

УДК (UDC) 629.012

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ РАМ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (КВАДРОЦИКЛОВ) НА ОСНОВЕ ТРУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ

METHODOLOGICAL ASPECTS OF CREATING FRAMES FOR LOW-POWER VEHICLES (ATVS) BASED ON TUBULAR PROFILES

Далида Н.В.¹, Филькин Н.М.², Скуба Д.В.³
Dalida N.V.¹, Filkin N.M.², Scuba D.V.³¹ – АО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг» (Ижевск, Россия)² – Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова (Ижевск, Россия)³ – ООО «ТехноСтудия «Профиль» (Ижевск, Россия)¹ – Izhevsk Motor Plant «Axion-holding» JSC (Izhevsk, Russian Federation)² – Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov (Izhevsk, Russian Federation)³ – LLC Technostudio «Profile» (Izhevsk, Russian Federation)

Аннотация. В работе рассматриваются основные методические аспекты создания несущей системы (рамы) мало мощного транспортного средства (квадроцикла) на базе трубчатых профилей. Рассмотрены основные требования к раме квадроцикла, вопросы компоновки квадроцикла на основе базовых трех точек. Предложены требования к раме квадроцикла, учитывающие возможности унификации элементов конструкции и модернизации конструкции в перспективе при создании других моделей машин. Проведен анализ потребительских свойств к квадроциклу и влияние этих свойств на конструкцию проектируемой машины. Предложен укрупненный алгоритм разработки рамы мало мощного транспортного средства, а также предлагается распространить метод кубических форм на процесс проектирования квадроцикла. Рассмотрены требования точности при различных способах сборки трубчатых деталей несущей системы квадроцикла.

Ключевые слова: мало мощное транспортное средство, рама квадроцикла, трубчатый профиль, мотоциклетная посадка, потребительские свойства, метод кубических форм.

Дата принятия к публикации: 10.03.2023
Дата публикации: 25.03.2023

Сведения об авторах:

Далида Николай Вацлавович – начальник цеха, АО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг», e-mail: n.dalida@mail.ru.

Филькин Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование», ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», e-mail: fnm@istu.ru.

Скуба Денис Владиславович – кандидат технических наук, доцент, инженер-конструктор, ООО «ТехноСтудия «Профиль», e-mail: denskuba@mail.ru.

Abstract. The paper discusses the main methodological aspects of creating a carrier system (frame) of a low-power vehicle (quad-cycle) based on tubular profiles. The basic requirements for the frame of the ATV, the issues of the layout of the ATV based on the basic three points are considered. The requirements for the ATV frame are proposed, taking into account the possibilities of unification of design elements and modernization of the structure in the future when creating other models of tires. The analysis of consumer properties for the ATV and the influence of these properties on the design of the designed machine is carried out. A simplified algorithm for the development of a low-power vehicle frame is proposed, and it is also proposed to extend the cubic shape method to the ATV design process. The accuracy requirements for various methods of assembly of tubular parts of the ATV carrier system are considered.

Keywords: low-power vehicle, atv frame, tubular profile, motorcycle landing, consumer properties, cubic shape method.

Date of acceptance for publication: 10.03.2023
Date of publication: 25.03.2023

Authors' information:

Nikolay V. Dalida – Head of the workshop, Izhevsk Motor Plant «Axion-holding» JSC, e-mail: n.dalida@mail.ru.

Nikolay M. Filkin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Automobiles and Metalworking Equipment» at IzhSTU named after M.T. Kalashnikov, e-mail: fnm@istu.ru.

Denis V. Skuba – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Design engineer, LLC Technostudio «Profile», e-mail: denskuba@mail.ru.

1. Введение

Основное количество существующей научной литературы по теме маломощных транспортных средств на базе рам трубчатых профилей в основном посвящено мотоциклам. Квадроциклы с мотоциклетной посадкой и с автомобильной посадками на каркасных рамах появились как недорогая альтернатива легковому автомобилю и как машина для эксплуатации в тяжелых дорожных условиях. Данные транспортные средства – это условно что-то среднее между мотоциклом и легковым автомобилем. Самым важным условием при создании данных транспортных средств является корректно сконструированная рама. Большинство рам для квадроциклов, трициклов, мотоциклов, багги (квадрициклов) и прочих подобных транспортных средств создаются на базе каркасов из труб круглого сечения. Важным критерием является то, что рама должна быть лёгкой, прочной, жёсткой, а сварные швы должны быть выполнены на основании нормативов (ГОСТы). Большинство конфигураций существующих рам имеют сложную геометрию, что усложняет технологию изготовления, при этом необходимо определять размерность труб, радиусы сгибов, места сварки по условию рациональной лаконичности конструкции и др.

