

1.5. УСЛОВИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФАБРИКИ БУДУЩЕГО

Неволин И.В., к.э.н., ведущий научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН

Цифровая трансформация промышленности позволяет быстрее вносить конструктивные изменения в сложную высокотехнологичную продукцию и, соответственно, быстрее обновлять модельный ряд. Это означает, что спрос должен перестроиться – тогда появится возможность окупать сложную техническую продукцию в более сжатые сроки. На примере автомобильной отрасли исследованы сдерживающие факторы таких изменений. Продемонстрирована возможность обеспечить производство достаточным спросом и ресурсами. Однако остается нерешенной проблема переработки отходов, из-за чего цифровая трансформация промышленности рискует превратиться в более быструю переработку отходов и накопления новых, пока еще не перерабатываемых материалов в могильниках.

Введение

Вынесенная в название «Фабрика будущего» – это концепция Национальной технологической инициативы. Ее ключевыми характеристиками, в понимании ответственной Ассоциации «Технет»¹, являются цифровые платформы (для обеспечения гибкого и более индивидуального подхода к производству), цифровые модели реальных объектов высокой адекватности и цифровизация всего жизненного цикла изделий от идеи до утилизации. Естественным образом возникает вопрос: что из себя представляет Фабрика будущего – цифровое производство, – как она преобразует промышленность и при каких условиях функционирует? То, к чему стремится цифровая трансформация промышленности и с какими ограничениями она может столкнуться, исследуется в настоящей статье.

Понятия «цифровая трансформация», «цифровизация», «цифровые платформы» часто используются в материалах о цифровой экономике. Они призваны подчеркнуть различия между привычными объектами, процессами и теми, которые присутствуют в цифровой экономике. Ключевой особенностью цифровой экономики является возрастающая роль больших данных и компьютерных (суперкомпьютерных) технологий. Наглядный образ того, как изменяется промышленное производство в цифровой экономике, дают публикации Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» Санкт-Петербургского Политехнического Университета Петра Великого – участника НТИ. «Центр компьютерного инжиниринга» непосредственно вовлечен в кооперацию с промышленными предприятиями, что позволяет предполагать, во-первых, знание фактуры и, во-вторых, способность транслировать свои результаты в промышленность, добиваться проверки своих результатов в реальных условиях. Ниже сформулированы положения «Центра компьютерного инжиниринга» о цифровой промышленности (Алешин и др, 2018), (Боровков, 2018) существенные для настоящей статьи.

Ключевым объектом цифрового производства являются «умные» цифровые двойники. Настоящий цифровой двойник – это система уравнений в частных производных, которая адекватно описывает физико-химические процессы. Систему уравнений решает компьютер – чаще, суперкомпьютер. Причем ее можно построить как для изделия (цифровой двойник продукта), так и для производства (цифровой двойник производства). Вместе они образуют многоуровневую матрицу целевых характеристик, причем для продуктов мирового уровня, как утверждается, эта матрица включает 50 тыс. и более показателей. Имея таких двойников, можно решать оптимизационные задачи с ресурсными, прочностными, массо-габаритными и прочими ограничениями, с требованиями соответствия определенным стандартам (например, пассивной безопасности). Опыт «Центра компьютерного инжиниринга» подтверждает тезис о том, что такие двойники позволяют создать детали и конструкцию наилучшей формы – по целевым показателям они на 10 % и более превосходят существующие аналоги. Оптимизация выполняется с учетом целого набора доступных материалов, а цифровые двойники промышленности гарантируют, что найденное решение можно будет воплотить в жизнь. Большое значение придается аддитивным технологиям, которые позволяют выпускать детали, недоступные прежним технологическим процессам, например, литью и штамповке.

