

ОПЫТ ПРОЧТЕНИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ:
ГОХМАН Х.И., “ТЕОРИЯ ЗАЦЕПЛЕНИЙ,
ОБОБЩЕННАЯ И РАЗВИТАЯ ПУТЕМ АНАЛИЗА”

В данной статье предпринята попытка проанализировать некоторые аспекты, относящиеся к основам теории зубчатых зацеплений. Изначально статья задумывалась как статья о вкладе Х.И. Гохмана в теорию зубчатых зацеплений. Внимание автора привлекло высказывание Ф.Л. Литвина о двух “основателях” теории зубчатых зацеплений, к коим он относит Т. Оливье и Х.И. Гохмана. Это послужило толчком к написанию данной статьи.

Естественным было желание выяснить, во-первых, что же все-таки отнесено к основам теории зубчатых зацеплений и, во-вторых, какие из результатов фундаментального характера были получены их основателями, в частности Х.И. Гохманом? Нельзя было пройти мимо противоречивой оценки вклада Х.И. Гохмана в учение о зубчатых зацеплениях, данной, с одной стороны, самим Гохманом, и, с другой стороны, – Ф.Л. Литвиным. Последняя без надлежащей проверки переключивается из одной публикации в другую, авторы которых либо не заинтересованы в установлении истинного положения вещей, либо попросту этим не озадачены.

По мере работы над статьей акценты в ней были расставлены иначе. Одна из причин тому: ответ на вопрос об основателях научной теории зубчатых зацеплений предполагает наличие четкого определения о том, что следует понимать под *теорией зубчатых зацеплений*. Поэтому обсуждение вопроса об основах теории зацеплений логично начать именно с определения того, что следует считать *теорией зубчатых зацеплений*.

Зубчатые колеса давно используются для передачи вращения от одного вала к другому. При передаче вращения зачастую имеет место одновременное его преобразование: изменение (а) направления вращения, и (б) частоты вращения.

Время появления первых зубчатых колес по разным источникам оценивается от 2,5 до 5 тысяч лет тому назад. По мнению автора, дата появления первого зубчатого колеса никогда не будет установлена точно, на что есть ряд причин. С одной стороны – время. Трудно представить, что первое зубчатое колесо и/или сведения о нем могли сохраниться до наших дней. Второе – что следует понимать под первым зубчатым колесом? Маловероятно, что первое зубчатое напоминало *зубчатое колесо* в современном понимании этого термина. Скорее всего имел место постепенный переход от фрикционного диска к некоему подобию зубчатого колеса. Логично предположить, что появление зубчатого колеса как элемента зубчатой передачи, было “размазано” во времени.

С момента появления первой зубчатой пары начался процесс накопления опыта изготовления зубчатых колес и применения зубчатых передач. В конечном итоге этот процесс должен завершиться разработкой *научной теории зубчатых зацеплений*. Такая теория должна давать ответ на вопрос не только о том, что уже сделано в этой области, но также и ответ на вопрос в каком направлении следует вести поиск зубчатых передач новых видов. При этом (в понимании автора данной статьи) такая теория должна базироваться на минимально необходимом объеме непротиворечивой и самодостаточной первичной информации, формирующей фундамент теории¹.

Все известные результаты, как практически полезные, так и теоретически важные, должны быть охвачены теорией, а новые результаты должны быть однозначно предска-

¹ Чем меньше первичной информации требуется для разработки теории, тем мощнее и тем более обобщает обещает быть теория. Здесь уместно вспомнить принцип “бритвы Оккама”: “*Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*” (сущностей не следует умножать без необходимости).

мы теорией и должны быть выведены из нее путем последовательного применения логически увязанных формальных процедур².

Прежде чем относить кого-либо к основателям (или со-основателем) научной теории, следует сформулировать, что же все-таки лежит (или должно находиться) в основе научной теории зубчатых зацеплений, иными словами надо определить:

a) что из себя представляет (или должна представлять) теория зубчатых зацеплений?

b) на чем теория зубчатых зацеплений основана (или должна быть основана)?

c) кто **конкретно** и что **конкретно** сделано каждым из претендующих на роль основателя/сооснователя теории зубчатых зацеплений.

Теория зубчатых зацеплений должна давать однозначный ответ не только на вопрос о том, что уже сделано, но также и на вопрос о том, что может и что должно быть сделано в области зубчатых передач. Понятно, что в таком понимании теория зубчатых зацеплений также возникает не мгновенно – этот процесс растянут во времени.

Следует констатировать, что *теории зубчатых зацеплений* в сформулированном выше смысле еще нет. Накопленные к настоящему времени сведения в этой области можно квалифицировать разве что как *учение о зубчатых передачах*. Это учение представляет собой не лучшим образом упорядоченные разрозненные и часто разобщенные фрагменты, плохо связанные между собой, не представляющие собой единое целое и не обладающее свойством “предсказания” новых научных результатов. Возможные направления поиска новых видов зубчатых зацеплений не могут быть выведены из учения о зубчатых передачах в современном его виде.