Одной из первых работ в России по проблемам создания транспортных средств особо малого класса является монография [1], в которой проведен обзор такого типа машин, созданных в мире, рассмотрен типаж и возможные компоновочные схемы, представлены эскизные компоновки предлагаемого квадроцикла автомобильного типа и др.

Дальнейшее развитие поставленных проблем в работе [1] позволило обосновать перспективность создания квадроцикла мотоциклетной посадки на основе трубчатых профилей несущей системы [2]. Для реализации процесса проектирования такого типа квадроцикла разработан новый подход к формообразованию транспортных средств, базирующийся на методе использования кубических объёмов [3], который реализован на компьютерных системах и технологиях 3D-моделирования [4]. Результатом работ

авторов статьи стало создание конструкции квадроцикла унитарного типа [5].

Основными мировыми производителями квадроциклов являются компании: BRP, Polaris, Yamaha, Kawasaki, Suzuki, Stels, CFMOTO, Electric-machine. Иностранная литература по вопросам проектирования квадроциклов практически отсутствует. При этом имеется большое количество работ, описывающих эксплуатационные характеристики квадроциклов, их конструкции, условия и руководства по эксплуатации, проблемы безопасности и т.п.

Целью настоящей работы является краткое обобщение разработанных методических аспектов создания рам квадроциклов на основе трубчатых профилей, что в дальнейшем позволит создать теоретические основы создания рамно-каркасных маломощных транспортных средств.

2. Общие требования к раме квадроцикла с мотоциклетной посадкой

Разработка и создание маломощных транспортных средств на базе рам трубчатых профилей [2] определяется компоновкой узлов и агрегатов по условию определения посадки водителя и пассажира(ов) с размещением поворотного узла, багажного отсека или модуля, расположения двигателя и подвесок (рычаги подвесок и маятники), а также с определением расстояния между осями колёс и габарита по ширине. Комплексное проектирование и моделирование мотоциклетной посадки водителя определяется на основании компоновки условных посадочных точек. Такое условие называют посадочным треугольником (рис. 1). Точка удержания руля, точка опоры во время сидения и точка опоры на подножку назначают начальное правило при создании квадроцикла с мотоциклетной посадкой в условиях требований эргономики. В зависимости от размещения этих точек назначается комфортная посадка и безопасность рулевого управления.

Правильное размещение трёх точек формирует условие управляемости, моторики движения водителя во время поездки, когда человек-оператор транспортного средства при

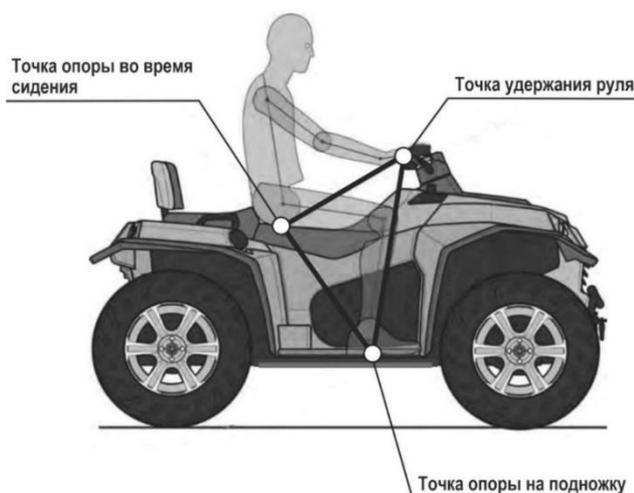


Рис. 1. Три точки для эргономического посадочного условия на квадроцикле

переносе своего веса разгружает или загружает переднюю или заднюю часть квадроцикла, чтобы скомпенсировать силы и центры масс. При высоком центре тяжести и узкой колёсной колее квадроцикл с водителем может перевернуться во время поворота или манёвра. При подъёме в гору водитель перемещает центр масс вперёд, чтобы скомпенсировать нагрузку во время движения, а когда происходит спуск с горы, то водитель отклоняется назад. Сразу можно определить то, что если сзади сидит пассажир, то ему нужно дополнительное расстояние на посадочном месте, чтобы водитель мог безопасно совершать движения своим телом. Водитель во время поездки находится всегда в подвижном состоянии, поэтому раскачивание и устойчивость транспортного средства определяется положением руля, а ноги являются опорой и держат его на сидении [4].

3. Общие требования к унификации и модернизации конструкции рамы

Построение формы трубчатой рамы должно назначать вариации расширения функционала от мотоцикла, далее к трициклу, квадроциклу и багги. Такой подход важен для потребительского значения, чтобы детали и технические узлы комплексно подходили для транспортных средств, а также имелось значение в расширении потребительского спроса с учётом цены продаж.

