

Машкин Аркадий Львович

канд. экон. наук, доцент

Борисов Владимир Михайлович

старший преподаватель

Борисов Юрий Владимирович

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)»

г. Москва

МЕХАТРОНИКА КАК РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИЙ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Аннотация: современная мировая экономика оказалась вовлеченной в Пятую промышленную революцию (5IR) или эпоху Индустрии 5.0 (по другим аналитическим расчетам – уже Шестую). В данной статье авторы рассматривают базовые положения данных концепций, а также пытаются представить свое виденье роли классической механики в ближайшем будущем. Основная тенденция в развитии современных технологий – это автоматизация всех видов производства с целью облегчения физического труда рабочего, повышения производительности труда, улучшения качества продукции и обеспечения массового производства товаров народного потребления в цифровой экономике [1]. Проблемы сенсibilизации роботов, разработка искусственного интеллекта и взаимодействие робота, окружающей среды и человека тесно связаны с развитием компьютерных технологий и методов математического моделирования. Классическая механика в этом цифровом мире требует актуализации, и, соответственно проблема понимания роли фундаментальных дисциплин студентами стоит перед всеми преподавателями [2].

Ключевые слова: индустриальная механика, промышленная революция, индустриальное общество, синтез междисциплинарных знаний, фундаментальные науки.

Мы еще помним, что когда-то пользовались компьютерной мышью, в основе которой было электромеханическое устройство (движение относительно шарика). В дальнейшем появились компьютерные мыши с оптической системой вместо электромеханической, и наконец – сенсорная панель у ноутбука. Другой пример – звукозапись: от фонографов до патефонов с пластинками (рис. 1), далее проигрывателей с электрическим приводом, потом магнитофоны и далее CD и наконец МПЗ-плееры, в которых полностью отсутствует движение механических элементов. В качестве примера можно привести самые обычные часы: эволюция от механических, к электромеханическим, и далее электронным, или гироскопы, когда долгое время использовались (и используются) электромеханические гироскопы, а потом вошли в обиход оптические системы, где механика уже на второстепенных ролях, и наконец полностью электронные, как в наличествующих у всех нас смартфонах. Технический прогресс остановить нельзя, так рассмотрим тот вариант будущего, где механика предстанет не устаревшей наукой, а основой современной цивилизации, т.к. развитие все-таки идет по спирали (эту философскую теорию выдвинул великий немецкий философ Георг Вильгельм Фридрих Гегель. В древности думали, что все процессы в мире повторяются и ничего нового ожидать не приходится. Об этом однозначно сказано в библейской книге Экклезиаста (глава 1) [3]). Гегель рассматривал историю как спиралевидный процесс (рис. 2), в котором человечество движется к высшей свободе, преодолевая внутренние конфликты. Его модель «тезиса, антитезиса и синтеза» предполагает, что каждый новый этап развития вбирает в себя достижения прошлого, выводя их на качественно иной уровень, и как эта концепция повлияла на философию Маркса и экзистенциализм, а также указывает на её слабые стороны: оторванность от реальности и склонность к излишней идеализации исторического пути.



Рис. 1. Звукозапись: от фонографов до патефонов

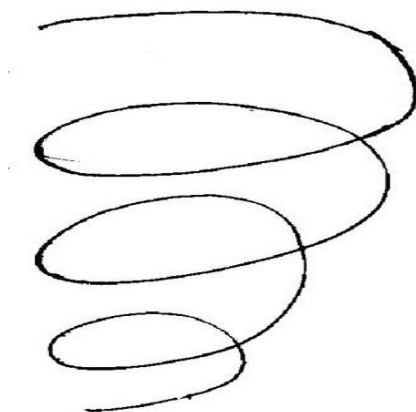


Рис. 2. Спираль Гегеля.

Четвертая промышленная революция (4IR), также известная как Индустрия 4.0, была введена в научный оборот примерно в 2011 году [4], а пятая промышленная революция (5IR), также называемая Индустрией 5.0, – в 2021 году [5]. Различие между этими двумя эпохами остается, в лучшем случае, размытым. Следовательно, отсутствие четких определений и консенсуса относительно разграничения различных эпох является проблематичным [6]. Более того, хотя «Индустрия 5.0 основывается на парадигме Индустрии 4.0, подчеркивая сотрудничество человека и машины как центральный принцип вектора развития.

