

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА И ЕЕ ВОСТРЕБОВАННОСТЬ В ПРОБЛЕМАХ НАДЕЖНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Игорь Алексеевич Рябинин
Ryabinin25@mail.ru

Аннотация. Первая волна востребованности алгебры Буля в технике возникла в середине 30-х годов 20 века, когда В.И.Шестаков и К.Шеннон дали строгое обоснование возможности использования исчисления высказываний для описания релейно-контактных схем. Когда в 1958 году была поставлена задача разработки теории надежности и живучести для создававшихся тогда атомных подводных лодок, основное внимание было обращено на алгебру Буля, причем именно на связь этой алгебры с теорией вероятностей. Практическое использование математической логики в форме логико-вероятностного анализа (ЛВА) в проблемах надежности, живучести и безопасности (НЖБ) сначала в Военно-морском флоте (ВМФ), а затем в нашей стране и мире тесно связано с работами сотрудников института математики СО АН СССР Макарова С.В. и Мерекина Ю.В. [5], опубликованными в 1962 и 1963 гг. Результативность и полезность постановки и практического решения задач НЖБ показана на трех примерах.

Ключевые слова: математическая логика, алгебра Буля, надежность, живучесть, безопасность.

В начале 20 века критика математической логики была направлена против ее практической неэффективности. Математикам и логикам того времени казалось, что алгебра логики принципиально была не способна давать плодотворные нелогические приложения.

Однако в 1910 году физик Пауль Эрэнфест (1880-1933) первым предложил использовать математическую логику в технике. Он писал: «Символическая формулировка дает возможность «вычислять» следствия из таких сложных посылок, в которых при словесном изложении почти или совершенно невозможно разобраться». В качестве примера он приводил схемы проводов автоматической телефонной станции.

В условиях 30-х годов логика в СССР также требовала защиты от нападков на нее сторонников так называемой «диалектической логики». В качестве такой защиты С.А.Яновская в совместной с В.И.Гливенко статье объявила её просто наукой о «рассуждениях в математике».

Востребованность алгебры Буля в технике реально возникла в середине тех же 30-х годов, когда В.И.Шестаков и К.Шеннон (С.Е.Shannon) в 1938 году дали строгое обоснование возможности использования исчисления высказываний для описания релейно-контактных схем.

В большой работе «Некоторые комментарии по теории переключений» [1], выполненной специалистами Университета Ниш, Сербия, Технологического Университета Тампере, Финляндия, Университета Бостона, США, достаточно объективно рассмотрен вклад различных частей Мира в теорию переключений.

Бум интереса к этой задаче проявили в СССР В.А.Розенберг, М.А.Гаврилов, немка Х.Пиш (H.Piesh), японцы А.Накашима (A.Nakashima) и М.Ханзава (M.Hanzawa), австриец О.Плехль (O.Plechl) и другие.

Признание новизны и полезности теории переключений в нашей стране проходило в спорах, борьбе, критике.

Так в 1953 году во время выступления В.И.Шестакова на семинаре по логике в МГУ с изложением своих результатов по анализу и синтезу многотактных релейно-контактных схем, А.Н.Колмогоров оценил эти результаты как изучение весьма частного случая цепей Маркова и раскритиковал их, как не содержащие новизны.

Далеко не все ученые поняли и приняли теорию М.А.Гаврилова. Нашлись люди из числа высокопоставленных деятелей науки, которые эту теорию объявляли лженаукой. Долгое время не удавалось поставить защиту докторской диссертации М.А.Гаврилова на ученом совете ИАТ в 1946 году.

Все авторы релейно-контактных схем (начиная с В.А. Розенберга и кончая А.Накашима и Х.Пиш) строили *специальные схемные алгебры*, которые фактически совпадали с булевой алгеброй, но они не сразу обнаружили это совпадение.

В теории автоматического управления также возникали задачи «О построении и преобразовании структурных схем» [2] и делались попытки найти способ построения подобных схем. В выводах работы [2] сообщается, что ...«Сформированы несложные правила таких преобразований, установлены законы действий с символами, представляющими собой элементы развернутых структурных схем. Эти действия переведены на *язык специфической алгебры*, аксиоматика которой несколько отличается от аксиоматики обычной алгебры». Эта алгебра в последующих работах автора и его учеников не использовалась.