На рис. 2 и 3 представлены рамы квадро-

циклов с различными конфигурациями по топологии формообразования. Рама квадроцикла (рис. 2) создана только на базе профиля круглой трубы, а рама багги (рис. 3) имеет ещё и квадратные профили труб. По начальному условию необходимо задать некий закон переходящей формы рамы, например, от квадроцикла к раме – квадрицикла (багги), чтобы был большой спектр решений по унификации системы создания рам целой гаммы маломощных транспортных средств для различных потребительских нужд.



Рис. 2. Рама квадроцикла с размещением узлов и агрегатов



Рис. 3. Рама квадрицикла (багги)

На рис. 4 представлен вариант квадроцикла с общим набором деталей, узлов и агрегатов, где присутствуют дополнительные решения для качества эксплуатации: лебёдка, прицепное устройство, розетка для зарядки аккумулятора, транспортировочные кронштейны. Эти дополнительные части решают задачу сервисных функций транспортных средств, что позволяет расширить по-

требительский спрос для утилитарных и хозяйственных нужд.



Рис. 4. Составные узлы, агрегаты и комплектация квадроцикла

4. Потребительские свойства квадроцикла

Качество транспортного средства – это совокупность комплекса потребительских свойств, обуславливающих его пригодность удовлетворять потребностям человека в соответствии со своим назначением. Очень важным условием является оценка обобщённых потребительских свойств для транспортных средств (рис. 5) [1, 6, 7].

К показателям потребительских свойств квадроцикла относятся единичные и обобщённые показатели (критерии), которые являются сложными нелинейными функциями конструктивных параметров и характеристик проектируемого квадроцикла и условий его эксплуатации, описывающие функциональные, эргономические, эстетические свойства, надёжность, безопасность, экономичность и др.). К единичному потребительскому свой-

ству квадроцикла можно отнести, например, конструктивную конфигурацию рамы с учётом покрытия (эстетическое качество внешнего вида).



Рис. 5. Обобщённые потребительские свойства транспортного средства

При проектировании маломощного транспортного средства разработчик должен представлять структуру (строение) проектируемой машины, упрощённая блок-схема которой представлена на рис. 6.

5. Обобщённый алгоритм разработки рамы маломощного транспортного средства

В хребтовых рамах дополнительно функцию рамы выполняет двигатель, что снижает вес всего транспортного средства, но при этом надёжность и прочность корпуса двигателя должны быть на высоком уровне. В основном все рамы делаются достаточно сложной конфигурации и нет системного подхода, чтобы все решения имели единство исполнения, что очень важно для обеспечения невысокой себестоимости конечного изделия.

Для достижения наилучшего качества рамы маломощного транспортного средства необходимо придерживаться научного подхода или проектного алгоритма. На рис. 7 представлен алгоритм разработки рамы маломощного транспортного средства.

Данный алгоритм исключает ненужные задачи при конструкторской разработке рамы маломощного транспортного средства, что снижает трудозатраты на получение инновационных решений и новых вариантов

конструкции. Также данный подход задаёт размер и форму трубчатых деталей, которые могут быть унифицированными для различных конструкторских комбинаций и сочетаний, что также сократит временной интервал проектной работы и определит достаточно быстрый запуск продаж маломощного транспортного средства на рынок.

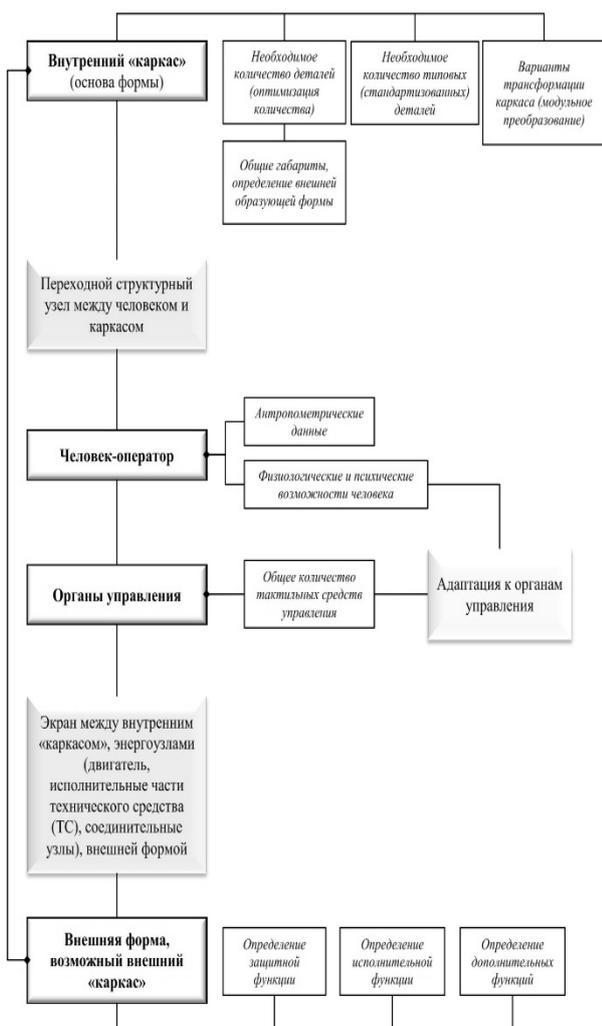


Рис. 6. Упрощённая блок-схема строения формы технического объекта или транспортного средства