Концепция Индустрии 5.0, которая подчеркивает усиление сотрудничества между людьми и машинами, еще больше подчеркивает значимость мехатроники в современной промышленности. Этот сдвиг парадигмы делает меньший акцент на одной лишь технологии и больший – на синергетическом сотрудничестве

между людьми и машинами [7]. Интеграция сложных технологий в Индустрию 5.0, или уже 6.0, таких как, робототехника и киберфизические системы, открыла новые возможности для устойчивого и жизнестойкого промышленного производства. Такой подход не только расширяет возможности промышленных систем, но и приводит их в соответствие с меняющимися потребностями общества и окружающей среды. Прогнозы относительно временных рамок перехода к Индустрии 6.0 существенно варьируются: от краткосрочной перспективы (3–5 лет) до долгосрочной (10–15 лет и более). Несмотря на то что концептуальная база еще находится в стадии разработки, в отрасли уже ведутся активные прикладные исследования и реализуются пилотные проекты [8].

И тут снова проявляется цикличность и спирали образность развития человечества. И если древнегреческая философия объединяла в себя все существующие тогда науки [9], и только потом начались деления, все более мелкие сегменты становились самостоятельными научными дисциплинами, то сейчас намечается обратный тренд на развитие мульти-комплексных дисциплин [10]. Рассмотрим спираль развития, применительно к классической механике [11].

Классическая механика (ньютоновская механика) – фундаментальная ветвь физики, изучающая движение материальных тел под действием приложенных к ним сил. Основана на законах движения, сформулированных великим английским ученым Исааком Ньютоном в его знаменитом труде «Математические начала натуральной философии» в 1687 году.

С появлением работы П.Л. Чебышева по математическим методам приближенного синтеза механизмов (1853) связывают рождение новой науки – теории механизмов и машин, а самого ученого называют основателем русской школы ТММ.

Дисциплина «теоретическая механика» как самостоятельная дисциплина появилась в 1891 году в Институте гражданских инженеров (Санкт-Петербург)

Начало развития строительной механики как самостоятельной науки относится к 20-м годам XIX века и было вызвано, в первую очередь, развернувшимся усиленным строительством мостов, шоссейных и железных дорог, плотин, судов,

промышленных зданий и высоких дымовых труб, а России строительная механика как самостоятельная дисциплина появилась в 1842 году в Строительном училище.

Прикладная механика оформилась как отдельная дисциплина около ста лет назад, когда у нее появился собственный научный журнал. Несмотря на споры о точных датах, сам процесс дробления фундаментальной науки на узкие направления остается неизменным. Сегодня, когда мир переживает очередной технологический сдвиг (эксперты до сих пор спорят, какая это по счету волна – четвертая, пятая или шестая), этот исторический процесс специализации знаний выходит на новый виток [12].

Шестой технологический уклад – это концепция будущего, где главными локомотивами экономики станут искусственный интеллект, цифровые технологии и автоматизация [13]. Суть этого уклада заключается в создании «умных» автономных систем, которые способны самостоятельно ориентироваться в пространстве и адаптироваться к меняющимся условиям. Здесь на помощь приходит кибернетика: ее классические принципы управления и работы с информацией идеально описывают логику поведения таких самоуправляемых систем.

Саморегулируемые системы – это автономные механизмы, способные адаптироваться к внешним изменениям без участия человека или при его минимальном контроле. Благодаря встроенным алгоритмам и интеллектуальным компонентам они самостоятельно корректируют свою работу. Сегодня такие системы повсеместно внедрены в технику: от навигаторов и беспилотников до медицинского оборудования (аппараты ИВЛ) и торговых алгоритмов на бирже. В будущем, с развитием кибернетики, роль таких систем станет критической: они проникнут в биологию, медицину, экологию и нанотехнологии. Их развитие приведет к колоссальному росту автономности и позволит человечеству значительно эффективнее расходовать ресурсы и энергию. И это лишь немногие примеры среди уже существующего множества самоуправляемых систем. Но в большинстве случаев они имеют техническую или информационную природу (как промышленные роботы или компьютерные программы) [14]. На завершающей фазе

кибернетической революции появится множество самоуправляемых систем, связанных с биологией и бионикой, физиологией и медициной, сельским хозяйством и окружающей средой, нано- и биотехнологиями. Число и сложность таких систем, а равно автономность их работы возрастут на порядки. Кроме того, они смогут существенно экономить потребление энергии и ресурсов.

