

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2024, Том 11, № 3 / 2024, Vol. 11, Iss. 3 <https://resources.today/issue-3-2024.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/07ECOR324.pdf>

DOI: 10.15862/07ECOR324 (<https://doi.org/10.15862/07ECOR324>)

2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Филимонов, М. Д. Формирование базовой и перспективной моделей бизнес-процесса по подготовке конструкторской документации жгутов проводов / М. Д. Филимонов, Е. А. Матвеева, П. Ю. Миронов // Отходы и ресурсы. — 2024. — Т. 11. — № 3. — URL: <https://resources.today/PDF/07ECOR324.pdf>
DOI: 10.15862/07ECOR324

For citation:

Filimonov M.D., Matveeva E.A., Mironov P.Yu. Formation basic and promising models of business process for preparing design documentation for wiring harness. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2024;11(3): 07ECOR324. Available at: <https://resources.today/PDF/07ECOR324.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)
DOI: 10.15862/07ECOR324

УДК 65.011.56

Филимонов Михаил Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия
Аспирант
E-mail: Filimonov_md@mail.ru

Матвеева Елена Александровна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: helen_matveeva@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0582-2620>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=83169

Миронов Павел Юрьевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия
E-mail: Filimonov_md@mail.ru

Формирование базовой и перспективной моделей бизнес-процесса по подготовке конструкторской документации жгутов проводов

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы проектирования жгутов-проводов для автомобильной промышленности. Автомобиль представляет собой сложную техническую конструкцию. Важным элементом этой конструкции является электрика, базирующаяся на различной комплектации автомобиля, влияющей на жгуты-провода. Работоспособность автомобиля во многом зависит от подачи питания и управляющих сигналов между устройствами автомобиля посредством проводов, проложенных по определенной трассе кузова, формируемых в жгуты. Значительное количество моделей автомобиля, предусматривающее различные опции, приводит к тому, что необходимо не только рассматривать комплектации жгута, учитывающей различные опции, присущие автомобилю, а так же проводить расчет сбивок, который является весьма трудоемким. В статье подробно рассматривается базовый бизнес-процесс проектирования жгутов-проводов, анализируется его

несовершенство и для устранения выявленных недостатков предлагается перспективная модель процесса. Рассматривается предпроектная разработка, и последующие этапы, включающие подготовку конструкторско-технологической документации и расчет сбивок. Анализируется действующая модель и даются рекомендации по формированию перспективной модели. В отличие от действующей модели, предлагаемая модель включает автоматизированный модуль оптимизации сбивок. Предлагаемый модуль позволяет учитывать возможные конфигурации и опции автомобилей для рационального проектирования автомобильной электрики. Появляется возможность моделирования максимально выгодных расположений сбивок с учетом требований по надежности ее возможных, конфигураций в режиме директорного управления в соответствии с комплектациями автомобиля. Модели бизнес-процесса формирования автомобильных жгутов-проводов представлены как в описательном, так и в графическом виде.

Ключевые слова: формирование автомобильных жгутов-проводов; конструирование; базовая модель бизнес-процесса; перспективная модель бизнес-процесса; расчет сбивок; комплектация оборудования; предпроектная разработка

Введение

Машиностроение, а в частности автомобилестроение является отраслью, определяющей потенциал развития экономики любого государства. Валовой внутренний продукт (ВВП) развитых в промышленном отношении стран в значительной мере зависит от развития автомобилестроения. Согласно статистике, доля автомобильной промышленности в ВВП развитых стран колеблется от 5 до 10 %, рост в отрасли на 1 % обуславливает рост ВВП в 1,5 % [1].

Косвенное воздействие автомобильной промышленности на ВВП усиливается через смежные отрасли, обеспечиваемые заказами со стороны автомобилестроения.¹ Различные комплектации дизайна и оборудования с различными опциями увеличивает трудозатраты на проектирование и изготовление автомобиля. Необходимо отметить, что важной составляющей автомобиля является электрика, базирующаяся на комплектации электрических проводов. В зависимости от комплектации автомобиля, появляются дополнительные опции, что помогает сделать машину уникальной. Автомобили различных комплектаций имеют множество разных опций, таких как система сигнализации, музыкальные системы, парктроники, стеклоподъемники, подогрев сидений, климат-контроль и многие другие. Конфигурации этих опций объединяются в комплектации или индивидуально зависят от желания покупателя. Наличие опций влияет на стоимость автомобиля. Для реализации желаемых опций разрабатываются автомобили в различной комплектации [2].²

¹ Шарафеев И.Ш. Развитие теоретических основ и практических приложений систем автоматизированного проектирования организаций основного и вспомогательного производства: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Казань, 2010. 32 с.