Основные виды рам маломощных транспортных средств представлены на рис. 8.

6. Метод кубических форм и учет нормативных требований при создании рамы квадроцикла

На рис. 9 и 10 представлен метод кубического построения формы рамы квадроцикла

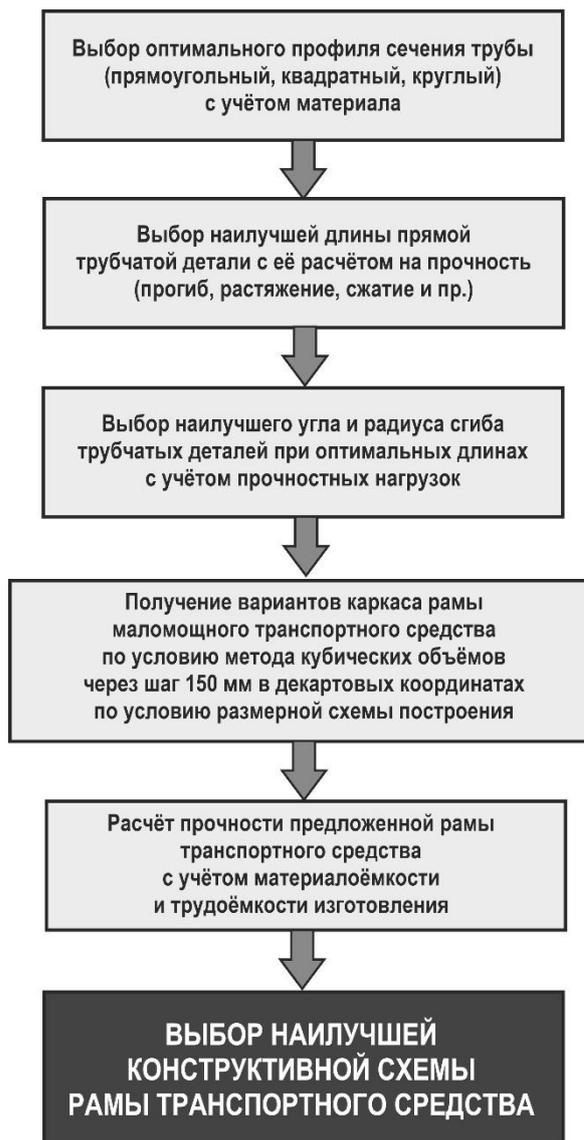


Рис. 7. Алгоритм разработки рамы маломощного транспортного средства

[3, 8, 9]. Метод кубического построения чётко намечает положения сгибов труб, а также углы сгибов, где формируется минимально достаточное количество деталей и количество мест определения сварных швов с целью снижения себестоимости изделия. Этот метод снижает расход материальных ресурсов и назначает надёжность и прочность изделия.

Описание в объёмном виде определяет то, что каждая деталь в изделии – это сочетание цилиндрических, конических, плоских и фасонных поверхностей. При этом механическая обработка деталей по разработанной технологии должна обеспечивать точность геометрических размеров и формы де-