Можно ли с уверенностью утверждать, что *все* возможные виды зубчатых передач уже известны? Нет, в настоящее время так утверждать нельзя. Можно ли на основе известных “теорий зубчатых зацеплений” предсказать возможность существования новых видов зубчатых зацеплений? Нет, сделать это сейчас невозможно. Как же найти на основе известных “теорий” эти неизвестные “эка-бор” (скандий), “эка-алюминий” (германий), “эка-силициум” (галлий) и прочие? Можно с уверенностью утверждать, что полезность известных “теорий” для этих целей по меньшей мере сомнительна.

Обсуждение вопроса о возможности разработки *научной теории зубчатых зацеплений*, логично начать с изучения того, что в этом направлении сделано предшественниками. Особый интерес в этом отношении представляют ранее выполненные исследования, которые претендуют (или могут претендовать) на место в фундаменте теории. Фундамент теории должен быть сформирован исключительно строго и на достоверной самодостаточной исходной информации. Нельзя построить здание научной теории, если в основу положены ложные представления³. Изучение опубликованных источников показывает, что работ такого рода мало.

Оставим на будущее попытку дать даже приблизительную оценку того, начиная с какого момента (или начиная с какого промежутка времени) можно вести речь о началах теории зубчатых зацеплений. Остановимся на одной из первых важных публикаций по этому вопросу. Речь идет о магистерской диссертации *Х.И. Гохмана* [1], изданной в Одессе в 1886

² Хорошим примером самодостаточной научной теории, по мнению автора, является теория химических элементов, разработанная Д.И. Менделеевым. Менделеев Д.И. является автором (*a*) периодического закона, и (*b*) периодической таблицы химических элементов. К этому следовало бы добавить, что Д.И. Менделеев является автором (или, по крайней мере, одним из соавторов) *научной теории химических элементов*. Теория Д.И. Менделеева в конечном итоге сводится к периодическому закону и разработанной на его основе *Таблице*. Сама теория химических элементов (на которую Д.И. Менделеев может быть и не претендовал) основана на экспериментальных данных, глубоко осмысленных и корректно интерпретированных.

Пример с *Таблицей* Менделеева в данном случае удобен тем, что предложенная Д.И. Менделеевым теория не громоздка, наглядна, понятна многим неспециалистам и, вместе с тем обладает всеми качествами полноценной научной теории.

Разработанная Д.И. Менделеевым теория позволила не только систематизировать известные к тому времени химические элементы, но и предсказать существование и основные свойства впоследствии открытых новых химических элементов, таких как “эка-бор” (скандий), “эка-алюминий” (германий), “эка-силициум” (галлий) и прочие. Теория химических элементов Д.И. Менделеева – это наглядный пример самодостаточной *научной* теории.

Менделеев Д.И. утверждал: “Периодическому закону не грозит разрушение, а обещаются только надстройка и развитие”. Таким свойством обладает каждая научная теория.

³ Важно помнить, что “Начало истины состоит в том, чтобы называть вещи своими именами” (Древняя китайская поговорка).

году. Начать обсуждение вопроса о возможных основах теории зубчатых зацеплений именно с анализа магистерской диссертации *Х.И. Гохмана* представляет научный интерес, в частности, потому, что:

Первое: Некоторые исследователи относят *Х.И. Гохмана* к основоположникам теории зубчатых зацеплений.

Второе: Несмотря на то, что имя *Х.И. Гохмана* известно многим специалистам по зубчатым зацеплениям, ни один из тех, с кем автору довелось обсуждать вопрос об основах теории зубчатых зацеплений, не мог внятно сформулировать, что же все-таки сделано *Х.И. Гохманом* в этой области? Дальше общих фраз такие дискуссии не продвинулись.

Третье: Изданная еще в XIX столетии диссертация *Х.И. Гохмана* [1] является редким изданием, малодоступным большинству специалистов. Экземпляр диссертации имеется, пожалуй, в единственной библиотеке⁴. Сложилось парадоксальное положение: первоисточник, претендующий на фундаментальность, практически не знаком специалистам и малодоступен большинству исследователей, которые могли бы дать квалифицированную оценку вклада *Х.И. Гохмана* в развитие теории зубчатых зацеплений.

Перечень причин того, почему магистерская диссертация *Х.И. Гохмана* заслуживает внимательного прочтения и анализа может быть продолжен.

Автору неизвестны опубликованные научные работы, в которых был бы дан научный анализ вклада *Х.И. Гохмана* в теорию зубчатых зацеплений: как в создание основ теории, так и в ее развитие.

Какое место отведет история работе *Гохмана* [1]? Эти и другие причины научно-го характера⁵ послужили причиной для внимательного изучения первоисточника [1]. Ниже конспективно изложена позиция автора по обсуждаемому вопросу.