² Фадеев С.В. Топологический синтез систем электрооборудования при проектировании автомобилей: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2000. 153 с.

Шарафеев И.Ш. Развитие теоретических основ и практических приложений систем автоматизированного проектирования организаций основного и вспомогательного производства: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Казань, 2010. 32 с.

Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: учебник / 4-е издание, переработанное и дополненное. М.: Горячая линия — Телеком, 2006. 440 с.

Работоспособность электрифицированных опций осуществляется посредством подачи питания и управляющих сигналов между устройствами автомобиля посредством проводов, проложенных по определенной трассе кузова и соединенных в пучки. Пучки проводов, связывающие отдельные элементы системы образуют жгуты. Жгуты, соединяясь между собой, образуют электросистему транспортного средства [2].¹

При этом классификация жгутов соответствует требованиям, действующим в каждой области — масса, безопасность, стойкость к различным воздействиям и т. д. [3; 4].

Для каждой модификации автомобиля разрабатывается свой комплект жгутов. При этом целесообразно учитывать опциональность и места расположения сбивок. Это необходимо для оптимизации длин проводов, следовательно стоимости и снижения веса транспортного средства. Эти работы осуществляются на конструкторско-технологическом этапе.

Постановка задачи

Для того чтобы определить количество материалов, трудоемкость и концепцию производства каждый жгут должен быть рассчитан. С учетом большой вариативности задача становится трудно реализуемой в короткие сроки. Усложняет задачу постоянные изменения конструкции связанные с повышением качества, оптимизацией, добавлением новых опций. Задача требует декомпозиции системы [4–7].

В зависимости от марки автомобиля, класса, технологии сборки и комплектаций количество разновидностей жгутов в автомобиле в среднем составляет от 12 до 20. Каждая разновидность называется семейством. Например, семейство двигательных жгутов одного автомобиля может включать в себя несколько разных типов различных по конструкции — 8 или 16 клапанные, бензиновые/дизельные, отличные по рабочему объему и т. д. [3; 4; 7].

Далее жгуты каждого семейства могут разделяться по комплектациям и опциям. Например, бензиновый двигатель объемом 1,6 л с 16-ю клапанами может комплектоваться различными коробками передач: механической, роботизированной, автоматической или вариатором. Кроме того, могут быть предусмотрены такие опции как кондиционер, предпусковой подогреватель, дистанционный запуск и т. д. Если производить жгут со всеми возможными опциями в семействе, то значительное количество компонентов жгута не будет использовано — при отсутствии кондиционера колодки присоединения не будут подключаться. Следовательно, колодка, контакты, провода и покрытия отводов жгута для этой опции будут оплачены, но не востребованы. Количество опций в жгутах современных автомобилей исчисляется десятками и сотнями, а количество проводов для легковых автомобилей может составлять более тысячи [2; 8].

Для автомобилей премиум класса с высокой стоимостью, мелкосерийной или ручной сборкой могут применяться концепции единого жгута проводов. Это снижает количество межжгутовых соединений, повышает надежность, но не уменьшает вариативность и количество проводов.

Бизнес-процесс в базовой модели представлен в графическом виде на рисунке 1.

Первым этапом является техническое задание на производство, которое содержит все решения, полученные на этапе предпроектной разработки автомобиля. Для жгутов проводов наиболее важны решения относительно специфики и опций оборудования, которое, в итоге будет установлено на автомобиль. Когда все функции будут известны, и перечень компонентов определен независимо, от типа системы, будет возможно определить сечения проводников и разработать электрическую схему, которая определит взаимосвязь компонентов между собой.