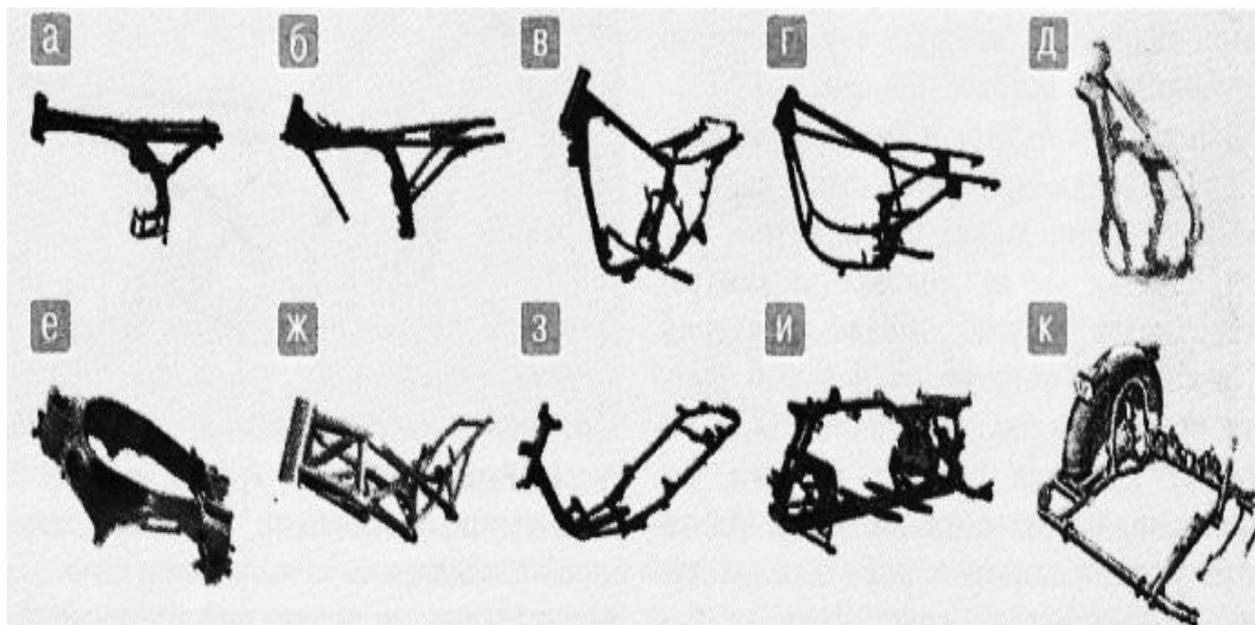


Рис. 8. Виды рам мототехники: а) хребтовая для мопедов и лёгких мотоциклов; б) одинарная незамкнутая для лёгких мотоциклов; в) одинарная замкнутая для средних мотоциклов; г) двойная (дуплексная) для средних и тяжёлых мотоциклов; д) полудуплексная; е) диагональная (чаще применяется для спортивных мотоциклов); ж) «крестовая» рама; з) рама скутера; и) рама квадроцикла; к) рама для бокового прицепа мотоцикла

тали, а также точность расположения стыковочных и примыкающих плоскостей.

Точность указанных размеров должна соответствовать допускам, которые нормируются ГОСТами. Различают номинальные, действительные и предельные размеры. В реальных условиях никогда не получится сделать любой размер в указанный номинал, поэтому и задаётся точность допуска. Рассматриваемая рама квадроцикла проектируется в условиях точности допусков от 10 до 14 качества в зависимости от размеров в длину для трубчатых деталей.

При стыковке трубчатых деталей всегда есть отклонение от оси, заданного угла в конкретной плоскости и перпендикуляра. Для оценки точности стыковки необходимо использовать количественные показатели [10, 11]. На рис. 11 представлена стыковка двух цилиндрических деталей, в частности трубчатых деталей, которые готовятся к проведению сварочных работ.

Диаметр D_n и радиус R , определяют размер вала в поперечном сечении. При этом контролируемым размером является радиус R , который функцией углы φ и координаты z . Например, для угловой координаты φ_1

значение радиуса равно R_1 . Любой контур поперечного сечения удовлетворяет так называемому условию замкнутости:

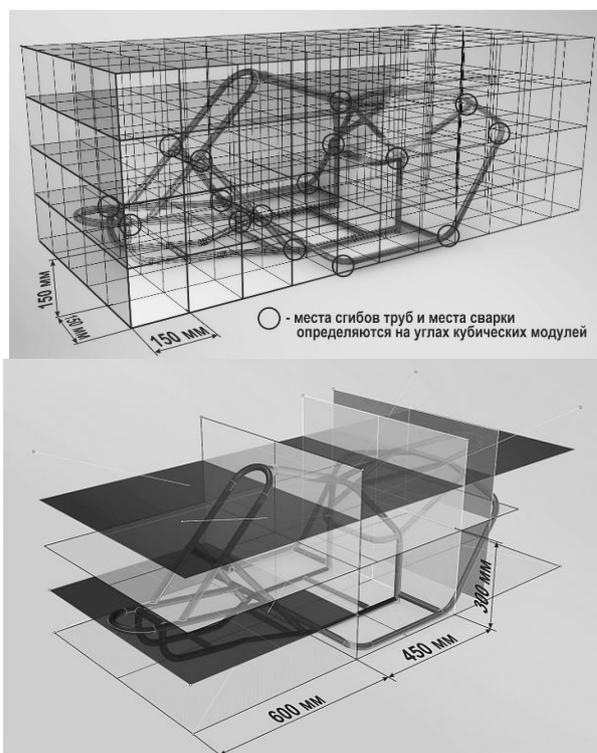


Рис. 9. Метод кубического построения рамы квадроцикла с условием контроля опорных плоскостей