На рис. 1 приведена фотография титульной страницы диссертации *Х.И. Гохмана* [1].

Магистерская диссертация *Х.И. Гохмана* состоит из пяти глав (рис. 2)

Глава 1. Основные уравнения.

Глава 2. Обратные задачи. Решение практических вопросов в общем виде.

Глава 3. Пространственные скользящие зацепления.

Глава 4. Катящиеся зацепления.

Глава 5. Плоские и сферические зацепления.

Изучение работы [1] показало, что гл. 1 – это основа диссертации *Х.И. Гохмана*. Именно в первой главе обсуждаются главные научные результаты общего характера, исследованию которых посвящена диссертация. В остальных главах детально излагаются частные вопросы, иллюстрирующие подход, изложенный в первой главе.



Рис. 1. Титульная страница магистерской диссертации *Х.И. Гохмана* “Теория зацеплений: обобщенная и развитая путем анализа”, Одесса, 1886 [1]

⁴ Экземпляр диссертации *Х.И. Гохмана* [1] имеется в Одесской областной научно-технической библиотеке. Автор пользуется сканированной копией с этого экземпляра. Другие библиотеки, хранители этой книги, автору не известны.

⁵ История науки и техники – это так же важно, как и сами научные и технические достижения.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Стр.

Предварительныя замѣчанія 1—5

ГЛАВА I.
Основные уравненія.

§§ 1—5. Общий способ Оливье; аналитическое развитіе способа Оливье; формулы переменныхъ координатныхъ осей и уравненія, получаемыя изъ нихъ 5—17

§ 6. Условія линейчатого, точечнаго и невозможнаго зацепленія 17—20

§ 7. Обобщеніе уравненій 20—24

§ 8. Упрощеніе уравненій 24—26

§ 9. Свойства общей нормали 27—28

§ 10. Плоскость касъ вспомогательная поверхность 28—32

§ 11. Плоскія зацепленія въ общемъ видѣ 32—33

§ 12. Практическій способъ Willis'а 33—37

§ 13. Способъ эквидистантъ 38

§ 14. Автоматическій способъ; машины 38—39

ГЛАВА II.
Обратныя задачи. Рѣшеніе практическихъ вопросовъ въ общемъ видѣ.

§ 15. По данной абсолютной кривой касанія (L) опредѣлить сопряженныя поверхности 39—41

§ 16. Способъ касательныхъ плоскостей 41—43

§ 17. Рядовыя колеса 43—45

§ 18. Элементы дугъ кривыхъ касанія и разлчные углы 45—48

§ 19. Движеніе при катаніи и при скользяніи 48—58

§ 20. Катящиеся зацепленія; его условія 58—61

§ 21. Аналитическое выраженіе условій катанія и прямого скользяніи 61—70

§ 22. Линейчатыя катящиеся зацепленія; ихъ неосуществимость 70—72

§ 23. Относительное расположеніе поверхностей зубцовъ; предѣлы и *мінімум* числа зубцовъ 72—89

ГЛАВА III.
Пространственныя скользящія зацепленія.

Стр.

§ 24. Развертывающіеся геликоиды 89—120

а) Точечное зацепленіе 89

б) Линейчатое зацепленіе 100

Предѣлы угла β и расстоянія D ; размеры и число зубцовъ 104

Линейчатое зацепленіе для осей, лежащихъ въ одной плоскости 117

§ 25. Эпиклоидальное и двойное цѣлочное зацепленіе 121—139

Размеры и установка колесъ въ цѣлочномъ зацепленіи 133

§ 26. Безконечный винтъ 139—156

1) Линейчатое зацепленіе 139

2) Точечное зацепленіе 143

ГЛАВА IV.
Катящіяся зацепленія.

I. Чистое катаніе.

§ 27. Параллельныя оси; безконечный винтъ 156—160

§ 28. Пересекающіяся оси 160—168

§ 29. Цилиндрическія сопряженныя поверхности для параллельныхъ осей 168—174

II. Угловое катаніе.

§ 30. Развертывающіеся геликоиды 175—178

Эпиклоидальное зацепленіе 178

Безконечный винтъ 179

Автоматическій способъ.

§ 31. Катящиеся зацепленія, получающіеся механическимъ путемъ при помощи треугольнаго винта 179—197

Частные случаи (чистое катаніе).

а) Параллельныя оси 192

б) Пересекающіяся оси 194

ГЛАВА V.
Плоскостныя и сферическія зацепленія.