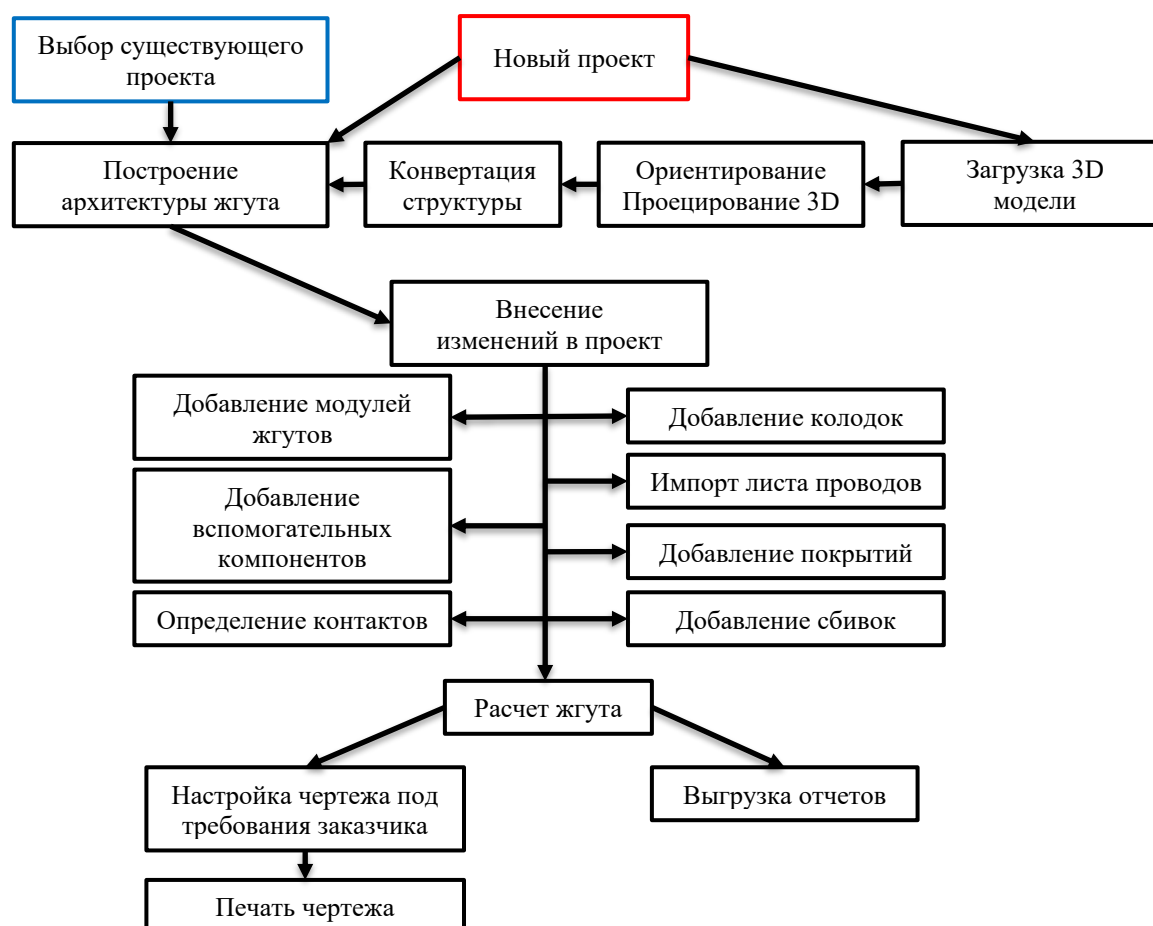


Рисунок 1. Базовая модель бизнес-процесса формирования автомобильных жгутов-проводов (составлено автором)

После подготовки электрической схемы, добавляется дополнительная информации об электрической схеме с данными о явных и не относящихся к электрическим параметрам компонентах электропроводки: типах проводов, разъемах, предохранителях и т. д.

Параллельно с этим процессом идет разработка 3-мерной модели жгута в составе автомобиля с его устройствами и окружением. Определяется трасса, точки фиксации жгута, его покрытие и необходимость в дополнительных элементах защиты, герметизации.

Как правило после завершения первого этапа, электрическая схема, 3-мерная модель и матрица опций жгутов передаются будущему поставщику проводки для подготовки производства.

Конструкторская документация

Вторым этапом осуществляется подготовка конструкторско-технологической документации, включающей опции, представленные в таблице 1.

В итоге инженеры разрабатывают схему — чертеж, описывающий систему электропроводки с учетом всех различных комбинаций оборудования, используемую для технологической подготовки.

