с помощью кранов-опорных на участок клепки.

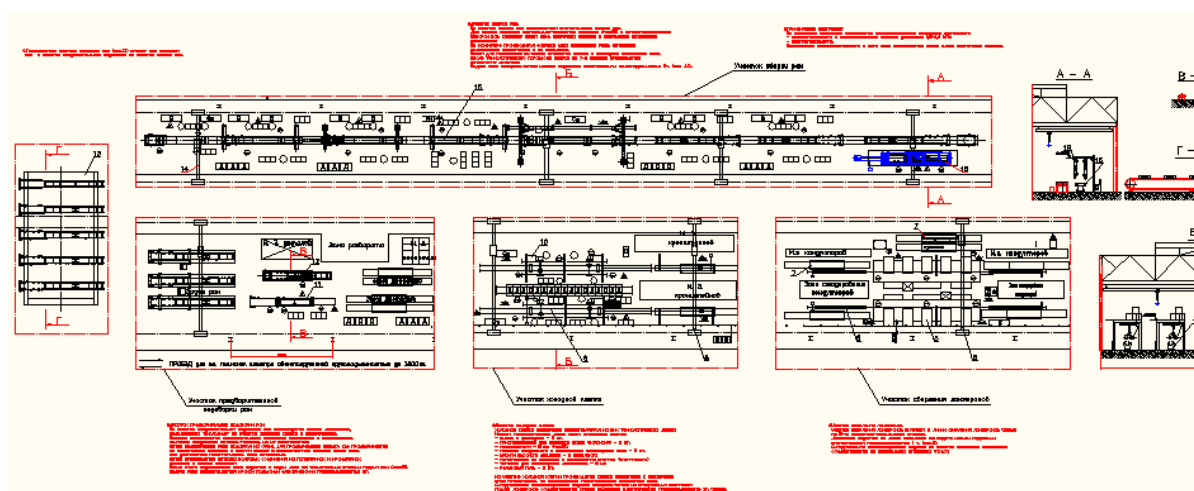


Рис. 3. Технологическая планировка цеха сборки рам методом холодной клепки

Клепка производится на 4-х линиях холодной клепки фирмы «ХУДАС» (рис. 4), после чего поступают на участок сборки рам.

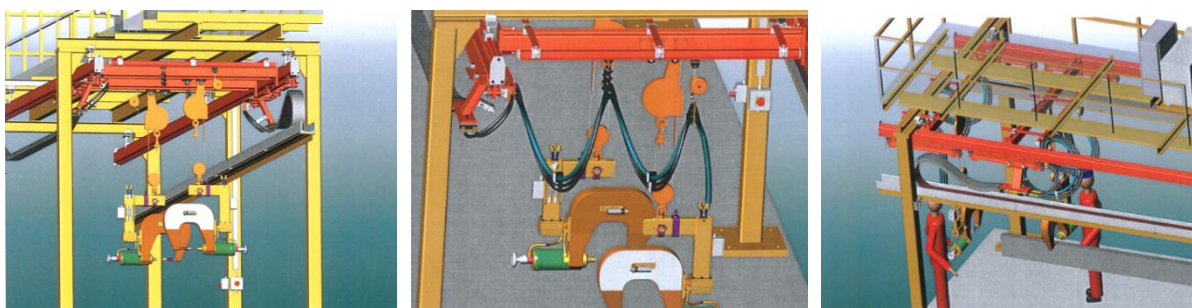


Рис. 4. Общий вид линии холодной клепки фирмы «ХУДАС»

Складирование межоперационных заделов на участках сверления, клепки и перед сборкой осуществляется в специальных стеллажах ОП.

После сборки на стендах поз. 26, 25 или 24 рамы устанавливаются на горизонтально замкнутый тележечный конвейер, где производится окончательная досборка рам.

Дальше рамы устанавливаются на тележку транспортной системы и транспортируются через магистральный проезд, после чего складываются на стеллажах ОР или транспортируются транспортной системой ТР на окраску.

Участок мелкосерийной сборки и складирования рам. Применяемый инструмент: пневмогайковерты и пневмосверлилки с рабочим давлением в 0,5–0,6 МПа; электрогайковерты с напряжением 220 В.

По результатам тендера предпочтение отдано фирме «HYDAC» (Германия).