§ 32. Плоско-цилиндрическія зацепленія; общія формулы и уравненія 197—202

§ 33. Развертывающіяся круга 202—208

§ 34. Циклическія кривыя 209—217

§ 35. Сферически-коническія зацепленія; общее влѣдствіе 218—221

§ 36. Сферическая эвольвента; сферическая эпиклоида 221—225

§ 37. Практическій приемъ для полученія катящихся зацепленій между параллельными и пересекающимися осями; необходима поправка 225—229

Примѣчаніе къ § 30 229

Рис. 2. Оглавление магистерской диссертации Х.И. Гохмана “Теория зацеплений: обобщенная и развитая путем анализа”, Одесса, 1886 [1]

Для оценки результатов, приведенных *Х.И. Гохманом* в работе [1], следовало бы подробно рассмотреть все более или менее значимые результаты, приведенные в первой главе этого труда. *Гохман Х.И.* существенно облегчил выполнение этой задачи, заявив, (с. 7 в [1]) что: “Предлагаемый здесь аналитический метод решения задачи о зацеплениях заключается в приведении в исполнение способа Оливье, пользуясь средствами аналитической геометрии” (рис. 3). Иными словами, в самом начале своего труда *Х.И. Гохман* подчеркивает, что он не претендует на создание новой концепции, которой у него попросту нет. Сущность исследования *Х.И. Гохмана* осталась прежней, как это сформулировано у *T. Olivier* [2]. *Гохман Х.И.* изложил **известные результаты**, применив для этого **известные методы** аналитической геометрии и не претендует на принципиальную новизну приведенных в диссертации результатов.

3. Предлагаемый здѣсь аналитическій методъ рѣшенія задачи о зацѣпленіяхъ заключается въ приведеніи въ исполненіе способа Оливье, пользуясь средствами аналитической геометріи.

Рис. 3. К оценке *Х.И. Гохманом* результатов своих научных исследований (с. 7 в [1])

Сказанного достаточно для того, чтобы утверждать: Принципиально новых результатов фундаментального характера в диссертации *Х.И. Гохмана* нет (он их не получил и сам на принципиальную новизну своей работы не претендует); новых аналитических методов для исследования кинематики и геометрии зацеплений *Х.И. Гохман* не разработал. Он использовал **известные методы** аналитической геометрии по их прямому назначению.

Из изложенного следует еще один важный вывод: само название диссертации *Х.И. Гохмана* “Теория зацеплений, обобщенная и развитая путем анализа” [1] некорректно, поскольку ни обобщения теории, ни ее развития у *Х.И. Гохмана* нет. На этом следует акцентировать внимание особо, т.к. название диссертации вводит читателя в заблуждение, особенно в случаях, когда имеет место знакомство с диссертацией не по первоисточнику, а через вторичные источники информации, добросовестность авторов которых (как показывает опыт) бывает, по меньшей мере, сомнительна.

В последующих главах *Х.И. Гохман* использует аналитический подход к описанию преобразований координат (см. с. 11, с. 27). Используемые им уравнения преобразования координат представлены в явной форме – матрицы в то время только-только входили в обиход⁶.

На страницах 33, 35, 37 и др. обсуждается метод *Виллиса* (рис. 4). Общий метод *T. Olivier* применяется для разработки машины (с. 38, с. 43 и др.), предназначенной для вычерчивания/вырезания зубьев колес (рис. 5).

§ 12. Практический способ *Willis'a*.

Уравненіе (62) даетъ прямо искомыя сопряженныя кривыя, при чемъ различіе ихъ формъ зависитъ исключительно отъ про-

Рис. 4. К использованию *Х.И. Гохманом* способа *Willis'a* (с. 33 в [1])

Корректно делается акцент на том, что нового в учение о зубчатых зацеплениях привнесено автором [1]. В качестве примера можно указать на предложенный *Х.И. Гохманом* метод касательной плоскости (рис. 6).

На с. 229 *Х.И. Гохман* ставит под сомнение достоверность одного из частных результатов, ранее полученных *T. Olivier* (рис. 7). Из-за отсутствия доступа к работе *T. Olivier* [2], у автора данной

⁶ Понятие матрицы впервые появилось в середине XIX века в работах *У. Гамильтона* и *А. Кэли*.

статьи не было возможности проверить достоверность ни результата, полученного *T. Olivier*, ни доводов *Х.И. Гохмана* по этому вопросу. Принимая во внимание, что в данном случае речь идет об одном **частном результате**, затрагивающем полученные *T. Olivier* принципиальные научные результаты, высказанные *Х.И. Гохманом* доводы не уменьшают важность работы *T. Olivier* [2].

§ 14. Автоматический способ, машины.

На основаніи общаго способа Оливье можно устроить машины для вырѣзыванія зубцовъ. Укажемъ главное ихъ основаніе.

Рис. 5. К использованию *Х.И. Гохманом* способа *Olivier* (с. 38 в [1])

Следует отметить, что диссертация *Х.И. Гохмана* [1] изобилует ошибочными представлениями, многие из которых до настоящего времени встречаются в научной литературе по зубчатым зацеплениям.

§ 16. Способъ касательной плоскости (новый способъ).