В итоге формируется полный пакет конструкторско-технологической документации для производства жгутов проводов.

Таблица 1

Этапы подготовки конструкторской документации

Конструкторская документация	Технологическая документация
Проецирование 3-мерной модели на плоскость с учетом взаимного расположения отводов	Трудоемкость производства жгута
Подготовка листа проводов с определением характеристик и адресации каждого провода	Основную концепцию сборки — стационарные панели или конвейерная линия
Соединение 2-мерной модели жгута с листом проводов и опций, определенных для оборудования	Количество операций сборки их последовательность
Предварительный расчет длин проводов, проверка совместимости опций. Оптимизация длин проводов	Балансирует операции по расчетному циклу производства для каждого оператора
Определение и выбор типоразмеров покрытий	Подготавливает индивидуальные инструкции, карты сборки и компоует рабочие места для операторов
Проверка положения клипс	
Простановка размеров, создание визуальных видов, дополнительных описаний	
Подготовка пакета документации	

Составлено автором

Проблематика задачи подготовки конструкторской документации

Сложность расчета. Жгуты, используемые для оснащения автомобиля, состоят из компонентов, представленных в таблице 2.

Таблица 2

Компонентный состав жгутов

Компоненты	Описание
Провода различных температурных классов с различными сечениями и различными цветами, в том числе и двухцветные	Температурный диапазон от 105 до 150 градусов С. Сечения проводов варьируются от 0,35 до 50,0 мм ² в зависимости от нагрузки цепи
Колодки (разъемы) — для соединения жгута с устройствами автомобиля	Количество колодок в жгуте варьируется от 2 до 200–300 шт.
Контакты для колодок — элементы колодок, которые осуществляют непосредственное электрическое соединение между проводом и ответной частью колодки	В колодке может применяться от 1–3 до 10–30 различных по типоразмерам контактов
Уплотнители — элементы колодок, обеспечивающие герметичность соединения (как правило изготавливаются из силикона)	Используемое количество уплотнителей для одной колодки составляет от 1 до 10
Покрытия отводов	Наиболее распространенные гофрированные трубки, трубки поливинилхлорида (ПВХ), липкие ленты ПВХ, Текстильные и Фетровые ленты, а также различные термостойкие и износостойкие покрытия различных конструкций. Каждый тип покрытия имеет свой температурный класс и типоразмер
Элементы фиксации жгута	Пластиковые элементы: клипсы различных форм и способов фиксации и кабель-каналы, как правило, имеющие 3-х мерные индивидуальные формы и размеры для каждого автомобиля

Составлено автором

Кроме перечисленных основных элементов жгута можно встретить различные громметры, реле, предохранители, дополнительные элементы фиксации контактов в колодках и многое другое [2].³

³ Ют В.Е. Электрооборудование автомобилей: учебник / 4-е издание, переработанное и дополненное. М.: Горячая линия — Телеком, 2006. 440 с.

Все перечисленные элементы конструкций могут многократно комбинироваться. Общее количество уникальных компонентов жгутов для проекта исчисляется сотнями, а суммарное количество тысячи и десятки тысяч компонентов в одном проекте.

Чтобы конструктору правильно определить все компоненты в жгуте и проекте, необходимо ознакомиться с каждым чертежом компонента и его характеристиками, правильно выбрать нужный и посчитать их общее количество. Добавляя вариативность опций жгутов, задача становится трудновыполнимой в короткие сроки даже для большого отдела [4; 7].

Документация для формирования

Для передачи большого количества информации о жгуте и его составных элементах необходимо формировать файлы спецификаций и различных отчетов в понятном и удобном виде. Зачастую применяются следующие основные документы:

1. Лист проводов — список всех проводов семейства жгута с его основными характеристиками, адресацией, опциями, применяемыми контактами, уплотнителями и т. д. в соответствии с применяемостью в каждом конкретном жгуте.
2. Спецификация с указанием каждого компонента жгута для каждого референса в строчном формате и формате сводной таблицы.

