

## К проблемам управления законами Природы. III

Пустыльников Л.М.

Германия

e-mail leonpust@gmail.com

Декабрь 30. 2020

**АННОТАЦИЯ.** Рассматриваются дальнейшие (по отношению к изложенным в статьях I и II с одноименным названием) примеры подходов к синтезу альтернативных законов физики. Обсуждаются сопутствующие принципиальные аспекты данной созидательной деятельности.

1. Альтернативы закону Кулона. Обращаясь к закону Кулона, мы можем создавать структуры (законы), полностью аналогичные тем, что рассматривались в [1] для явлений гравитации. Особенно интересны отличающиеся от случаев гравитации построения, ведущие к появлению законов отталкивания разноименных зарядов и притяжения одноименных. При этом переносятся на случай электростатического поля ряд рассуждений, приведенных в [1] для поля гравитационного. Отметим ещё, что зависимость построенных новых сил взаимодействия между зарядами от расстояния между ними также критична (и требует дополнительного анализа), как и в случае гравитационного взаимодействия между массами.

2. Альтернативы закону Ома. Приведём пример, принадлежащий А.Г.Бутковскому [1,2]. Пусть рассматривается участок цепи постоянного тока с последовательно соединёнными активными сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 1а). Если  $U$  – потенциал в точке А, то по закону Ома (закону природы)

$$I_1 = \frac{U_1 - U}{R_1} , \quad I_2 = \frac{U - U_2}{R_2} . \quad (1)$$

Но по 1-му закону Кирхгофа (опять же – закону природы)

$$I_1 = I_2 , \quad (2)$$

и тогда

$$U = \frac{\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} , \quad (3)$$

В соответствии с этой формулой при  $U_1 \neq U_2$  потенциал  $U$  в точке  $A$  никак не может равняться нулю. Например, при

$$U_2 = \kappa U_1 , \quad \kappa > 1 , \quad (4)$$

очевидно имеем

$$U \neq 0 . \quad (5)$$

Специально зафиксируем внимание на том, что запрет (5) есть следствие законов природы.

Равенство  $U = 0$ , следовательно, было бы (в рассматриваемой схеме) нарушением законов природы.

Однако, используя идею компенсации, можно построить систему управления, заданием для которой служит потенциал  $U^*$  в точке  $A$ , равный нулю, т.е. – требование  $U^* = 0$ .

Тогда ошибка регулирования  $\Delta = |U - U^*| = |U|$ , а регулятор своим управляющим воздействием на систему должен обратить её в ноль.

Таким регулятором может быть вспомогательный блок – усилитель напряжения с коэффициентом усиления  $\alpha$ , присоединённый к схеме так, как показано на рис.1б (получившуюся цепь называют «решающим усилителем» [2]).

Теперь

$$U_2 = \alpha U . \quad (6)$$

Кроме того, по 1-му закону Кирхгофа

$$I_1 + I_2 = I , \quad (7)$$

и в соответствии с законом Ома

$$I_1 = \frac{U_1 - \frac{1}{\alpha} U_2}{R_1} , \quad I_2 = \frac{\frac{1}{\alpha} U_2 - U_2}{R_2} . \quad (8)$$

Предполагается, что усилитель имеет настолько большую мощность, что потребляемый им ток  $I$  оказывается пренебрежимо малым, так что практически

$$I = 0 , \quad (9)$$

и, кроме того, имеет такой коэффициент усиления  $\alpha$ , что  $|\alpha| \gg 1$  и величиной  $\frac{1}{\alpha} U_2$  также можно пренебречь:

$$\frac{1}{\alpha} U_2 = 0 . \quad (10)$$

Тогда в силу (7) – (10) получаем, что

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1} = \kappa . \quad (11)$$

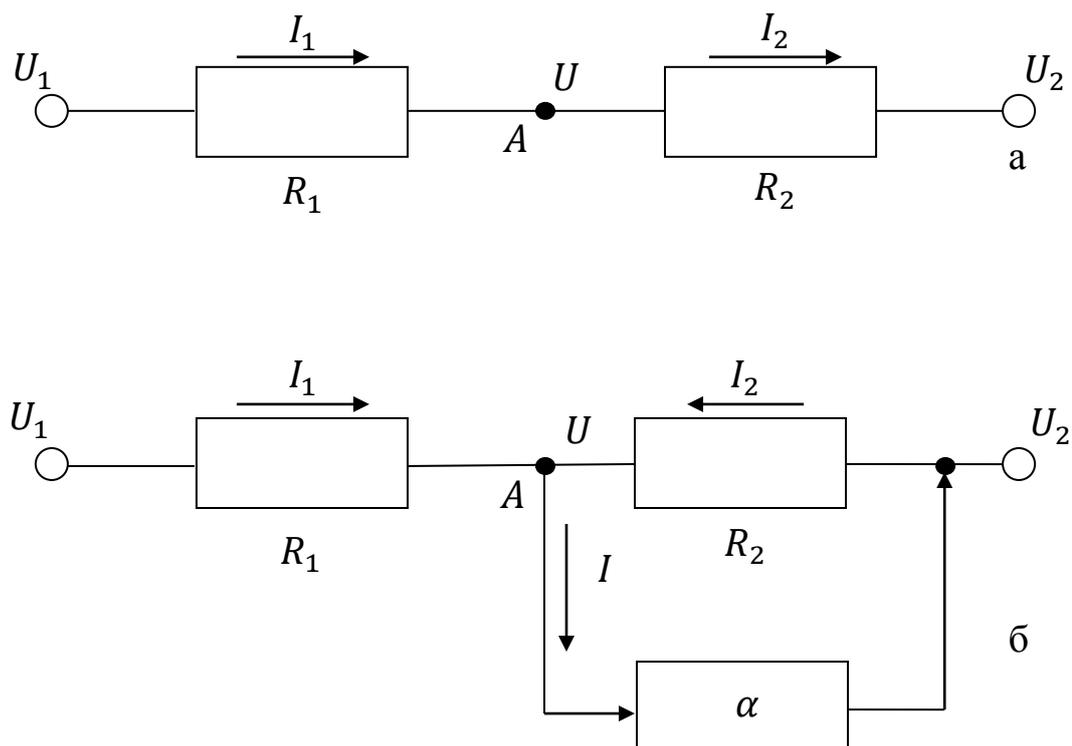


Рис. 1

В итоге мы добились двух эффектов. Во-первых – возможности усиления напряжения цепи с наперёд задаваемым коэффициентом усиления  $k$ , который легко варьируется выбором сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ . И, во-вторых, – нового значения напряжения  $U$  в точке  $A$ , которое теперь в силу (6) и (10) действительно – в отрицание (3) – стало равным нулю, т.е.

$$U = 0 \quad (12)$$

при том, что  $U_1 \neq U_2$ .

Остановимся на втором из этих эффектов. Этот эффект не вызывает удивления до тех пор пока факт подключения усилителя не является для нас секретом, и получившийся канал управления не скрыт от нас, а, наоборот, полностью наблюдаем. В связи с этим в

[2] приводится следующее ключевое рассуждение: «Если бы наша система регулирования была скрыта от наблюдения, то эффект усиления ... мог бы показаться «чудом», ибо потенциал  $U$  в точке  $A$  казался бы нулевым. Только очень чувствительные приборы, которыми мы могли в принципе не обладать, обнаружили бы, что  $U \neq 0$ , да и то могли принять это за флуктуации! С другой стороны, это «чудо» можно воспринять как новый закон природы, который, однако, обеспечивается скрытым от нас регулятором. Создавая такие регуляторы искусственно, как в приведённом примере, мы как бы продолжаем дело природы. При этом создаются новые структуры, не встречавшиеся ранее в природе.

Но законы Ома и Кирхгофа, которые мы рассматривали как законы природы, на самом деле тоже не выполняются, если использовать приборы повышенной точности. При этом наблюдаются флуктуации, которые выглядят совершенно хаотически.

«Управленческая парадигма Мира» утверждает, в частности, что и законы Ома и Кирхгофа соблюдаются постольку, поскольку «достаточно хорошо» работает регулятор, обеспечивающий их. «Достаточно хорошо» означает, что ошибка (погрешность) регулирования очень мала, а воспринимается нами при измерениях повышенной точности как хаотическая флуктуация».