Широкое применение компьютерного моделирования и анализа больших данных не ограничивается цифровыми двойниками – также широко используются виртуальные полигоны. Последние представляют собой средства имитации реальных испытательных стендов. Совместное использование цифровых двойников и виртуальных полигонов позволяет многократно испытывать отдельные проектные решения, выявлять слабые участки конструкций и отправлять изделия на доработку. Компьютерные симуляции позволяют имитировать годы эксплуатации техники в различных условиях за 1 день. Все это позволяет сэкономить годы на разработку сложной техники. Например, срок вывода автомобиля на рынок уже сократился с 7 до 1,5 лет. Иными словами, современная цифровая промышленность кардинально меняет этап конструирования изделия: результатом является проект, который гарантированно можно пустить в серию и который не придется дорабатывать/ адаптировать в процессе опытной эксплуатации. Вообще, опытная эксплуатация отсутствует. Жизненный цикл изделия – от разработки до производства – полностью меняется, и первый этап играет возрастающую роль. Заметное сокращение

¹ Подробнее на официальном сайте Ассоциации «Технет», <https://technet-nti.ru>

сроков обновления продукции – не только автомобилей, но машиностроения вообще и станкостроения, в частности, – поднимает вопрос об организационной составляющей этого процесса. Насколько экономика готова выпускать и потреблять все новые и новые изделия в течение сокращающегося промежутка времени?

При ответе на поставленный вопрос важно проанализировать факторы, способные повлиять на распространение цифровой промышленности в том виде, как она описывается в материалах «Центра компьютерного инжиниринга» СПбПУ:

- сертификация новой техники;
- появление новых конструкционных материалов;
- утилизация изделий в конце жизненного цикла;
- платежеспособный спрос;
- доступность станков и оборудования.

Сертификация новой техники

Сертификация новой техники по компьютерным моделям является одним из приоритетов НТИ. Прочностные характеристики компьютерных моделей (цифровых двойников), удовлетворение стандартам пассивной безопасности, согласно (Алешин и др, 2018), соответствуют натурным образцам на уровне погрешности не более 5 %. Сертификация авиационной техники, например, уже полагается на компьютерные модели, и на отраслевых конференциях можно услышать упрек в адрес Росавиации из-за отставания от мировой практики, в результате чего путь отечественной техники на мировые рынки – и до получения первого положительного денежного потока – оказывается более продолжительным, чем у конкурентов². Можно обнаружить намерение и технические возможности проводить сертификацию таким образом, чтобы поддерживать темп вывода новой продукции на рынок в течение 2-3 лет³.

Новые материалы

Новые материалы обязательно учитываются в моделировании и позволяют усовершенствовать конструкцию – например, сделать легче при прочих равных. Появление новых материалов открывает возможности для изменения конструкции за счет использования новых деталей.

Анализ трендов материаловедения показывает принципиальную возможность поддерживать темп обновления продукции именно в той отрасли, на примере которой «Центр компьютерного инжиниринга» демонстрирует успехи цифровой промышленности – в автомобилестроении. Статистические наблюдения за конструкцией автомобиля выявляют устойчивую тенденцию замены традиционного материала – стали – новыми компонентами, прежде всего, на основе алюминия и пластика (Miller, 2000) (Soo, 2015) (рис. 1). Эти тенденции имеют своей целью снизить общий вес автомобилей. Можно допустить, что новые материалы появляются каждые 1-3 года и позволяют вносить изменения в конструкцию с такой же частотой. Допущение поддерживается форсайтами (Вишневский, Карасев, 2010), (NISTEP report, 2010), которые предусматривают появление новых материалов, и экспертными оценками⁴.



Рисунок 1 Увеличение легких материалов в конструкции автомобиля (Soo, 2015)

Эти тенденции имеют своей целью снизить общий вес автомобилей. Можно допустить, что новые материалы появляются каждые 1-3 года и позволяют вносить изменения в конструкцию с такой же частотой. Допущение поддерживается форсайтами (Вишневский, Карасев, 2010), (NISTEP report, 2010), которые предусматривают появление новых материалов, и экспертными оценками⁴.

Экологическая нагрузка

Объявленный срок вывода на рынок нового автомобиля (7 лет при сложившейся производственной технологии (Боровков, 2018)) несильно отличается от среднего срока эксплуатации автомобилей (9 лет в 2011 году (Danilecki, etc, 2017) с растущим трендом до 11 лет в 2016 году (ACEA, 2018)). При этом отмечается возрастающее воздействие на окружающую среду именно производственной стадии жизненного цикла. Причина состоит в вытеснении стали из конструкции автомобиля (Soo, 2015). В конструкции кузова – самой ресурсоемкой части автомобиля – сталь активнее заменяется алюминием и

² Андрей Богинский «У России самые старые гражданские вертолеты среди всех авиастроительных держав», Реальное время, 24.11.2018, <https://realnoevremya.ru>

³ Хотя утверждается, что срок вывода на рынок можно сократить до 1,5 года (Боровков, 2018), будем более осторожными.