Дополнительные документы:

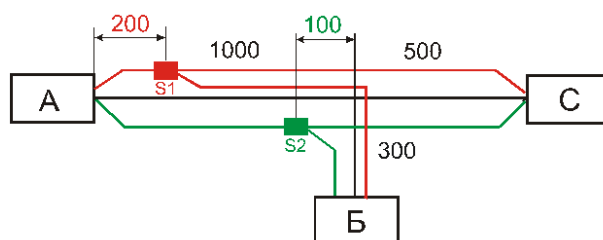
1. Список применяемых сбивок с их конфигурациями.
2. Список применяемых колодок с перечнем используемых контактов и уплотнителей.
3. Лист двойных опрессовок — два провода в одном контакте.
4. Лист применяемых покрытий по сегментам с указанием расчетного диаметра каждого сегмента.
5. Список кабельных сборок и специальных проводов.
6. Список дополнительных элементов жгута — упаковка, сложные под сборки.

Все эти документы должны строго соответствовать текущему состоянию чертежа, с учетом всех заявленных опций со стороны заказчика.

Описанная модель бизнес-процесса не отражает возможности расчета положения сбивок с учетом опциональности проводов. Это приводит к тому, что необходимые расчеты положения сбивок усложняются, так как вариативность их комбинаций весьма высока. В современном автомобиле количество сбивок исчисляется порядка 100–120 штук. При этом в среднем каждая сбивка состоит из 5–7 проводов. Кроме того, увеличивается время обработки и стоимость жгута. Необходимо модернизировать бизнес-процесс и автоматизировать расчет конфигурации сбивок. Для решения поставленной задачи необходимо разработать перспективную модель бизнес-процесса. Эта модель содержит модуль оптимизации сбивок [9; 10].

Модуль оптимизации сбивок

Модуль оптимизации сбивок представляет собой блок программы способный определить максимально эффективное расположение сбивки с учетом входимости ее проводов и технологичности исполнения. Например, рассмотрим простой вариант жгута с колодками А, Б, С и 2-мя возможными расположениями сбивки как на рисунке 2.



S1 — первый вариант расположения сбинок и трасса ее проводов; S2 — второй вариант с проводами

Рисунок 2. Схематичное изображение 2-х вариантов сбинок, где показаны основные ветви жгута с их длинами (составлено автором)

Для простоты расчета условимся, что все провода имеют одинаковое сечение $0,5 \text{ мм}^2$. В этом случае сумма длин всех проводов для колодок будет соответствовать таблице 3.

Таблица 3

Длины проводов от колодок для 2-х вариантов сбинок

Сбивка	А, мм	Б, мм	С, мм	Сумма, мм
S1	200	1 100	1 300	2 600
S2	900	400	600	1 900
Разница, мм				700