Бъ условіямъ предыдущей задачи можно прибавить еще одно: одна изъ поверхностей, положимъ Φ , также дана. Вообще,

Рис. 6. Разработанный *Х.И. Гохманом* способ касательной плоскости (с. 41 в [1])

В свете кратко изложенных результатов выполненного анализа магистерской диссертации *Х.И. Гохмана*, оценка этой работы другими авторами представляется, по меньшей мере, тенденциозной. В этом отношении в первую очередь следует обратить внимания на утверждения, приведенные в следующих трех цитатах из работы [3]:

1. На с. 1 в [3] читаем: “*Olivier (1842) and Gochman (1886) developed the basic ideas underlying the conjugation of gear tooth surfaces and their generation. N.I. Kolchin (1949) applied Gochman’s ideas to development the geometry of modern gear drives*” [*Оливье (1842) и Гохман (1886) разработали основные идеи, лежащие в основании зацепления боковых поверхностей зубьев колес и их формообразования. Колчин Н.И. (1949) применил идеи Гохмана к развитию геометрии современных зубчатых передач*] (рис. 8).

2. Далее (рис. 9), аналогичное высказывание встречается на с. 101 в [3]: “*The pre-soviet period of the theory of gearing concerns the research of Dr. Chaim I. Gochman, a distinguished Russian scientist who deserves the title “the founder of the analytical theory of gearing”*”.

Theodore Olivier and Chaim Gochman, two great scientists, developed the foundation for the theory of gearing. Olivier introduced the idea of the generation of conjugate surfaces as the enveloping process and applied the concept of an auxiliary surface as the intermediate generating surface. In modern terms, the intermediate surface is called the tool surface. He also considered the gear tooth surfaces to be the envelopes to the auxiliary surfaces, and he discovered the way to provide the conditions for line contact and point contact of the generated surfaces of gears. However, Olivier insisted that the theory of gearing was exclusively the subject of projective geometry”.

[С досоветским периодом теории зубчатых зацеплений связано имя д-ра Хаима И. Гохмана, выдающегося русского ученого, заслуживающего быть названным “основатель аналитической теории зубчатых зацеплений”.

Теодор Оливье и Хаим Гохман, два великих ученых, разработали основы теории зубчатых зацеплений. Оливье ввел идею образования сопряженных поверхностей в процессе огибания и приме-

нил концепцию вспомогательной поверхности как промежуточной генерирующей поверхности. В современном толковании, промежуточная поверхность называется инструментальной поверхностью. Он также рассматривал поверхность зубьев колеса как огибающую вспомогательной поверхности, и открыл путь обеспечения линейного и точечного касания формообразуемых поверхностей колес. Однако Оливье настаивал на том, что теория зубчатых зацеплений является предметом исключительно проективной геометрии].

Отсюда слѣдуетъ, что Olivier, устраивая свои катящіяся зацѣпленія по условію (89), долженъ былъ бы принять во вниманіе еще второе условіе, вытекающее изъ (89a). Но онъ нигдѣ не упоминаетъ объ этомъ. Поэтому данныя имъ катящіяся системы для косыхъ осей невѣрны.

Рис. 7. Обсуждение достоверности одного из частных результатов, ранее полученных Т. Оливье (с. 229 в [1])

3. И еще один фрагмент (рис. 10), заслуживающий быть упомянутым в этой связи: “Gochman, while confirming the indisputable contribution of Olivier, opposed his statement relating the theory of gearing to projective geometry. By developing analytical methods, he translated the theory of gearing to analytical and differential geometry, releasing it from the constraints of projective geometry. His additional contribution was based on the possibility of determining the instantaneous line of contact of enveloping surfaces in any reference system, not only in the system of the driven gear as was determined previously”. [Подтверждая неоспоримый вклад Оливье, Гохман возражал против отнесения теории зубчатых зацеплений к проективной геометрии. Разработав аналитические методы, он перенес теорию зубчатых зацеплений в область аналитической и дифференциальной геометрии, освободив ее от ограничений, накладываемых проективной геометрией. Его дополнительный вклад основан на возможности определения мгновенной линии контакта огибаемых поверхностей в любой системе координат, а не только в системе координат ведомого колеса как было до того].

Утверждения, во многом аналогичные приведенным выше, опубликованы в работе под редакцией профессора В.И. Гольдфарба [5]. Эти неверные утверждения могут и будут распространяться дальше, если не внести ясность в обсуждаемый в данной статье вопрос.