⁴ Существует исследование Roadmap Report Concerning the Use of Nanomaterials in the Automotive Sector (2006). При подготовке к нему не удалось получить доступ, однако, оно цитируется в (Вишневский, Карасев, 2010). В этом исследовании эксперты оценивали появление материалов в ближайшей перспективе – удалось ли сохранить этот темп, точно не известно, но примем это допущение с учетом готовности разрабатывать новую конструкцию каждые 2 года.

материалами без содержания железа (Danilecki, etc, 2017). Действительно, новые материалы позволяют уменьшить общий вес, что позволяет снизить потребление топлива и, соответственно, экологическую нагрузку при эксплуатации. Производство новых материалов, как отмечается, сильнее воздействует на окружающую среду (Soo, 2015). Тем не менее, нагрузка на экологию при эксплуатации сокращается настолько, что в целом – с учетом утилизации – автомобили новых поколений опережают предшественников в воздействии на окружающую среду по показателю эквивалентов выбросов CO₂ (Danilecki, etc, 2017). Затрагивая тему экологии, следует отметить тонкий момент – методику количественной оценки воздействия. Распространенным показателем является потенциал глобального потепления (GWP, global warming potential), который оценивает выбросы парниковых газов – CO₂, CH₄, N₂O – в эквиваленте CO₂. В соответствии с этой методикой жизненный цикл с учетом переработки становится более экологичным – производство и утилизация новых материалов связаны с меньшим количеством выбросов парниковых газов. Новые материалы, однако, тяжелее подвергаются переработке и поэтому просто подлежат захоронению (Puri, 2009). Как отмечено в (Soo, 2015), даже несмотря на рост количества перерабатываемых материалов, общий эффект приводит к увеличению количества отходов, которые накапливаются в мусорниках.

Тем не менее, при достаточной скорости внедрения новых материалов можно заметно снизить вес автомобиля, что позволит снизить потребность в топливе при эксплуатации и, соответственно, еще сильнее сократить выбросы парниковых газов (Danilecki, etc, 2017). Если задаться вопросом о том, через сколько лет эксплуатации выбросы сравняются с таковыми при производстве и утилизации, этот срок можно принять за временной ресурс автомобиля. Действительно, замена старого автомобиля на новый до истечения условного срока увеличивает нагрузку на окружающую среду за счет более «грязной» стадии производства. Эксплуатация сверх меры связана с избыточным расходом топлива по сравнению с более совершенными моделями. Оценки показывают, что этот срок составляет 16-21 лет (Danilecki, etc, 2017) – больше среднего периода эксплуатации автомобилей (Рисунок 2). Более интенсивное использование техники способно сократить этот срок и приблизиться к показателям, заявленным Фабрикой будущего.

Продолжительное использование современных – более чистых с точки зрения экологии – автомобилей также является рациональной стратегией индивидуального потребителя. Эксплуатация гибридных и электрических моделей становится более выгодной по сравнению с дизельными на горизонте 5-10 лет (Moriwaki, 2017). Более совершенные в техническом плане модификации стоят дороже в момент покупки, но обходятся заметно дешевле эксплуатации. Так, по итогам 10 тыс. км пробега общие затраты на автомобиль с дизельным двигателем примерно в два раза ниже, чем затраты, связанные с электрической или гибридной моделью. Напротив, спустя 100 тыс. км автомобиль с электрическим двигателем почти в три раза является более выгодным, чем с дизельным.

Таким образом, при прочих равных – отсутствии льгот, фиксированной цене на бензин и т.п. – современный водитель заинтересован в более длительной эксплуатации автомобиля, чем 5-10 лет назад. Технический ресурс позволяет увеличивать срок владения автомобилем – следовательно, без дополнительных стимулов (программа утилизации, выкуп автомобилей и т.п.) рынок в целом будет склонен реже обновлять автомобили, и темп в 2-3 года, заявленный Фабрикой будущего, выглядит несколько завышенным.