Так причем тут теоретическая механика? А ответ лежит в новой науке, которая снова объединяет уже существующие науки, и выводит их на новый уровень.

Это наука имеет название мехатроника, в которой механика рассматривается в комплексе с электротехникой, электроникой и компьютерным управлением. Но в основе мехатроники лежит всё же механика, а остальное – «надстройка». Следует подчеркнуть, что, если нет основы – механики, нет и «надстройки».

Особую роль в развитии мехатроники играют интеллектуальные технологии и их приложения к задачам управления функциональными движениями. Механическая часть в мехатронной системе является объектом управления. Компьютерное управление мехатронными системами на основе интеллектуальных технологий позволяет с высоким качеством выполнять сложные движения в условиях изменения управляющих и возмущающих воздействий даже с неполной информацией о внешней среде.

За последние десятилетия мехатроника прошла путь от инновационной концепции до фундаментальной дисциплины, прочно закрепившись как в академической сфере, так и в промышленном секторе [15]. Данная трансформация обусловлена синергией машиностроения, электроники и компьютерных технологий, что позволило создавать высокотехнологичные решения для различных отраслей.

На начальных этапах становления мехатроника базировалась на принципах параллельного проектирования, объединяя разрозненные инженерные области в единую систему. Такой междисциплинарный подход позволил повысить адаптивность и функциональность технических решений. Важным этапом стало внедрение специализированных образовательных программ, которые способствовали

институционализации мехатроники как самостоятельного направления исследований.

Образовательная мехатроника, развившаяся из робототехники, стала ключевым инструментом подготовки кадров для условий Индустрии 4.0. Благодаря акценту на модульном проектировании и практико-ориентированном обучении, современные программы позволяют студентам осваивать навыки, необходимые для работы с передовыми промышленными системами. Именно прикладной характер обучения обеспечил широкое признание мехатроники в академической среде[16].

Мехатроника претерпела значительную трансформацию, став ключевым фактором промышленного прогресса. Ярким примером этого развития являются мобильные роботизированные комплексы, активно внедряемые лидерами отрасли для выполнения высокоточных операций в авиастроении (сверление, сборка). Эти системы объединяют передовую робототехнику, прецизионное управление и интеллектуальное ПО, что позволяет им эффективно функционировать в сложных условиях, в том числе в режиме коллаборации с человеком. Исторический путь мехатроники демонстрирует адаптивность инженерной мысли. Синтез машиностроения, электроники и IT не только породил инновационные технологии, но и трансформировал систему инженерного образования. В дальнейшем развитие мехатроники будет направлено на интеграцию новых методологий, отвечающих динамичным запросам индустрии и общества [17].

Мехатроника, синтезирующая принципы механики, электроники и компьютерных наук, является фундаментом индустриального прогресса. Будущие исследования должны сосредоточиться на решении проблем, связанных с масштабируемостью и устойчивостью мехатронных систем. Изучение потенциала мехатроники в решении глобальных проблем, таких как изменение климата и дефицит ресурсов, может стать плодотворным направлением исследований. Кроме того, необходимы дополнительные эмпирические исследования для понимания долгосрочного влияния мехатронных систем на производительность и динамику рабочей силы. Будущие исследования также должны изучить, как меняющаяся

среда мехатроники влияет на должностные обязанности, требует новых навыков и потенциально вытесняет традиционные методы труда. Кроме того, понимание баланса между автоматизацией и человеческим трудом, а также разработка стратегий, способствующих адаптации и повышению квалификации рабочей силы в ответ на мехатронные инновации, являются критически важными областями, требующими дальнейшего изучения.

Мехатроника оказывает глубокое влияние не только на промышленные приложения, но и на общество и технологии в целом. Ее роль в разработке устойчивых и эффективных систем может внести значительный вклад в усилия по охране окружающей среды. На общественном уровне мехатроника может улучшить качество жизни, повысив функциональность и безопасность потребительских товаров и услуг. В более широком технологическом контексте мехатроника служит катализатором инноваций, стимулируя разработку новых инструментов, систем и методологий, способных изменить будущее. Ещё раз хотелось бы подчеркнуть, что становление мехатроники, как новой области техники и науки, базируется на фундаментальных основах механики и на достижениях её прикладных разделов. Мы, как коллектив преподавателей, и можем, и у нас другого выхода, как влиться в данный тренд, и включить в преподаваемые дисциплины элементы этой науки.