Составлено автором

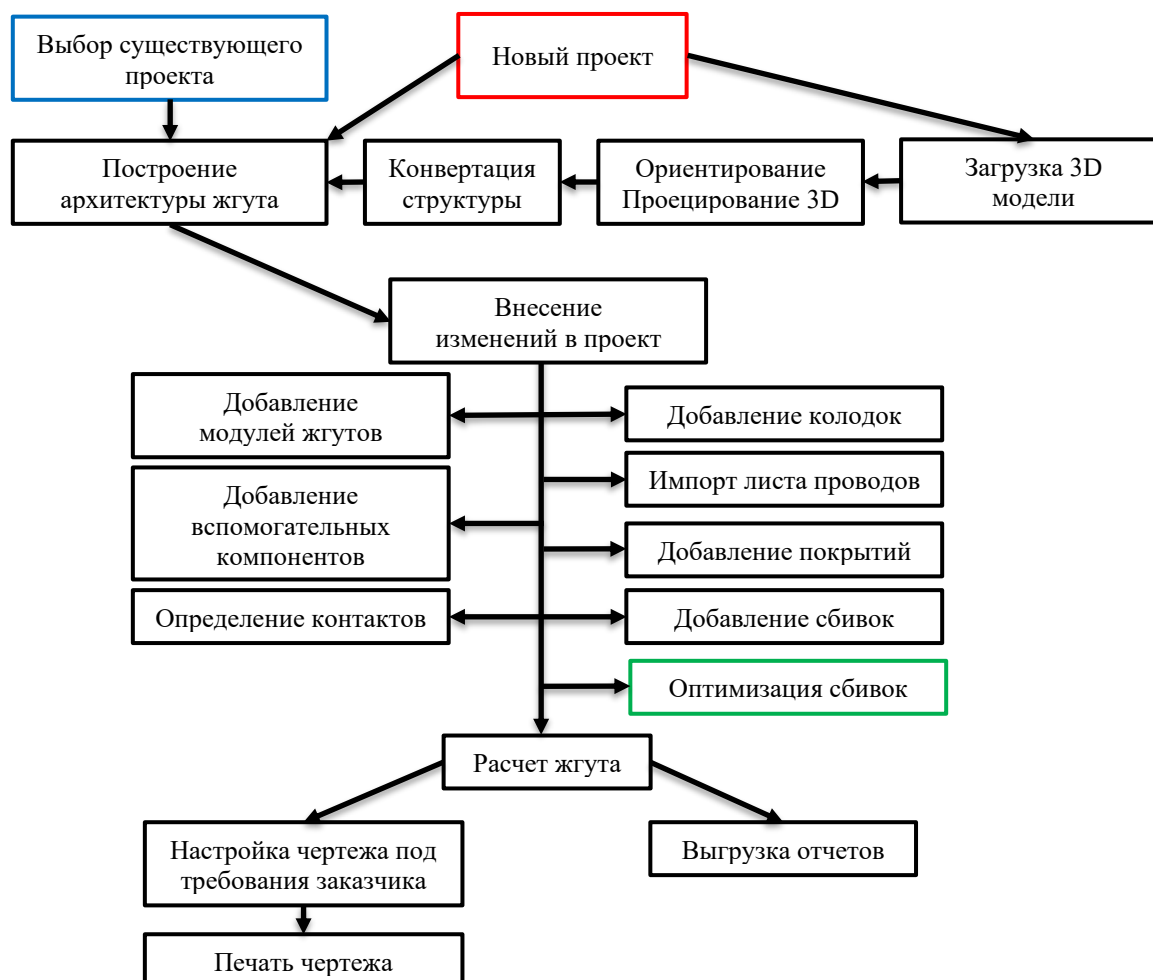


Рисунок 3. Перспективная модель бизнес-процесса формирования автомобильных жгутов-проводов (составлено автором)

Этот простой пример показывает, что в рамках одного отвода путем грамотного позиционирования сбивки добиться довольно существенной экономии на длине провода, а следовательно, стоимости и весе жгута. С учетом автоматизации процесса конструктору потребуется считанные минуты для расположения всех сбивок проекта, определив технологически допустимые зоны. На данный момент, для сложных жгутов, полностью выполнять расчет оптимальных вариантов положений сбивок с учетом всех комплектаций автомобилей является экономически не выгодным из-за сложности и длительности. Кроме того, любое изменение одной из сбивок или опций проводов может полностью обнулить результат.

Поэтому, для программы расчета жгутов проводов, предполагается создать автоматизированный модуль. Способный после создания архитектуры проекта и загрузки всех необходимых данных проводов в режиме директорного управления указывать максимально выгодные расположения сбивок с учетом требований по надежности, ее возможных, конфигураций, сечений входящих проводов с опциями и в соответствии с комплектациями автомобиля. Структура программы представлена на рисунке 3.

Результат в описательном и графическом виде

Для удобства восприятия конструктора результат может высвечиваться в отдельном окне в % соотношении эффективности для каждого выбранного расположения сбивки. В нашем случае 15 % и 93 %, например, как показано на рисунке 4.

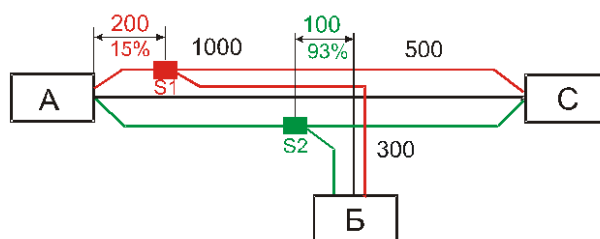


Рисунок 4. Вариант индикации уровня оптимизации (составлено автором)