Когда в 1958 году передо мной была поставлена задача разработки теории надежности и живучести для создававшихся тогда атомных подводных лодок [3], я не пытался изобрести какой-нибудь новый математический аппарат, а сразу обратил внимание на алгебру Буля.

В отличие от теории переключений (релейно-контактных схем), где не требовались вероятности, теория надежности и живучести, зарождавшаяся в те годы, не мыслилась без вероятностей. В середине 20 века еще трудно было свыкнуться с возможностью количественной оценки надежности. Однако к 70-м годам классическое определение вероятности отказа, как численной меры объективной возможности такого случайного события, через частоту отказов, стало вполне естественным и общепринятым среди инженеров и технической общественности.

В поисках информации о вероятностных расчетах структурно сложных систем (ССС), не сводящихся к последовательно-параллельным или древовидным структурам, мне случайно повезло обнаружить две работы сотрудников института математики СО АН СССР: Макарова С.В. [4] и Мерекина Ю.В. [5] 1962 и 1963 годов.

Вот с этого времени и следует исчислять востребованность математической логики в форме логико-вероятностного анализа (ЛВА) в проблемах надежности, живучести и безопасности (НЖБ) сначала в Военно-морском флоте (ВМФ) [3], а затем в нашей стране [6] и мире [7].

Однако первооткрывателем ЛВА является именно Платон Сергеевич Порецкий (3.10.1846 – 9.08.1907), который 25 октября 1886 года прочитал свое Сообщение [8] о решении общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики.

Востребованность логико-вероятностного анализа в проблемах надежности, живучести и безопасности продемонстрирована в восьми монографиях автора [9-16]. Более свежие примеры применения ЛВА в интересах космоса содержатся в диссертации [17], а в интересах пенитенциарной системы в научной статье [18].

Фундаментальность исследования проблем НЖБ, выполненных учеными научной школы логико-вероятностных методов (ЛВМ) [19], состоит в том, что они были направлены на увеличение знаний и уточнение понимания естественных процессов деградации сложных технических систем, разрушения их форс-мажорными воздействиями и развития событий, приводящих к ущербу большого масштаба.

Результативность и полезность постановки и практического решения задач НЖБ проиллюстрируем на трех примерах.

1. В 1973 году по договору между Ленинградским проектно-монтажным Бюро (ЛПМБ) «Рубин» и Военно-Морской Академией необходимо было обосновать принципиальную схему генерирования и распределения электроэнергии электроэнергетической системы атомной подводной лодки «Акула» и оптимальный уровень её автоматизации. Сложность задачи определялась не только новизной проблемы, большой ответственностью и сжатыми сроками её решения, но и масштабами самой системы (более 60 структурных элементов, более 200 вариантов её возможных построений, большой мощностью источников и преобразователей электроэнергии, особой ролью перемычек и др.) и отсутствием многих исходных данных на этом этапе проектирования. Впервые в практике проектирования была предпринята попытка количественного обоснования вероятности безотказной работы электроэнергетической системы подводной лодки (ЭСПЛ) в различных режимах её использования для подготовки окончательного решения о её структуре.

15 ноября 1973 года состоялось подписание мной чертежей ЭСПЛ проекта «Акула», а жизнь впоследствии подтвердила высокую надежность и живучесть ЭСПЛ.

2. В 1993 году участие в экспертизе безопасности строительства порта в бухте Батарейная. По результатам этой экспертизы были существенно изменены трассы нефтепроводов и железной

дороги, расширены причалы, углублены некоторые участки порта и т.д. В 1996 году аналогичная задача возникла при экспертизе проекта Балтийской трубопроводной системы.

3. Публикации [20,21] с примерами анализа риска затопления подводной лодки и оценка опасности поражения электрическим током в сетях напряжением выше 1000 В.