Сравнивая приведенные выше три цитаты из [3] с тем, о чем писал по этому поводу сам Х.И. Гохман [1], следует заключить, что:

- (a) Гохман не является разработчиком основных идей, лежащих в основании учения о зубчатых передачах;
- (b) Литвин Ф.Л., по меньшей мере, лукавит, утверждая, что “Пионерская работа Гохмана опережала свое время”. Работа [1] не является пионерской. Что же касается утверждения, что она “опередила свое время”, читателю предлагается попробовать самостоятельно ответить на вопрос, какие же из научных результатов, полученных Х.И. Гохманом, используются в настоящее время, т.е. по прошествии более чем 125 лет со времени опубликования диссертации [1]?
- (c) Колчин Н.И. (1949) не применял идеи Гохмана к развитию геометрии современных зубчатых передач, т.к. **новых** идей в работе [1] нет (нечего было заимствовать); использованные Н.И. Колчиным формулы преобразований координат известны до появления работы Х.И. Гохмана [1];

celebrate his achievements. Olivier (1842) and Gochman (1886) developed the basic ideas underlying the conjugation of gear tooth surfaces and their generation. N.I. Kolchin (1949) applied Gochman's ideas to develop the geometry of modern gear drives.

Рис. 8. Оценка Ф.Л. Литвиным вклада Т. Оливье, Х.И. Гохмана и Н.И. Колчина в учение о зубчатых передачах (с. 1 в [3])

- (d) Нет убедительных оснований считать *Х.И. Гохмана* “основателем *аналитической теории зубчатых зацеплений*”. Не ограничиваясь высказыванием собственного мнения, автору [3] следовало бы обосновать свою точку зрения. Это утверждение вызвало бы меньше нареканий, если бы акцент делался на том, что *Х.И. Гохман* является “... основоположником *аналитической теории зубчатых зацеплений на русском языке*”.
- (e) Если, например, некто Иванов найдет новый способ доказательства теоремы Пифагора, вряд ли этого будет достаточно для того, чтобы называть эту теорему *теоремой Пифагора-Иванова*. Аналогично этому, изложение аналитически известных результатов, ранее полученных *T. Olivier* методами проективной геометрии, не может служить основанием для того, чтобы считать *Х. Гохмана* основоположником теории зубчатых зацеплений.
- (f) Отнесение учения о зубчатых зацеплениях либо к проективной геометрии, либо к аналитической геометрии не играет принципиального значения. Утверждение, что результаты *T. Olivier* относятся к проективной геометрии, а не к теории зубчатых зацеплений несостоятельно. При таком подходе работу *Х.И. Гохмана* следует отнести к области аналитической геометрии, что, конечно же, бессмысленно. Теория зубчатых зацеплений появилась не на пустом месте – она выделилась (точнее, она выделяется) из теории механизмов и машин. Последняя, в свою очередь, выделилась из прикладной механики и т.д. Этот перечень можно продолжить и таким путем добраться вплоть до натуральной философии. Так что делать упор на то, к какой области знаний отнести тот или иной научный результат, неправомерно⁷.
- (g) При самом пристальном прочтении диссертации [1], автору не удалось найти, где бы *Х.И. Гохман* “... *возражал против отнесения теории зубчатых зацеплений к проективной геометрии*”.
- (h) Аналитических методов, которые можно было бы квалифицировать как новые методы теории зубчатых зацеплений, *Х.И. Гохман* не разработал. Он по прямому назначению использовал известные методы аналитической геометрии, не создав на их основе особых методов, учитывающих специфику зубчатых зацеплений.
- (i) Определение мгновенной линии контакта в разных системах координат (а не только в системе координат ведомого колеса как было до того) является рутинным и не может быть квалифицировано как научный результат фундаментального значения

Из сказанного следует заключить, что (i) либо автор работы [3] не знаком с диссертацией *Х.И. Гохмана* (что маловероятно), (ii) либо он сознательно передергивает факты – другого пояснения к приведенному утверждению у автора данной статьи нет.

Нельзя злоупотреблять тем, что далеко не все исследователи отслеживают правильность ссылок в [3], и знакомы с очень редкими и малодоступными первоисточниками [1]. Высказанное в работе [3] субъективное мнение ничем не подкреплено – высказано всего лишь мнение, и не более того. Другими специалистами это мнение не было оценено критически и с момента опубликования это ложное мнение переключивается из одного издания в другое [5] и др., вводя в заблуждение читателя, не имеющего доступа к первоисточнику.

Какие же из научных результатов, полученных *Х.И. Гохманом* в области теории зубчатых зацеплений, могут остаться в фундаменте строящейся теории зубчатых зацеплений? Что из полученного *Х.И. Гохманом* может быть использовано (и используется) в настоящее время? В чем “*сухой остаток*” его теории? Можно ли назвать некие “теорему *Гохмана*”, “неравенство *Гохмана*”, “закон *Гохмана*”, “константу *Гохмана*”, “метод *Гохмана*” “критерий *Гохмана*” и т.п.? Нет, этого сделать нельзя. В диссертации [1] попросту нет новых научных результатов фундаментального характера.

⁷ Пусть кто-либо из читателей попытается однозначно определить границу, разделяющую одну область знаний от другой, да и само понятие “область знаний” является условным и следует избегать его употребления в научной дискуссии.