Можно себе представить следующую модельную (конечно, упрощённую) картину. Внутри некоторой области нашего физического пространства-времени последовательные соединения двух резисторов снабжены рассмотренным, но скрытым,

ненаблюдаемым регулятором. Тогда закон, которому подчинялись бы такие соединения, воспринимался бы как (9), (11), (12), а не как (1), (2). Причём, со всеми «положенными» атрибутами объективного (!) закона природы, т.е. он всегда воспроизводился бы в эксперименте, независимо от субъекта, производящего опытную проверку этого закона. Перед нами был бы мир, в котором правит «сотворённый» нами новый закон (9), (11), (12), а не привычный «старый» закон (1), (2). «Обнаружение» же регулятора ничего бы не изменило. Исследователь только увидел бы («распознал», или «открыл») механизм управления, обеспечивающий новый закон. Разница только в том, что этот регулятор «встроила» не природа, а мы сами. В более сложных случаях роль регуляторов, обеспечивающих появление новых законов, могут играть создаваемые нами специальные компенсирующие поля, примеры которых нами рассматривались. С точки зрения теории управления (ещё раз скажем) – это синтез систем автоматической стабилизации, отличающихся принципиально новыми объектами сохранения: структурами, выражающими возможные (разрешённые), но не реализованные природой законы.

3. Альтернативы закону Ампера. Аналогичные искусственные конструкции структур (законов) достижимы и для пондеромоторных взаимодействий элементов постоянного тока. В соответствии с законом Ампера токи одного направления

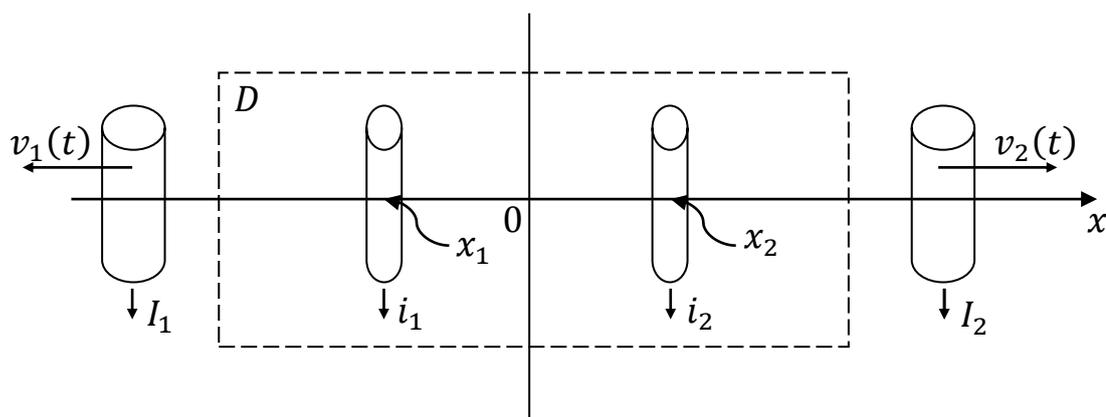


Рис. 2

притягиваются, а токи противоположных направлений отталкиваются. На рис.2 изображены четыре проводника с током, два из которых расположены внутри замкнутой области  $D$ , а два вне нее. Если в  $D$  токи в проводниках, к примеру, одного направления, то между этими проводниками возникает притяжение. Будем считать, что положения внешних по отношению к  $D$  проводников и токи  $I_1$  и  $I_2$  в них мы можем устанавливать (в каких-то пределах) сами. Воспользуемся этой свободой. Будем внутренние проводники рассматривать как управляемые, а внешние – как управляющие. Предполагаем также, что токи  $I_1$  и  $I_2$  при необходимости могут значительно превосходить  $i_1$  и  $i_2$ . Тогда, создавая токи  $I_1$  и  $I_2$  такого же направления, что и  $i_1$  и  $i_2$ , можно добиться замены притяжения внутренних токов на «отталкивание». Более того (и это, как и в предыдущих примерах, главное), управлениями  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $v_1(t)$  и  $v_2(t)$  можно, как это и диктуется УПМ, добиться постоянства получающегося закона «отталкивания», т.е. независимости его структуры от любых допустимых значений  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $x_1$  и  $x_2$ . Тем самым, исследователь, находящийся в «Мире  $D$ »,

будет наблюдать некоторый новый, созданный, закон пондеромоторного взаимодействия элементов постоянного тока. И, как и в предыдущих примерах, этот закон будет в точности воспроизводиться от одной опытной проверки к другой, и не будет зависеть от субъекта, осуществляющего наблюдение.

Вновь подчеркнём, про приведённые схемы являются крайне упрощёнными. Это, конечно, не столько готовые «рецепты», сколько иллюстрации начальных идей и направлений поиска, предварительная наводящая ориентация в целях и средствах перед переходом к только ещё предстоящим исследованиям следующего приближения. Но даже и в представленном виде данные примеры для лучшего понимания концепции должны сопровождаться некоторыми принципиальными комментариями.