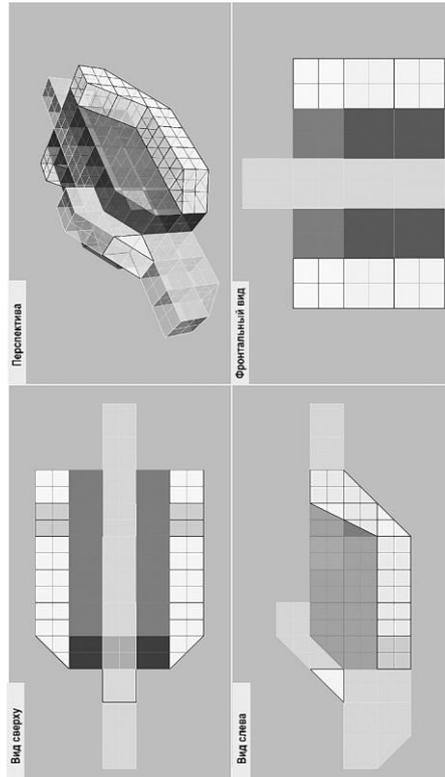


Рис. 10. Вычленение кубических форм для построения максимально точной геометрии рамы квадроицикла

$$f(\varphi) = f(\varphi + 2\pi),$$

где период функции равен 2π .

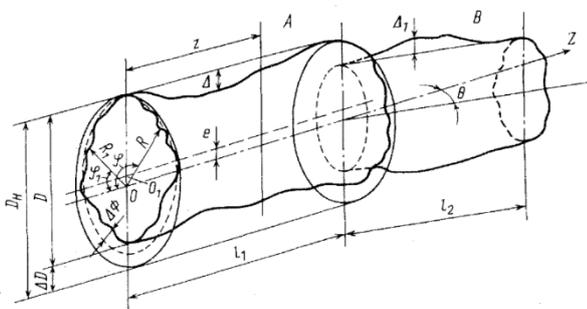


Рис. 11. Схема определения отклонений размеров, формы деталей и их взаимного расположения

В реальности размеры сечений по всей трубе неодинаковые, поэтому есть отклонение от круглости и появляются следующие расчётные величины: $\Delta\Phi$, ΔD и смещение от эксцентриситета e . Чем длиннее труба, тем вероятность смещения угла при сборке деталей становится выше. Для отклонения формы можно использовать методику на базе рядов Фурье. Для полярной системы координат

функцию погрешности точности профиля $f(\varphi)$ рассматривают в следующем виде:

$$f(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi),$$

где $\frac{a_0}{2}$ – нулевой член разложения, который не зависит от координат окружности и относится к условию деформации от оси симметрии; a_k, b_k – коэффициенты ряда Фурье k -й гармоники; k – порядковый номер соответствующей гармоники.

Понятие гармоника – это неровность формы детали или сборки. На рис. 12 представлена сварка двух труб, которая определяет то, что на всю длину $L = L_1 + L_2$ имеются неодинаковые диаметры сечений D_n , которые могут также быть расположены под углом и они формируют кривизну поверхности и отклонение Δ для диаметров, радиусов, углов, амплитуд кривизны, длин и пр. Само сечение может иметь форму овала, а также в своей плоскости может быть ещё и искривлено. Реальная практика показывает то, что фактически идеальных деталей не существует, но надо стремиться к точности соединений путем установки правильных (реальных) допусков.

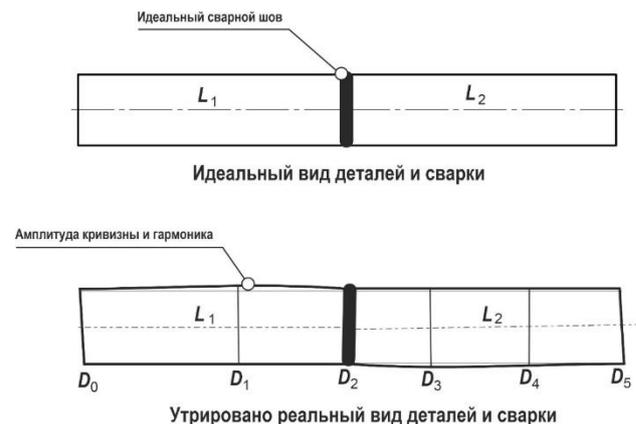


Рис. 12. Идеальный и реальный виды деталей и сварки

Отметим, что для определения точности изготовления деталей и их сборки также можно использовать тригонометрический полином:

$$f(\varphi) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^n C_k (\cos k\varphi + \varphi_k),$$

где n – порядковый номер гармоники; $C_0/2$ – отклонение размера в линейных, декартовых и полярных координатах.