The pre-Soviet period of the theory of gearing concerns the research of Dr. Chaim I. Gochman, a distinguished Russian scientist who deserves the title “the founder of the analytical theory of gearing.”

Theodore Olivier and Chaim Gochman, two great scientists, developed the foundation for the theory of gearing. Olivier introduced the idea of the generation of conjugate surfaces as the enveloping process and applied the concept of an auxiliary surface as the intermediate generating surface. In modern terms, the intermediate surface is called the tool surface. He also considered the gear tooth surfaces to be the envelopes to the auxiliary surface, and he discovered the way to provide the conditions for line contact and point contact of the generated surfaces of gears. However, Olivier insisted that the theory of gearing was exclusively the subject of projective geometry.

Рис. 9. Еще об оценке Ф.Л. Литвиным вклада Т. Olivier и Х.И. Гохмана в учение о зубчатых передачах (с. 101 в [3])

Значит ли это, что магистерская диссертация Х.И. Гохмана не оказала влияния на развитие учения о зубчатых передачах и оказалась бесполезной? Нет, нельзя. Автор придерживается точки зрения, что магистерская диссертация Х.И. Гохмана была явлением, и, безусловно, оказалась полезной для своего времени. Сделанное Х.И. Гохманом со временем “растворилось” в исследованиях, выполненных другими исследователями. Автор не видит оснований для того, чтобы считать Х.И. Гохмана одним из основоположников (совместно с *Theodore Olivier*) теории зубчатых зацеплений. Принципиально нового к тому, что ранее было сделано Т. Olivier, Х.И. Гохман не добавил. Исследование, выполненное Т. Olivier [2], и исследование, выполненное Х.И. Гохманом [1], это своего рода “картина (оригинал картины)” и “копия картины”, пусть даже и написанной иными красками.

Gochman, while confirming the indisputable contribution of Olivier, opposed his statement relating the theory of gearing to projective geometry. By developing analytical methods, he transferred the theory of gearing to analytical and differential geometry, releasing it from the constraints of projective geometry. His additional contribution was based on the possibility of determining the instantaneous line of contact of enveloping surfaces in any reference system, not only in the system of the driven gear as was determined previously.

Рис. 10. И еще об оценке Ф.Л. Литвиным вклада Т. Olivier и Х.И. Гохмана в учение о зубчатых передачах (с. 101 в [3])

Можно оставить без внимания опубликованные мнения Ф.Л. Литвина [3]. В.И. Гольдфарба [5] и др., и не выяснять мотивы таких выступлений в печати. Но нельзя мириться со сложившимся положением вещей в изложении основ учения о зубчатых зацеплениях и истории его развития. История развития учения о зубчатых передачах должна базироваться исключительно на достоверной информации. В противном случае, неясно, где и когда допущенные некорректности в изложении основ теории себя проявят (а проявят они себя обязательно и, как это обычно бывает, в самый неподходящий момент).

Известно [6], что в Новороссийском университете теорией зубчатых механизмов занимались В.Н. Лигин, Х.И. Гохман и В.И. Альбицкий. В частности, В.И. Лигин разработал (1874) первую классификацию как существующих, так и не существующих, но теоретически возможных видов зубчатых колес на основе их характеристических параметров. Он также известен как автор новаторских работ в области геометрии и ее приложений к решению задач механики, кинематики в частности. Лигин В.Н. был научным руководителем Х.И. Гохмана по магистерской диссертации.

К сожалению, ни автор работы [3], ни научный редактор работы [5], не сочли нужным остановиться на роли *В.Н. Лигина*⁸ (1846-1900) и его влиянии на выполненное *Х.И. Гохманом* исследование. Значит ли это, что исследование *Х.И. Гохмана* появилось на ровном месте и роль научного руководителя его магистерской диссертации не заслуживает внимания?

Возможно, более детальное исследование (будь оно проведено) позволит пролить свет на детали научного творчества *Х.И. Гохмана*. Однако на основании опубликованных к настоящему времени сведений делать вывод о том, что *Х.И. Гохман* является соразработчиком основ теории зубчатых зацеплений нельзя.

Подводя итог изложенному выше, следует констатировать, что имело место и продолжает иметь место постепенное аккумулятивное знание, первоначально только практического характера, затем – отдельных теоретических результатов. Имел место период интенсивных исследований зубчатых зацеплений методами дифференциальной геометрии, в течение которого было получено немало новых результатов, в т.ч. и таких, которые будут использоваться в теории. Вместе с тем, стройной и законченной теории зубчатых зацеплений (полной или хотя бы потенциально полной) [т.е. от постулатов и до конкретных зубчатых пар] до настоящего времени нет. Сделанное до настоящего времени и опубликованное под названием “*Теория зубчатых зацеплений*” представляет собой худо-бедно систематизированные сведения о том, что уже сделано. Это своего рода “лоскутное одеяло”, а не полноценная научная теория, которая является руководством к действию. Известные варианты теории зубчатых зацеплений не являются теорией в сформулированном выше понимании этого термина. Работам подобного рода больше соответствует название “*Учение о зубчатых зацеплениях*”, а не “*Теория зубчатых зацеплений*”.