4. Обеспечение устойчивости жидкого тора. Пусть объектом управления (регулирования) служит жидкий однородный вращающийся тор, а управляемой величиной – состояние этого тора. Как известно, объект, представляющий собой сплошное жидкое образование в форме тора, является фигурой равновесия. Однако, исследованиями А.Пуанкаре, А.М.Ляпунова и С.В.Ковалевской показано, что такая фигура равновесия неустойчива и практически существовать не может: раз возникнув, сплошные жидкие тор либо кольцо тут же распадутся. Этот вывод послужил, в частности, теоретическим аргументом в пользу того, что кольцо Сатурна, раз уж оно существует, не сплошное. А.А.Белопольским и другими учеными дополнительно

установлено, что кольцо Сатурна имеет метеоритное строение, т.е. действительно не является сплошным.

Итак, будем рассматривать набор физических полей в сплошном жидком торе (кольце) как управляемое состояние соответствующей распределенной системы. Цель – стабилизация жидкого кольца, т.е. – превращение распределенного неустойчивого объекта в устойчивое. Речь, стало быть, идет о создании качественно нового состояния сложной системы с распределенными параметрами.

Здесь следует заметить, что реальный перенос идей автоматического управления сосредоточенными объектами на объекты с распределенными параметрами, несмотря на имеющуюся общую концепцию [3], все равно сопряжен со значительными теоретическими и практическими трудностями. Обобщения в этом направлении оказываются существенно нетривиальными и подобные разработки ещё далеки от завершения. Тем не менее, первые впечатляющие результаты уже достигнуты.

Приведем один такой пример, причем именно для сплошного жидкого кольца.

Представим распределенное чувствительно устройство (распределенный датчик) и распределенное регулирующее устройство. Последнее предназначено для подачи распределенного воздействия на регулируемый объект – физические поля в расплавленном (!) металлическом кольце. Система замкнутая. Распределенный датчик непрерывно снимает информацию о мгновенном распределенном состоянии (физических полях) кольца,

подает ее на распределенное регулирующее устройство, которое в свою очередь, мгновенно (без запаздывания) формирует поля, компенсирующие (парирующие) любые пространственно-временные отклонения состояния кольца от заданного.

Подобная система реализована в Институте кибернетики в Киеве (авторы Ю.П.Ладиков, Ю.И.Самойленко и коллеги) на установке, подробно описанной в [4].

Что же в итоге выполняет эта распределенная система автоматической стабилизации? Алюминиевое кольцо помещается в ней в индуктор и подвешивается магнитным полем. Если обратная связь разомкнута, то при расплавлении (токами высокой частоты) кольцо в соответствии с законами физики тут же растекается и перестает существовать. Однако, при замыкании обратной связью расплавленное кольцо не исчезает, сохраняет свою форму и остается сколь угодно долго устойчивым и неподвижным! Даже при нагреве до температур порядка  $2000^{\circ}\text{C}$  не обнаруживается каких-либо протеканий.

Что же потребовалось для создания такой установки?

Для проектирования и расчета подобной системы необходимы, прежде всего, математические описания объекта регулирования и его регулятора. Но, например, изучение физических полей в расплавленном металлическом кольце (объекте регулирования) требует рассмотрения взаимосвязанных уравнений гидродинамики соответствующей вязкой жидкости (непрерывности и Навье-Стокса для электропроводной среды), уравнения молекулярной и конвективной теплопроводности и уравнений Максвелла для электромагнитного поля. Названные уравнения совместно

образуют систему уравнений магнитной гидродинамики. Несколько «проще» выглядит система уравнений, описывающая функционирование распределенного регулятора. Далее, требуется преобразовать указанные описания в таком направлении, чтобы, с одной стороны, сколько возможно их упростить, а, с другой, чтобы они продолжали отражать основные свойства объекта и регулятора. Одновременно, следует принимать во внимание и кибернетический принцип необходимого многообразия Эшби [4], который можно выразить так: ранг сложности регулятора должен быть сопоставим с рангом сложности объекта регулирования. Отметим также, что регулятор должен, помимо прочего, удовлетворять ещё и, так называемым, требованиям физической реализуемости [4]. По результатам теоретической стадии необходимо, далее, практически сконструировать соответствующую замкнутую распределенную систему. Для синтеза пространственно-распределенного регулятора авторами предложены, рассчитаны и реально созданы специальные линейные слоистые и волокнистые искусственные среды - квазиконтинуальные регулирующие структуры [4].