Состав оборудования поставляемого по контракту №139/2-276-05-169:

- скоба с цилиндром – 9 шт.;
- приспособление для подвески – 9 шт.;
- электрооборудование – 9 шт.;
- гидростанции – 9 шт.;
- балансир – 9 шт.;
- порталы продольного и поперечного перемещения скоб – 4 компл.;
- шланги высокого давления – 150 м.;
- конструкции по подвеске и перемещению шлангов (шлюп кабель) – 8 шт.;
- комплект инструмента – 1;
- комплект запасных частей – 1.

За это время вся ПСД была разработана и передана в УСР на изготовление. Был освобожден высокий пролет РМЦ с перемонтажом на ЛитМаш. В настоящее время все работы завершены. Все оборудование и оргоснастка изготовлены и смонтированы.

Пропускная способность участка в РМЦ – 110 рам в сутки (номинальная).

Такт выпуска – $t = 10,4$ мин.

Технология изготовления рам.

1. Лонжероны по проезду РМЦ подаются из КЗТШ лонжероновозом.
2. Лонжероны поставляются в пакетах и складываются на стеллажах.
3. Пакет лонжеронов подается на участок сверления опорным краном на подставки для распакирования, а затем на линию сверления.

4. После сверления лонжероны подаются на стол для контроля наличия отверстий, затем складываются в специальных подставках перед линиями клепки.

5. Клепка лонжеронов выполняется на импортном оборудовании в следующей последовательности:

– лонжерон укладывается в ложементы кантователя и фиксируется в вертикальном положении;

– затем тележка закатывается в зону клепки;

– клепка производится 2 клепальщиками одновременно (1-й – с начала лонжерона и до середины, 2-й – с середины до конца).

6. Затем лонжероны подаются на стенд сборки рам поз. 24, где собираются на бордах и болтах с поперечинами рамы.

7. Затем подсобранная рама подается на стенды для проштыривания:

– семейства МАЗ 6430 и 6422 – на стенде поз. 25;

– семейство МАЗ 4370 – на стенде поз. 23, где проштыривается по передним кронштейнам передней и задней рессор, с выдерживанием размера между ними (чем достигается параллельность осей).

8. Затем производится затяжка болтов на поперечинах (не в полном объеме). Рама подается на сборочный конвейер рам. Конвейер тележечный цепной по типу конвейера сборки рам. Конвейер оборудован механизмом переворота.

9. На конвейере производится затяжка всех соединений рамы, установка недостающих кронштейнов и их крепления с одной стороны, после переворота – с другой. Переворот осуществляется за отверстие первой и последней поперечины.

10. После конвейера рама подается на контрольный стенд поз. 29, где производится приемка службой ОТК. Стенд имеет возможность переворота рамы на 180° (3-х осные рамы предварительно идут на стенд поз. 28 для обсерливания под крепление тележки).

11. Имеется 2 дефектовочных стенда: 1-й – поз. 30 для обеспечения размеров рамы по ширине, 2-й – по устранению монтажной закрутки рамы поз. 27 (величина монтажной закрутки рам ± 5 мм, допуск по ширине рам ± 3 мм.).

12. Имеется контрольный стенд (поз. 38) для контроля габаритных размеров рамы и ее монтажной закрутки.

13. На все эти стенды рама попадает только при наличии отступлений.

14. Далее принятые ОТК рамы транспортируются на участок окраски тележкой поз. 31 (по 4 штуки).

На период монтажа оборудования и его отладки транспортировка рам на окраску будет осуществляться рамовозом согласно утвержденной ТТО схемой движения.

Конструкция холодноклепаной рамы следующая:

- лонжероны склепываются с кронштейнами в холодную;
- рамы собираются на самостопорящихся болтах.

Для обеспечения прочности в КД рамы применен самостопорящийся фланцевый крепеж класса прочности 10, 10.9.

Для обеспечения качества крепежных соединений рам был проведен тендер и закуплены у фирм «ПКФ Инструмснаб» и ЗАО «Линтера», прогрессивные гайковерты с регулируемым моментом затяжки, а также балансир и блоки подготовки воздуха к ним, в том числе для рамного цеха, следующих моделей:

2135 GTI	– 13 шт.	5040 TANI EV	– 3 шт.
CP 797-6	– 6 шт.	CP6041 ТЕВАВ	– 4 шт.
5040 TALI EV	– 2 шт.	CP6060 ТЕСАК	– 6 шт.

Также были направлены запросы на ведущие заводы – производители крепежа России (Красная Этна, БЕЛЗАН, РААЗ). Российские заводы ведут подготовку производства по освоению высокопрочного фланцевого крепежа, но опытных образцов так и не было представлено.