Платежеспособный спрос

Оставаясь в рамках тематики автомобильной промышленности, можно указать на то, что более частое обновление модельного ряда связано с кратным (в первом приближении) ростом цены: затраты на весь жизненный цикл должны окупиться в течение короткого промежутка времени при фиксированных производственных мощностях/ возможностях рынка. Естественно ожидать, что кратное повышение цены сопровождается заметным сокращением спроса, и отрасль сталкивается с задачей поиска нового равновесия, а общество – с возрастающим неравенством, при котором самые современные модели доступны наиболее состоятельной части общества. Отмечено, что современные автомобили становятся менее экологически чистыми в производстве, но более экологичными в эксплуатации. В лучшем случае паритет между выбросами эквивалента CO₂ в производстве и эксплуатации достигается при использовании автомобиля в течение 16 лет (Danilecki, etc, 2017). Эта оценка выполнена при существующих нормах использования индивидуального автомобиля. При увеличении пробега в единицу времени и той же технологии сжигания топлива можно добиться более быстрого достижения паритета. Так, системы заказа такси и совместное использование автомобилей (car sharing) позволяют сократить время простоя

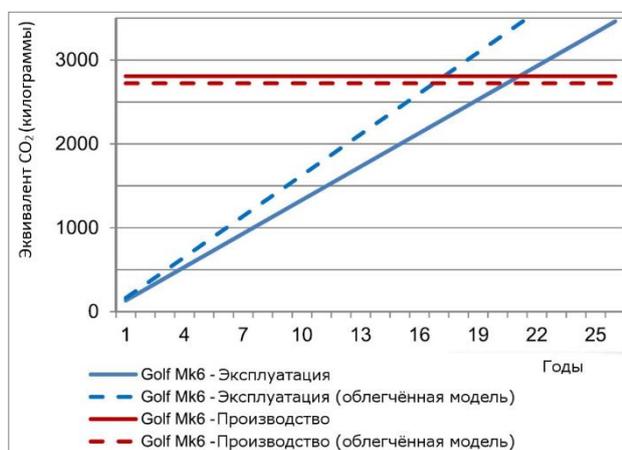


Рисунок 2 Достижение паритета в выбросах между производством и экспл. Volkswagen Golf (Danilecki, etc, 2017)

техники. Данные об изменении износа автомобиля в единицу времени не удается найти в литературе в явном виде. Зачастую авторов интересует изменение экологической нагрузки при переходе к совместному использованию, что определяет круг наблюдаемых показателей. Наиболее частым из них является пробег одного автомобиля во время одной поездки (vehicle-mile traveled – VMT; vehicle-kilometers traveled – VKT). И оценка годового пробега автомобиля при совместном использовании требует некоторых вычислений. В (Chen, Kockelman, 2016) отмечается уменьшение VKT на 27-67% при совместном использовании. Это происходит потому, что поездка разбивается на несколько стадий: если раньше весь маршрут состоял из поездки на автомобиле, то в новых условиях добавляются поездки на общественном транспорте (изредка – на велосипеде) и пешие прогулки. Однако на фоне сокращения длительности одной поездки растет общий физический износ автомобиля – за счет увеличения количества поездок. В работе (Chen, Kockelman, 2016) присутствуют данные о замене 9-23 частных автомобилей на один в совместном использовании. При сроке эксплуатации частного автомобиля 10 лет и общем пробеге 150 тыс. км (Soo, 2015) средний пробег составляет 41 км в сутки. Примем это значение за единицу VKT. Если при совместном использовании этот показатель снижается на 30%, то новое значение составит 28,7 км – столько за один день в среднем на автомобиле проезжает один водитель. Если считать, что на один автомобиль приходится 9 водителей – по числу замещаемых частных автомобилей, – суточный пробег возрастает до 258 км. Вероятно, это значение справедливо для зрелого сервиса, однако, по отечественному опыту оно кажется чрезмерно завышенным⁵. Примем допущение, что пробег увеличивается в 2,5 раза – до 102,5 км в сутки. Это позволяет ожидать достижения паритета между выбросами при производстве и при эксплуатации в течение 6,5 лет.