В качестве заключения должен признать, что востребованность ЛВА в НЖБ продемонстрирована в основном на трудах автора (с информационной целью) для читателей, интересующихся вероятностной интерпретацией математической логики, существенно отличающейся от вероятностной логики Дж.фон Неймана [22] и Нильса Нильссона [23] большей простотой и прозрачностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Radomir S. Stankovi, Jaakko T. Astola, Mark G. Karpovsky, "Some Historical Remarks on Switching Theory", <http://mark.bu.edu/papers/200.pdf.pdf>
2. Петров Б.Н. О построении и преобразовании структурных схем//Изв. Ан СССР, ОТН, 1945, №12, с.1146-1162.
3. Рябинин И.А. История возникновения, становления и развития теории надежности в Военно-морском флоте// Вопросы эксплуатации и надежности. Вып. №94. ФГУП «СПБМБ «Малахит», 2000, 35с.
(Вторая публикация: Рябинин И.А. Три кита ВМФ: Надежность, живучесть, безопасность. Новочеркасск, ООО НПО «Темп», 2006. 115с.)
4. Макаров С.В. Вероятностные расчеты одноконтурных схем// Вычислительные системы. Вып.4.1962.
5. Меркин Ю.В. Решение задач вероятностного расчета одноконтурных схем методом ортогонализации // Вычислительные системы. Вып.4.1963.
6. Рябинин И.А. Логико-вероятностный анализ и его современные возможности// БИОСФЕРА. Междисциплинарный научный и прикладной журнал. Том 2, №1, Санкт-Петербург, 2010, с.23-28.
7. Рябинин И.А. История возникновения, становления и развития логико-вероятностного исчисления в мире// Труды международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах» (МАБР-2011), СПб, 2011, с.15-35.
8. Порецкий П.С. Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики.- Собрание протоколов 60-го заседания секции физико-математических наук общества естествоиспытателей при Казанском университете, Казань, 1886,с.1-34.
Труды Казанской секции физ.мат.наук. Серия 1., 1887, т.5, с.83-116.
9. Рябинин И.А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем. Л.: Судостроение, 1967, 362с.
10. Рябинин И.А. Основы теории расчета надежности судовых электроэнергетических систем. Л.: Судостроение, 2-е изд., 1971, 455с.
11. Ryabinin I. Reliability of Engineering Systems. Principles and analysis. М.:Mir publishers, 1976, 532с.
12. Рябинин И.А. Черкесов Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. М.: Радио и связь, 1981, 264с.
13. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб: изд-во «Политехника», 2000, 248с.
14. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем (2-е издание). СПб: Изд-во СПбГУ, 2007. -276с.
15. Рябинин И.А. Логико-вероятностный анализ проблем надежности живучести и безопасности (повторное издание книги НЖБ). Новочеркасск, Южно-Российский государственный университет. Новочеркасск: Лик, 2009. -600с.
16. Рябинин И. Логико-вероятностный анализ проблем надежности и безопасности. Saarbrücken, Deutschland, Palmarium Academic Publishing, 2012, 263 p.
17. Мушовец К.В. Логико-вероятностный анализ надежности бортовой информационной телеметрической системы космического аппарата// Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф.Решетнёва. Красноярск, 2013.

18. Леонтьев П.А., Рыбаков А.П., Петров С.А. Построение математической модели чрезвычайного обстоятельства на объектах пенитенциарной системы посредством метода логико-вероятностного исчисления// Вестник Воронежского института МВД России, №2, 2012.
19. Рябинин И.А. Ленинградская научная школа логико-вероятностных методов исследования надежности и безопасности структурно-сложных систем//книга «Наука Санкт-Петербурга и морская мощь России», СПб: Наука, том 2, 2002, с.797-811.
20. Рябинин И.А. Концепция логико-вероятностной теории безопасности.// М., «Приборы и системы управления», №10, 1993, с.6-9.
21. Рябинин И.А., Парфенов Ю.М., Цыпин О.Д. Логико-вероятностная теория безопасности технических систем// М., Электричество, №7, 1994, с.17-23.
22. Нейман Дж. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент//Сб. Автоматика, ИЛ, М., 1956, с.68-139.
23. Nilsson N.J. Probabilistic Logic// *Artificial Intelligence*, vol. 28 (1986), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), pp. 71-87.