Список литературы

1. Современные тенденции развития цифровой экономики: реалии, проблемы и влияние на финансы / под ред. И.В. Политковской, Т.А. Шпилькиной, М.А. Жидковой, М.А. Фёдоровой, В.Б. Фроловой. – М., 2019.

2. Машкин А.Л. Повышение роли фундаментальных дисциплин в системе современного высшего образования / А.Л. Машкин, Е.С. Гоголина, С.В. Глаголева // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – №84–4. – С. 131–134. DOI 10.18411/trnio-04-2022-177. EDN VUUGCD

3. Кагарманов И.А. Диалектическая спираль истории в философии Гегеля: развитие человеческой свободы через противоречия и синтез / И.А. Кагарманов, М.М. Шайсламова // Вестник науки. – 2024. – 1 дек.

4. Lasi H. Industry 4.0 / H. Lasi, P. Fettke, H.G. Kemper, T. Feld, M. Hoffmann // *Business & Information Systems Engineering*. – 2014. – Vol. 6, No. 4. – P. 239–242.
5. Boopathi S. Digital HR implementation for business growth in industrial 5.0 / S. Boopathi // *Convergence of Human Resources Technologies and Industry 5.0*. – IGI Global, 2024. – P. 1–22.
6. Селедцова И.А. Сравнительный анализ ключевых особенностей развития «Индустрии 4.0» в странах Европы, Азии, США и России / И.А. Селедцова, В.А. Никонова // *Инновации*. – 2017. – №11. EDN YRUNDZ
7. Машкин А.Л. Индустриальная механика и индустриальное общество / А.Л. Машкин, Ю.В. Борисов, В.М. Борисов // *Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы XIII Международной научно-практической конференции*. – Чебоксары, 2026. – С. 224–227. EDN OQTCJC
8. Машкин А.Л. Взаимное обучение преподавателей и студентов по принципу «peer-to-peer learning» / А.Л. Машкин, О.А. Грузинова, Ю.В. Борисов // *Социальные и педагогические вопросы образования: сборник материалов Международной научно-практической конференции*. – 2020. – С. 71–75. EDN PAKURI
9. Кедров Б.М. О синтезе наук / Б.М. Кедров // *Вопросы философии*. – 1973. – №3. – С. 77–90. EDN WDQBRF
10. Турушев М.Е. Цифровые решения в инженерии / М.Е. Турушев, Д.А. Гирник, А.Ю. Чуба // *Аграрная наука в контексте времени: сборник трудов LX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. – Тюмень, 2025. – С. 209–213. EDN AHCELV
11. Моисеев Н.Д. Очерки развития механики: учеб. пособие для ун-тов / Н.Д. Моисеев; под ред. П.М. Огибалова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961.
12. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв. = *Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XVe–XVIIIe siècle* / Ф. Бродель; пер. с фр. Л.Е. Куббеля. – М.: Прогресс, 1992. EDN CUUUMO
13. Современные тенденции развития цифровой экономики: реалии, проблемы и влияние на финансы / под ред. И.В. Политковской, Т.А. Шпилькиной, М.А. Жидковой, М.А. Фёдоровой, В.Б. Фроловой. – М., 2019.

14. Дырдина Е.В. Потенциал графических методов расчета конструкций в развитии инженерной интуиции у будущих архитекторов и строителей / Е.В. Дырдина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2025. – № 3 (247). – С. 84–94. DOI 10.25198/1814-6457-247-84. EDN LKAIBH

15. Новые педагогические парадигмы: вопросы дидактики и компетентность / М.Г. Романцов, И.Ю. Мельникова, Г.Г. Даниленкова [и др.] . – М.: Академия Естествознания, 2012.

16. Борисов С.В. Теоретическая механика: учебное пособие / С.В. Борисов. – В 2 ч. Ч. 1. Статика. Кинематика. – М., 2024. –. EDN CJXXJO

17. Борисов С.В. Методическое обеспечение при изучении теоретической механики в университете / С.В. Борисов, А.Л. Машкин // Социально-педагогические вопросы образования и воспитания: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 126–129. EDN ZGYIPD