В связи с такой ситуацией было принято решение (тех. советом) закупить импортный крепеж. Такой крепеж был поставлен фирмами Германии, Италии и «ЗТС» (Саратов), болты Китая.

На всех этих болтах были собраны рамы и проведены испытания. Результаты испытаний по болтам германским и итальянским – положительные. Предварительные испытания рам на болтах «ЗТС» дали также положительный результат.

Разработано и изготовлено нестандартное оборудование. Холодная клепка позволяет получить экономический эффект от экономии электроэнергии и экономии воды на охлаждение нагревательных машин при горячей клепке.

При внедрении холодной клепки основными статьями затрат являются следующие: закупка оборудования и фланцевого крепежа (табл. 1).

Таблица 1 – Усредненное количество крепежа на раме автомобиля

Горячая клепка		Холодная клепка	
заклепки	болты	заклепки	болты
199	22	119	102

Экономия материальных средств достигается за счет следующих факторов: уменьшение потребления электроэнергии; сокращение длительности отпуска работающих; уменьшение тарифной ставки за счет исключения горячей сетки.

Общий годовой баланс составит затраты на закупку крепежа – экономия материальных средств за дополнительные дни к отпуску – экономия материальных средств от доплат за вредность – экономия электроэнергии.

Заключение. В статье содержатся актуальные и полезные для ознакомления специалистов сведения о технологии и оборудовании сборки рам шасси грузовых автомобилей методом холодной клепки (лонжеронов и поперечин, различных кронштейнов и др. элементов).

Материалы являются обобщением передового опыта зарубежного и отечественного автомобилестроения, а также, внедренных в серийное производство рам грузовых автомобилей Минского автомобильного завода, результатов собственных исследований авторов статьи. Замена ранее применяемой горячей клепки на холодную позволила увеличить ресурс в километрах пробега не менее, чем в 3 раза при вероятности неразрушения 0,95. Применение предложенного метода позволило уменьшить количество дорогостоящих болтовых соединений высокопрочными болтами импортного производства.

При внедрении холодной клепки рам дополнительные затраты на одну раму компенсируются следующими факторами: улучшением потребительских свойств рамы (прочность, долговечность, ремонтпригодность); улучшение условий труда клепальщиков; сокращение затрат на устранение брака за счет улучшения ремонтпригодности.

Полученные результаты в данной области и могут быть использованы для развития исследований по конструкторско-технологическому обеспечению надежности на стадии создания сборных несущих конструкций, методологии их ресурсного проектирования, что является необходимым условием повышения качества и конкурентоспособности грузовой автомобильной техники [1–3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Капуста П. П. Учет технологий изготовления и упрочнения деталей при ресурсном проектировании машин заданной надежности// Технология, оборудование, автоматизация, неразрушающий контроль процессов нагрева и упрочнения деталей на машиностроительных предприятиях: Сб. научн. трудов под ред. П. С. Гурченко. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – С. 154–162.

2. Капуста П. П., Верес А. И., Слабко И. А. Экспериментальные исследования сопротивления усталости и разработка новой сборной конструкции рамы двухосного магистрального автомобиля-тягача с повышенным ресурсом// Грузовик. – 2011, № 5. – С. 2, 3, 40–44.

3. Капуста П. П. Принципы обеспечения надежности и ресурсного проектирования несущих систем мобильных машин// Грузовик. – 2013, № 3. – С. 24–31.

Поступила 18.07.2022

УДК 620.178; УДК 621. 81: 621 – 192; УДК 681.3.06:629.114.2

Капуста П. П.¹, Горко Е. А.², Старостин Ю. А.², Казерский А. А.^{1,2}, Францкевич А. И.²

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ГНУТЫХ ДЕТАЛЕЙ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ШАССИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

1. Белорусский национальный технический университет

*2. Минский завод колесных тягачей,
Минск, Беларусь*

Охарактеризованы основные технологические задачи обработки материалов давлением при производстве несущих конструкций большегрузных автомобилей: расширение области применения путем замены литых и кованных деталей; широкое распространение благодаря простой конструкции инструмента; снижение расходов материала путем применения точных заготовок (без дальнейшей механической обработки деталей),