Данный модуль оптимизации может значительно повысить качество выпускаемых жгутов за счет исключения человеческого фактора по выбору положения и балансировки сбивок, снизить длины проводов, стоимость и вес готовой продукции, а также упростить и ускорить работу конструкторско-технологической службы завода 4–6 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И.А. Основные тенденции развития мирового автомобилестроения в современных условиях // Сборник научных трудов «Новый взгляд. Международный научный вестник». — Новосибирск: ЦРНС, 2013. № 2. С. 327–340. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-tendentsii-razvitiya-mirovogo-avtomobilstroeniya-v-sovremennyh-usloviyah/viewer> (дата обращения: 15.04.2024).
2. Дилигенский Н.В. Методологические аспекты исследования сложных систем // Информационные, измерительные и управляющие системы (ИИУС — 2010): материалы Международной научно-технической конференции. Самара, 2010. С. 281–286.
3. Дилигенский Н.В., Матвеева Е.А. Исследование системы управления предприятия на основе методов декомпозиции // Инфокоммуникационные технологии. 2011. Т. 9, № 2. С. 68–71.

4. Федоров Е.Ю., Терещук В.С. Автоматизированная трассировка жгутов и проводов грузового автомобиля // Вестник Казанского государственного технического университета имени А.Н. Туполева. 2013. № 3. С. 60–64.
5. Шахнович И. Производство электрических жгутов: эффективно, технологично, недорого. Визит в компанию «Икар плюс» // Вектор высоких технологий. 2015. № 8(21). С. 60–76.
6. Федоров Е.Ю., Терещук В.С., Цой А.А. Программный инструмент оптимального синтеза электрожгутов системы электроснабжения грузового автомобиля // Вестник Казанского государственного технического университета имени А.Н. Туполева. 2012. № 4-2. С. 154–156.
7. Федоров Е.Ю., Терещук В.С., Ференец А.В. Комплекс оптимизационно-расчетных программ системы автоматизированного проектирования электрооборудования транспортных средств // АВИА-2013: материалы XI международной научно-технической конференции. Киев: НАУ, 2013. Т. I. С. 3.70–3.73.
8. Разработка структурной схемы процесса проектирования электрооборудования автомобиля на основе CALS-технологий / А.Г. Городнов [и др.] // Грузовик. 2011. № 9. С. 13–16.
9. Вахрушев, С.И. Совершенствование методики поиска неисправностей электрооборудования грузовых автомобилей / С.И. Вахрушев, С.С. Кузьменко // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2014. — Т. 1. — С. 40–43. — EDN SJJETF.
10. Оценка эксплуатационных факторов, определяющих техническое состояние элементов электрооборудования автомобилей / Е.В. Бондаренко, Р.Х. Хасанов, В.С. Голованов, Е.С. Сидорин // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. — 2013. — Т. 2. — С. 61–69. — EDN SNNPBT.

Filimonov Mikhail Dmitrievich

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia
E-mail: Filimonov_md@mail.ru

Matveeva Elena Alexandrovna

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia
E-mail: helen_matveeva@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0582-2620>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=83169

Mironov Pavel Yuryevich

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia
E-mail: Filimonov_md@mail.ru

Formation basic and promising models of business process for preparing design documentation for wiring harness

Abstract. The article considers the issues of designing wire harnesses for the automotive industry. A car is a complex technical structure. An important element of this structure is the electrics, based on various vehicle configurations, affecting the wire harnesses. The performance of the car largely depends on the supply of power and control signals between the car devices through wires laid along a certain route of the body, formed into bundles. A significant number of car models, providing for various options, leads to the fact that it is necessary not only to consider the harness configurations, taking into account the various options inherent in the car, but also to calculate the knockdowns, which is very labor-intensive. The article considers in detail the basic business process of designing wire harnesses, analyzes its imperfections and proposes a promising process model to eliminate the identified deficiencies. The pre-project development and subsequent stages, including the preparation of design and technological documentation and the calculation of knockdowns, are considered. The current model is analyzed and recommendations are given for the formation of a promising model. Unlike the current model, the proposed model includes an automated module for optimizing the bundles. The proposed module allows taking into account possible configurations and options of cars for rational design of automotive electrics. It becomes possible to model the most advantageous locations of bundles taking into account the requirements for the reliability of its possible configurations in the director control mode in accordance with the vehicle configuration. Models of the business process of forming automotive wire harnesses are presented both in descriptive and graphical form.

Keywords: formation of automotive wiring harnesses; design; basic business process model; promising business process model; calculation of splices; equipment configuration; pre-design development