Рассмотренный выше метод кубического построения форм рам квадроцикла, который рекомендуется применять при проектировании рамы квадроцикла, уменьшает погрешности при стыковке сварных швов (рис. 13).

Вариант 1 является самым простым при перпендикулярной или угловой сварной стыковке, но требует высокое качество сварного шва, чтобы геометрия рамы не имела кардинальных термических деформаций. Вариант 2 с подрезкой трубы является самым логичным, но трудоёмкость получения детали формируется дополнительной технологической операцией. Вариант 3 требует чёткой соосности, т.к. даже при незначительном угле отклонения точность рамы кардинально снижается, потому что реальная длина рамы квадроцикла более 1,5 м.

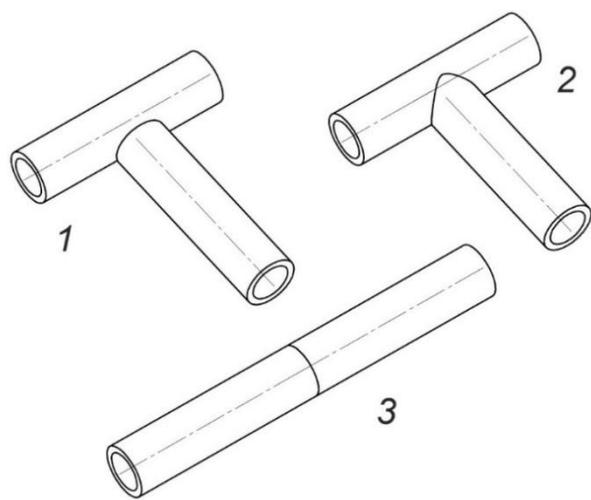


Рис. 13. Виды сварных стыковок труб в раме квадроцикла

Список литературы

1. Умняшкин В.А., Филькина А.Н., Ившин К.С., Скуба Д.В. Автомобили особо малого класса (квадрициклы) с гибридной энергосиловой установкой / Под общ. ред. В.А. Умняшкина. Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. 138 с.

2. Далида Н.В., Филькин Н.М. Создание квадроцикла мотоциклетной посадки

6. Заключение

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- при создании квадроцикла с мотоциклетной посадкой водителя для обеспечения эргономических свойств необходимо в начале обосновать три базовых точки – это точка удержания руля, точка опоры во время сидения и точка опоры на подножку;

- при создании маломощных транспортных средств важным вопросом проектирования является обеспечение требований унификации и модернизации конструкции рамы;
- метод кубического построения формы является эффективным методом трехмерного моделирования при решении проблем проектирования рамы квадроцикла;

- при создании рамы квадроцикла из трубчатых профилей необходимо уделять особое внимание оценке точности стыковки трубчатых деталей, что влияет на эксплуатационные свойства квадроцикла в целом;

- разработанные методические аспекты создания рам маломощных транспортных средств являются основой методики проектирования и конструирования несущих систем такого типа машин.

В работе достигнута основная поставленная цель исследований – разработаны методические аспекты создания рам маломощных транспортных средств.

Полученные результаты исследований могут применяться в научно-исследовательских, конструкторских и других организациях при создании новых и модернизации выпускаемых маломощных транспортных средств.

References

1. Umnyashkin V.A., Filkina A.N., Ivshin K.S., Skuba D.V. *Avtomobili osobo malogo klassa (kvadricikly) s gibridnoy energosilovoy ustanovkoy* [Especially small class cars (quadricycles) with hybrid power plant]. Izhevsk, NITs «Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika», 2004. 138 p. (In Russian)

2. Dalida N.V., Filkin N.M. *Sozдание kvadrocikla mototsikletnoy posadki na osnove*

на основе трубчатых профилей несущей системы // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. С. 97.

3. Далида Н.В., Филькин Н.М. Новый подход к формообразованию транспортных средств // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства». Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2022. С. 56-63.

4. Далида Н.В., Скуба Д.В., Филькин Н.М. 3D технологии при создании мало-мощного транспортного средства (квадроцикла) с мотоциклетной посадкой водителя и пассажиров // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «3D технологии в решении научно-практических задач». Красноярск: СибГУ. 2022. С. 168-172.

5. Филькин Н.М., Далида Н.В. Расчет показателей надежности транспортной машины на стадии проектирования на примере квадроцикла // Сборник научных трудов по материалам 81-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ «Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта». Москва: МАДИ. 2023. С. 199-203.

6. Умняшкин В.А., Сазонов В.В., Филькин Н.М. Эксплуатационные свойства автомобиля. Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2002. 180 с.

