**Рецензия**

# на выпускную квалификационную работу (Направление 010400

Прикладная математика и информатика)

## студента кафедры теории управления факультета прикладной математики – процессов управления

**Яцышина Алексея Валерьевича**

на тему

**Факторизация характеристических квазиполиномов линейных дифференциальных уравнений с несколькими запаздываниями**

Основная задача работы А.В.Яцышина состоит в нахождении метода разложения квазиполинома на более простые сомножители, для которых уже получены или могут быть получены условия отрицательности вещественной части корней. В соответствии с этим выделены классы систем дифференциальных уравнений с запаздыванием, для которых такое разложение, называемое факторизацией, возможно. Тогда все корни исходного квазиполинома будут лежать в левой полуплоскости и соответствующая линейная система дифференциальных уравнений будет асимптотически устойчива.

Для случая двух уравнений с одним запаздыванием автор приводит доказательство возможности разложения квазиполинома в произведение двух простых квазиполиномов первого порядка. При этом делает замечание 1, в котором указывает, что при комплексных собственных числах исходных матриц факторизация не всегда возможна. Далее автор приводит условия возможности факторизации для двух запаздываний, формула (1.7). Обобщая этот результат на случай нескольких запаздываний, А.В.Яцышин приводит собственную теорему 1.3 и важные следствия к ней.

Для матриц размерности n x n автором доказано, когда эти матрицы попарно одновременно триангулизуемы. На основании этого результата автором формулируется собственная теорема 1.4 о разложении характеристического квазиполинома на произведение простейших квазиполиномов. После этого, автор приводит 2 абзаца о практической применимости теоремы 1.4. С моей точки зрения эти абзацы следовало бы выделить в 2 важных замечания, которые необходимо учитывать на практике при исследовании конкретных систем.

Во второй главе для случая двух вещественных матрицы размерности 3 х 3 с одним запаздыванием сформулирована и доказана авторская теорема 1 о необходимых и достаточных условиях, при которых характеристический квазиполином системы (2.1) может быть разложен на простейшие множители. Полученные условия автор назвал *условиями* *согласования.* Всего получено 9 уравнений, их которых первые 6 уравнений равносильны тому, что числа должны являться характеристическими числами матриц A и B соответственно. Оставшиеся 3 уравнения, которые автор назвал уравнениями связи, которые при помощи теоремы об определителе суммы матриц приводятся к уравнениям (2.3), которые ранее назвал уравнениями согласования.

В третьей главе рассматривается система уравнений с двумя вещественными матрицами n х n и одним постоянным запаздыванием. Доказывается теорема 3.1 о том, что если характеристический квазиполином системы (3.1) можно представить в виде произведения простейших квазиполиномов первого порядка, то их коэффициенты являются собственными числами соответствующих матриц. Авторское доказательство этой теоремы длинное, требующее большого количества вычислений и их осмысления. Для практической применимости этой теоремы важны 3 замечания к ней.

В главе 4 приводится программная реализация и примеры.

Замечания.

1. В заключении А.В.Яцышин фактически в одном абзаце (8 строчках), второй и третий абзацы состоят из одного предложения, изложил суть своей работы. Конечно, краткость – сестра таланта, но из приведённого абзаца трудно оценить объём проделанной работы и количество полученных результатов. Я в своей рецензии специально выделил авторские результаты, которых наберётся около 10. Я считаю, что суть этих результатов следовало бы кратко изложить в заключении с указанием на главу, параграф, страницу. Было бы сразу ясно, что А.В.Яцыншин сделал и выносит на защиту.
2. В разделе основные определения автор приводит, вероятно не своё, определение: В общем случае, факторизация – это декомпозиция объекта в произведение факторов, которые, будучи перемноженными дадут исходный объект. По поводу этого определения я могу сказать, что одно наукообразное слово факторизация определяется через не менее наукообразное слово декомпозиция с помощью третьего малопонятного слова фактор. В дальнейшем автор раскрывает суть данного определения для своих целей. Я бы предложил автору сделать какую-то связку между общим определением и своими целями.
3. В математической литературе ссылки вместе со страницами делаются в квадратных скобках. У автора страницы вынесены за правую квадратную скобку. В результате он вынужден использовать ещё круглые скобки, что лишнее при правильном оформлении.
4. В постановке задачи и заключенни я бы предложил автору чётко выделить для чего нужна факторизация.

К сожалению, беда многих студентов - боязнь или стыдливость показать авторские результаты своей работы.

Несмотря на эти замечания оценка бесспорно – **отлично**.

Кандидат физико–математических наук, доцент

А.И.Кирьянен

02.06.2018