Заметим, что весь легковой автотранспорт – с самой большой долей в общем парке автомобилей – едва ли удастся перевести в режим совместного использования. Хотя бы потому, что при более интенсивной эксплуатации водитель пересекает границу, при которой стоимость владения собственным автомобилем ниже расходов на аренду. Тем не менее, совместное использование позволяет перестроить часть производства в соответствии с концепцией Фабрики будущего. Это можно продемонстрировать следующей оценкой. При фиксированном годовом выпуске автомобилей более частое обновление конструкции – 3 года вместо 9 – требует окупаемости технологического процесса в более сжатые сроки (9/3 – в три раза). То есть меньший суммарный объем выпуска должен обеспечивать фирме неизменный доход:

$$p_0 q_0 \sum_{t=1}^9 \frac{1}{(1+d)^t} = p_1 q_0 \sum_{t=1}^3 \frac{1}{(1+d)^t}$$

где p_0 – цена автомобиля в прежних условиях, p_1 – цена автомобиля при совместном использовании, q_0 – неизменный годовой выпуск, ограниченный производственными возможностями, d – ставка дисконтирования. Для разных ставок дисконтирования отношение p_1/p_0 колеблется около 2 (2,4 при $d=0,1$; 2 при $d=0,2$; 1,7 при $d=0,4$). Почти двукратное повышение цены все еще предпочтительно для водителя в случае совместного использования, оставляя возможность для встраивания координирующего сервиса.

$$C_1 = \frac{1}{6} \left(p_1 + P_1 \sum_{t=1}^3 \frac{1}{(1+d)^t} \right) = \frac{1}{6} \left(2p_0 + 0,7P_0 \sum_{t=1}^3 \frac{1}{(1+d)^t} \right)$$

где C_1 и P_1 – соответственно, общие и ежегодные эксплуатационные затраты водителя при совместном использовании автомобиля, шестерка отражает распределение затрат между 6 водителями, 0,7 – коэффициент для учета 30%-ного сокращения одной поездки. Дальнейшие преобразования позволяют получить

$$C_1 = \frac{1}{6} \left(2C_0 - 1,3P_0 \sum_{t=1}^3 \frac{1}{(1+d)^t} - 2P_0 \sum_{t=3}^9 \frac{1}{(1+d)^t} \right) < C_0$$

Причем эксплуатация даже двумя водителями все еще оказывается выгодной. При этом, однако, сокращается доля оператора сервиса совместного использования, если вообще позволяет ему выжить при таком мультипликаторе. Пример совместного использования показывает дополнительную технологичность в цифровой экономике. А именно: новые сервисы заказа такси и аренды автомобилей с опорой на большие данные не только привели к появлению новых организационных форм, но также обеспечивают повышенный износ техники. Сюда можно добавить беспилотные технологии, которые в перспективе способны обеспечить доставку автомобиля от одного пользователя к другому. Ожидается, что такое использование поможет снизить нагрузку на экологию и позволит задействовать новые категории водителей (Wadud, 2016). Повышенный износ и новые категории водителей, в свою очередь, создают возможности для производителей чаще продавать новые автомобили. Какими они – автомобили – должны быть, чтобы наиболее полно использовать доступные ресурсы? Этот вопрос можно пересматривать намного

⁵ Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы опубликовал данные о московском каршеринге, согласно которым средняя дистанция поездки составляет 15 км, а кол-во аренд в день с мая 2016 г. превысило 6, что дает суточный пробег на уровне 99 км. (<http://transport.mos.ru/>)

чаще благодаря большим данным, новым материалам и компьютерному моделированию. Так возникает рынок для продукции Фабрики будущего.

Доступность оборудования

Если ассортимент обновляется раз в несколько лет, за этот короткий промежуток требуется купить все станки, которые окажутся бесполезными в производстве новинок. Более быстрое обновление оборудования повлечет сокращение сроков амортизации, налогооблагаемой прибыли и, как следствие, уменьшение налоговых поступлений в бюджет. Если говорить о трехкратном сокращении сроков амортизации (в соответствии с ускорением выпуска новых изделий), при обновлении 1/3 оборудования фиксированной стоимости можно ожидать кратного роста амортизации и снижения налогооблагаемой прибыли. При этом можно ожидать, что на переработку все чаще будет отправляться одна и та же масса оборудования, просто из-за более частых обновлений.