7. Филькин Н.М. Оптимизация параметров конструкции энергосиловой установки транспортной машины. Дис. ... д-ра техн. наук. Ижевск: ИжГТУ, 2001. 430 с.

8. Далида Н.В., Филькин Н.М. Построение рамы квадроцикла по принципу кубических объемов // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства». Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2022. С. 64-67.

trubchatykh profiley nesushchey sistemy [Creation of a motorcycle landing ATV based on tubular profiles of the carrier system]. In: *Novye materialy, oborudovanie i tekhnologii v promyshlennosti: materialy Mezhdunar. nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Mogilev, Belorussko-Rossiyskiy universitet, 2022, p. 97. (In Russian)

3. Dalida N.V., Filkin N.M. *Novyy podkhod k formoobrazovaniyu transportnykh sredstv* [A new approach to vehicle shaping]. In: *Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Avtomobilestroenie: proektirovanie, konstruirovanie, raschet i tekhnologii remonta i proizvodstva»*. Izhevsk, IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova, 2022, pp. 56-63. (In Russian)

4. Dalida N.V., Skuba D.V., Filkin N.M. *3D tekhnologii pri sozdanii malomoshchnogo transportnogo sredstva (kvadrotsikla) s mototsikletnoy posadkoy voditelya i passazhirov* [3D technologies in the creation of a low-power vehicle (ATV) with a motorcycle landing of the driver and passengers]. In: *Sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «3D tekhnologii v reshenii nauchno-prakticheskikh zadach»*. Krasnoyarsk, SibGU, 2022, pp. 168-172. (In Russian)

5. Filkin N.M., Dalida N.V. *Raschet pokazateley nadezhnosti transportnoy mashiny na stadii proektirovaniya na primere kvadrotsikla* [Calculation of reliability indicators of a transport vehicle at the design stage using the example of an ATV]. In: *Sbornik nauchnykh trudov po materialam 81 nauchno-metodicheskoy i nauchno-issledovatel'skoy konferentsii MADI «Aktualnye voprosy tekhnicheskoy ekspluatatsii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobilnogo transporta»*. Moscow, MADI, 2023, pp. 199-203. (In Russian)

6. Umnyashkin V.A., Sazonov V.V., Filkin N.M. *Ekspluatatsionnye svoystva avtomobilya* [Operational properties of the car]: *Uchebnoe posobie po discipline «Teoriya avtomobilya»*. Izhevsk, Izdatelstvo IzhGTU, 2002. 180 p. (In Russian)

7. Filkin N.M. *Optimizatsiya parametrov konstruksii energosilovoy ustanovki*

9. Далида Н.В., Филькин Н.М. Формообразование при проектировании транспортных средств на базе трехмерных кубических форм // Сборник статей по материалам третьей Всероссийской научно-практической конференции. «Современная наука: актуальные проблемы, достижения и инновации». Белебей: СамГТУ, 2022. С. 39-45.

10. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 564 с.

11. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 2. Производство машин / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев и др.; Под ред. Г.Н. Мельникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 640 с.

transportnoy mashiny [Optimization of the design parameters of the power plant of the transport vehicle]. Diss. Doct. Sci. (Engineering). Izhevsk. 2001. 430 p. (In Russian)

8. Dalida N.V., Filkin N.M. *Postroenie ramy kvadrotsikla po printsipu kubicheskikh obemov* [Construction of the ATV frame on the principle of cubic volumes]. In: *Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Avtomobilestroenie: proektirovaniye, konstruirovaniye, raschet i tekhnologii remonta i proizvodstva»*. Izhevsk, IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova, 2022, pp. 64-67. (In Russian)

9. Dalida N.V., Filkin N.M. *Formoobrazovanie pri proektirovaniy transportnykh sredstv na baze trekhmernykh kubicheskikh form* [Shaping in the design of vehicles based on three-dimensional cubic shapes]. In: *Sbornik statey po materialam 3 Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennaya nauka: aktualnye problemy, dostizheniya i innovatsii»*. Belebey, SamGTU, 2022, pp. 39-45. (In Russian)

10. *Tekhnologiya mashinostroeniya: V 2 t. T. 1. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya* [Mechanical engineering technology: In 2 vols. Vol. 1. Fundamentals of mechanical engineering technology]. Ed. A.M. Dalskiy. Moscow, MGTU imeni N.E. Bauman, 2001. 564 p. (In Russian)

11. *Tekhnologiya mashinostroeniya: V 2 t. T. 2. Proizvodstvo mashin* [Mechanical engineering technology: In 2 vols. Vol. 2. Production of machines]. Ed. G.N. Melnikov. Moscow, MGTU imeni N.E. Bauman, 2001. 640 p. (In Russian)