Работа в целом, помимо общепознавательных мотивов, ориентирована на создание новых технологий получения сверхчистых материалов и на информационное обогащение исследований, связанных с установками для термоядерного синтеза типа токамак. Основоположник теории управления системы с распределенными параметрами А.Г.Бутковский так оценил эту работу: «Если бы Нобелевская премия присуждалась за достижения в области кибернетики, я был бы за то, чтобы авторам данной разработки была эта премия присуждена».

Допустим теперь, что неподготовленный наблюдатель не посвящен, что для достижения описываемого и ясно видимого невооруженным глазом эффекта рассчитана, сконструирована и «запущена» специальная распределенная система автоматической стабилизации. И, более того, пусть наблюдению доступно только само жидкое кольцо, а стабилизирующий это кольцо регулятор скрыт от наблюдения. Тогда длительное существование висящего жидкого металлического, но, тем не менее, не растекающегося устойчивого кольца будет восприниматься наблюдателем как противоречащее законам физики чудо, как ещё неизвестное и, при этом, «запрещенное», но, тем не менее, существующее явление природы!

Подчеркнем, что качественной «переделке» здесь подвергнуто только состояние объекта. Структура же, математически отраженная в виде уравнений магнитной гидродинамики, осталась нетронутой.

5. Обсуждение. Подведем итоги. Итак, приведены 10 различных примеров рассмотрения проблем управления законами Природы – подходов к созданию законов физики, альтернативных классическим. Показано, что после включения надлежащего управляющего силового поля мы получаем новую наблюдаемую структуру (например, в виде не одиночного блока, а соединения блоков), обладающую качествами, отсутствующими в каждом из составляющих блоков в отдельности. Организуя вдобавок для устойчивого сохранения нового соединения автоматическую

систему управления с обратной связью, мы, в соответствии с УПМ, подражаем Природе. И в итоге, вместе с [1] и опираясь на приведенное [2] строгое определение термина «закон», констатируем получение нового, ненаблюдаемого ранее, закона Природы. При этом мы замечали, что если управляющее воздействие, формирующее новую структуру, каким-то образом **скрыто** от наблюдателя, то наблюдатель будет воспринимать получившийся феномен как **чудо**, противоречащее известным законам Природы, или же – как **новый** закон Природы. Обнаружение же наблюдателем дополнительного специального управляющего воздействия развенчивает эффект, утрачивая восприятие наблюдаемого нового эффекта как чуда. Возникает интригующий вопрос: можем ли мы, хотя бы умозрительно, так включить управление, синтезирующее новый закон, чтобы это управление нельзя было обнаружить в принципе? Ведь в этом случае не было бы никаких средств отличить естественный закон Природы от искусственно созданного! Вначале напомним, что мы уже встречались с, так сказать, «промежуточным» или «не полным», но «обнадеживающим» ответом на такой вопрос. Так, мы видели ситуации, когда получение информации о генераторе управляющего силового поля затруднено вследствие того, что идентификация последнего представляет собой некорректную задачу. В других случаях в силу принципа эквивалентности мы никаким экспериментом не могли различить, появилось ли управление благодаря организации ускорения или благодаря включению соответствующего силового поля. Представим себе

теперь такую картину. Новый закон в некоторой конечной пространственной области  $A$  дистанционно создается управляющим воздействием, осуществляемым с границы другой области  $B$ , существенно превосходящей  $A$  и содержащей  $A$  в себе. Если жители  $A$  пожелают убедиться в существовании (или отсутствии) изменяющего их законы искусственно создаваемого кем-то управления из  $B$ , то им или посылаемому ими сигналу пришлось бы преодолеть расстояние от  $A$  до границы  $B$  и обратно. Но это расстояние может быть столь велико, что соответствующее путешествие, даже со скоростью света, может потребовать время, превосходящего время жизни цивилизации в  $A$ . Сегодня это выглядит совершенно фантастически. Но принципиальных запретов подобного сценария, как представляется, нет.

### **Примечания:**

1. О.О.Фейгин, О.И.Золотов, Л.М.Пустыльников. Кибернетика физики. – СПб.: СПбГУТ, 2014
2. А.В.Бабичев, А.Г.Бутковский, Сеппо Похьолайнен. К единой геометрической теории управления. – М.: Наука, 2001
3. А.Г.Бутковский. Методы управления системами с распределенными параметрами. – М.: Наука, 1975
4. Ю.П.Ладиков. Стабилизация процессов в сплошных средах. – М.: Наука, 1978