Как видно, целесообразность ускоренного обновления средств производства требует специального исследования. Во-первых, в НТИ отмечается крайне низкая эффективность использования нового оборудования: его загрузка составляет 10-20% (Боровков, 2018). Во-вторых, исторический анализ вопросов по этой теме показывает, что частое обновление не является физической необходимостью: ресурс позволяет использовать станки десятилетиями (Тевелева, 2019). В основе лежит желание создать рынок для средств производства и поддержать, таким образом, экономическую активность. Ускоренная амортизация при этом служит в качестве стимула для предприятий.

Ослабить эти процессы – ускоренную амортизацию и рост промышленных отходов – призваны аддитивные технологии. Они способствуют более быстрому внедрению новых конструкций в заданном диапазоне массо-габаритных характеристик. Пока размеры заменяемых элементов конструкции не превосходят некоторые пороговые значения, их изготовление обеспечивает одно и то же оборудование, один и тот же технологический процесс. Аддитивные технологии более энергозатратны (Herrmann etc, 2018) и имеют ограниченную сферу применения, хотя и обеспечивают более длительное использование оборудования. Таким образом, доступность средств производства для Фабрики будущего едва ли является препятствием. Скорее, следует говорить об их эффективном использовании и, как в случае с конечной продукцией, об утилизации.

Заключение

Перспективы цифровой трансформации промышленности – создания Фабрик будущего – рассмотрены на конкретном примере автомобилестроения лишь потому, что эта отрасль часто упоминается в публикациях, аффилированных с НТИ. Организационные механизмы принципиально способны поддержать переход. Этому способствуют и ускоренная сертификация продукции, и распространение новых бизнес-моделей, и изменение государственного регулирования. Необходимость последнего отчетливо проявляется при обсуждении учета средств производства. Готовность рынка предъявлять спрос на оборудование без дополнительных организационных механизмов не совсем очевидна. Отрицательным фактором является перспектива более частой замены станков, еще не выработавших свой ресурс. При этом негатив связан не только с некоторым перерасходом сырья на выпуск оборудования, но и с выпадением части налоговых поступлений. С другой стороны, производители оборудования наращивают выпуск, и сопутствующие отчисления в бюджет требуют тщательного анализа на предмет их способности восполнить выпадающие доходы.

Еще одним фактором, требующим пристального внимания, являются переработка отходов и экологическое регулирование. Современные технологии утилизации автомобилей, хотя и достаточно развиты, имеют свои пределы. Весь процесс включает не только демонтаж и повторное использование пригодного к использованию оборудования, производство промышленного сырья, но также захоронение отходов [9]. Композитные материалы, доля которых в конструкции постоянно увеличивается, не подлежат переработке, и они накапливаются в мусорниках (Puri, 2009), (Soo, 2015). Точные данные о содержании композитных материалов не удалось обнаружить в литературе – часто они объединены в одну группу с пластиком, и масса этой группы в автомобиле растет. Даже при фиксированном уровне абсолютного количества композитных материалов в одном автомобиле увеличение выпуска неизбежно приведет к увеличению перерабатываемых отходов в долгосрочной перспективе (20-30 лет).

Более широкая картина – без сужения фокуса на материалах – показывает, что каждый новый автомобиль создает более высокую нагрузку на экологию именно в момент производства. Действительно, современные автомобили – более экологически чистые по сравнению с предыдущими моделями, но их производство в эквиваленте выбросов CO₂ оказывается более грязным – экологический выигрыш реализуется только в эксплуатации. Таким образом, помимо совокупной стоимости владения, современные автомобили с течением времени опережают старые модели еще и по показателю экологичности – на коротких промежутках времени они, напротив, уверенно проигрывают.

Качественный анализ показывает, что главными барьерами широкого внедрения новых цифровых технологий в производство является высокая цена технологий и нагрузка на окружающую среду. Совместное использование позволяет создать необходимый рынок для новой промышленности и приблизить достижение паритета между выбросами на стадиях производства и эксплуатации. Однако обостряется проблема с не перерабатываемыми отходами – Фабрика будущего быстрее перерабатывает ресурсы в отходы, и изменения этой тенденции не предвидится. В идеологии НТИ существует понимание

того, что новое производство не для всех (Боровков, 2018), но масштабы его будущего внедрения пока не ясны.