Изучение опубликованных материалов по зубчатым передачам показывает, что в настоящее время даже не очень видно с какого конца можно подойти к решению этой проблемы – проблемы разработки *научной теории зубчатых зацеплений*.

Есть основания предположить, что требуемая кинематика относительного движения ведущего и ведомого валов может служить тем отправным пунктом, отталкиваясь от которого удастся построить стройную *научную теорию зубчатых зацеплений*. Автор придерживается точки зрения, что сначала будет разработана кинематико-геометрическая часть теории зубчатых зацеплений, которая впоследствии будет дополнена физическими компонентами теории: (а) динамикой зубчатых зацеплений, (б) вопросами трибологии, изнашивания и смазки, (с) прочностью зубчатых колес и пр. Иными словами,

Кинематика → Геометрия → Синтез

– это может послужить *mainstream*™ мом при разработке *научной теории зубчатых зацеплений*. В пользу такого подхода свидетельствует то, что в этом случае появляется возможность разработки научной классификации зубчатых зацеплений. Любая полноценная научная теория по сути сводится к научной классификации.

⁸ «...Из моих близких товарищей, ..., был Лигин, ... человек, выдающийся, оставивший о себе память...» [Граф С.Ю. Витте, Воспоминания, Изд-во «Слово», Берлин, 1923 г., стр. 61 – 62, гл. V.] – http://www.hrono.ru/biograf/bio_l/ligin_vn.html

Лигин Валерьян Николаевич (1846 г. – 1900 г.) – доктор технических наук (механика). Отец, – врач из иностранцев - немец, врач при дворе Императора Николая I (фамилия, имя неизвестны). Мать, – некая Козлова, любимая фрейлина Александры Федоровны, – жены Императора. Не желая выходить за врача замуж и, вместе с тем, ожидая родов, Козлова, уехала в Одессу, где у нее и родился сын.

В университете мы все знали его «...под фамилией Козлова; все время, пока он был студентом, он был нам известен, как «Козлов», но, при окончании курса, сделалось известным, что ему дали аттестат, где его назвали Лигиным. (Если перевернуть это слово Лигин, то выйдет «nihil», т. е. «ничей») ... <...> ...Лигин отличался среди студентов тем, что отлично знал языки...».

Работая в Новороссийском университете около 25 лет «...Лигин создал, можно сказать, особую школу русских ученых, занимающихся преимущественно кинематикой и сродными с ней науками: многие его ученики теперь состоят профессорами, как напр. Занчевский, Гохман, Зелигер и др.

<http://www.rulex.ru/01120355.htm>

http://www.onu.edu.ua/?type=ru&action=imem_theor_mech

http://www.emomi.com/history/mechanics_odessa/university/theormech.htm

Автор открыт к участию в конструктивной дискуссии по поднятому в статье вопросу. Единственным требованием к потенциальным участникам дискуссии является их знакомство с работой *Х.И. Гохмана* [1]. Желаящие принять участие в такой дискуссии могли бы начать свое выступление, например, таким заявлением: “Я знаком с магистерской диссертацией *Х.И. Гохмана* настолько, что готов квалифицированно судить о вкладе *Х.И. Гохмана* в учение о зубчатых зацеплениях”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гохман Х.И.** Теория зацеплений, обобщенная и развитая путем анализа. – Одесса, 1886. – 229 с. (с приложениями).
2. **Olivier, T.**, *Théorie Géométrique des Engrenages destinés à transmettre le mouvement de rotation entre deux axes ou non situés dans un même plan*, Bachelier, Paris, 1842.
3. **Litvin, F.L.**, *Development of Gear Technology and Theory of Gearing*, NASA Reference Publication 1406, ARL-TR-1500, 1997, 114 p.
4. **Колчин Н.И.** *Аналитический расчет плоских и пространственных зацеплений*. М. –Л.: Машгиз, 1949. – 210 с. (Диссертация защищена при ЛПИ).
5. **Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения**, Сборник докладов научно-технической конференции. Под ред. Засл. деятеля науки РФ, д.т.н., профессора В.И. Гольдфарба (Ижевск, 3-5 декабря 2008 года), Ижевск, 2008. -395с.
6. **Вовкотруб Ю.М.**, *Історія розвитку прикладної механіки в Україні в ХІХ – першій половині ХХ ст.* – Автореферат дис. ... канд. історичних наук, Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г.М. Доброва (Черкаський державний технічний університет), Київ. 2006. – 22 с.

Поступила в редакцію 14.09.2010

ОТ РЕДАКЦИИ

По согласованию с автором статьи редакция разместила копию диссертации Х.И. Гохмана по адресу http://tmm.spbstu.ru/17/Gochman_1886.rar.