Оценка экономических последствий – следующий этап исследования. В этой статье выделены основные факторы и отмечена принципиальность экологического ограничения в замкнутой системе. Международное разделение труда может привести к тому, что при межстрановых сравнениях – на уровне подсистем – могут появиться бенефициары новых условий. Действительно, производители конечной продукции не ухудшают своего положения при более интенсивном потреблении, в то время как с производителями сырья и даже отдельных комплектующих не все так однозначно: совершенствование технологий утилизации способствует рециклингу (повторному использованию) отдельных узлов и переработанных материалов, что, несомненно, воздействует на рынок сырья. Неравенство также возникает в количестве захораниваемых отходов, и ответ на вопрос об экономических последствиях требует дальнейшего исследования.

Литература

1. Алешин М.В., Болдырев Ю.Я., Боровков А.И., Давыдов И.С., Клявин О.И., Петкова А.П., Тамм А.Ю. Опыт применения технологий суперкомпьютерного инжиниринга в деятельности Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» // Суперкомпьютерные дни в России: Труды международной конференции (24-25 сентября 2018 г., г. Москва). – М.: Изд-во МГУ. – 2018. – с.717-727
2. Боровков А.И. «Умные технологии» на службе продуктовых программ // Проектный вестник. – 09/2018. – № 2(6). – С. 32–36.
3. Вишневский К.О., Карасев О.И. Прогнозирование развития новых материалов с использованием методов Форсайта // Форсайт. – 2010. – Т. 4. – № 2 – с.58-67.
4. Тевелева О.В. Об износе основных средств // Имущественные отношения. – 2019. (в печати)
5. Chen T.D, Kockelman K/M. Carsharing's life-cycle impacts on energy use and greenhouse gas emissions // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2016 – Vol. 47 – pp.276-284.
6. Danilecki K, Mrozik M, Smurawski P. Changes in the environmental profile of a popular passenger car over the last 30 years – Results of a simplified LCA study // Journal of cleaner production. – 2017. – Vol. 141. – pp.208-218.
7. European Automobile Manufacturers Association (ACEA). Average Vehicle Age. – 2018. – URL: <http://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age> (дата обращения 18.12.2018).
8. Herrmann C, Dewulf W, Hauschild M, Kaluza A, Kara S, Skerlos S. Life cycle engineering of lightweight structures // CIRP Annals. – 2018 – Vol. 67. – Issue – 2. – pp.651-672.
9. Jody B.J., Daniels E.J., Duranceau C.M., Pomykala J.A., Spangenberg J.S. End-of-life vehicle recycling: state of the art of resource recovery from shredder residue / Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States). – 2010. – 185 p.
10. Miller W.S., Zhuang L., Bottema J., Wittebrood A., De Smet P., Haszler A., Vieregge A. Recent development in aluminium alloys for the automotive industry // Materials Science and Engineering: A. – 2000 – Vol. 280. – Issue 1. – pp.37-49.
11. Moriwaki K. On sustainable vehicle management – A simulation study // 11th Asian Control Conference (ASCC). – 2017. – pp.485-488.
12. Puri P, Compston P, Pantano V. Life cycle assessment of Australian automotive door skins // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2009. –Vol. 14. – Issue 5. – pp.420–428.
13. Soo V.K., Compston P., Doolan M. Interaction between new car design and recycling impact on life cycle assessment // Procedia CIRP. – 2015. – Vol. 29. – pp.426-431.
14. The 9th Science and Technology Foresight — Contribution of Science and Technology to Future Society / NISTEP REPORT No.140 – 2010.
15. Wadud Z, MacKenzie D, Leiby P. Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2016 – Vol. 86 – pp.1-18.

Неволин Иван Викторович

Ключевые слова

цифровое производство, автомобилестроение, переработка отходов, совместное использование.

Nevolín Ivan, Factors for the development of the Factories of the Future

Keywords

digital production, automotive industry, recycling, sharing economy.

Abstract

Digital transformation of industry makes it possible to update the design of hi-tech products more rapidly. To support this transformation the demand side of the market should be revised. New demand must ensure enough cashflow to cover complex technology in a short time. Automotive industry serves as an example to investigate hindering factors of transformation in context. The article demonstrates how the demand side and resources support the production. But, it is recycling what is still waiting for further development. With a lack in life cycle management the digital transformation of industry faces a strong risk to transform resources in wastes faster while landfilling products for new materials.

DOI: 10.34706/DE-2018-04-05