

УДК 519.2, 51(091)

## Вероятностная школа Бориса Владимировича Гнеденко: выдающийся вклад Александра Дмитриевича Соловьева

И. Н. Коваленко\*

*\* Отдел математических методов теории надежности  
сложных систем,  
Институт кибернетики и.м. В.М. Глушкова НАНУ,  
пр-т академика Глушкова 40 Киев, Украина, 03680*

**Аннотация.** Александр Дмитриевич Соловьев является виднейшим ученым в области теории надежности сложных восстанавливаемых систем. Он ввел понятие систем с быстрым восстановлением и установил принципы их асимптотического анализа в «треугольной» схеме. Ключом к получению простых асимптотических формул явилось соотношение  $q \sim q_0$ , где  $q$  - вероятность отказа системы на периоде регенерации,  $q_0$  - то же при монотонном пути достижения отказа. Другим направлением был поиск оптимальной дисциплины восстановления отказавших элементов, в частности, обоснование оптимальности дисциплины Шрага (Schraga). А.Д. Соловьев воспитал многих учеников, применивших его методы к различным классам систем. А.Д. Соловьев – лауреат Государственной премии СССР в коллективе авторов, возглавляемом Б.В. Гнеденко (1979).

### 1. Основная часть

Предметом моей гордости и источником множества счастливых воспоминаний служит моя причастность к научной школе академика АН УССР Бориса Владимировича Гнеденко (1.01.1912 – 25.12.1995) – всемирно известного ученого и педагога, прекрасного, душевно щедрого человека. Кроме него – моего главного учителя – считаю своими близкими учителями университетских преподавателей академика АН СССР и НАН Украины Владимира Сергеевича Михалевича (1930-1994), академика НАН Украины Владимира Семеновича Королюка (р. 1925), профессора Льва Аркадьевича Калужнина (1914-1990). Б.В. Гнеденко жил и работал на Украине 15 лет (1945-1960) – 5 лет во Львове и 10 лет в Киеве. В связи со своей годичной командировкой в ГДР (1953-1954) Б.В. Гнеденко, по договоренности с А.Н. Колмогоровым, отправил своих аспирантов В.С. Королюка, В.С. Михалевича и Анатолия Владимировича Скорохода для дальнейшей подготовки в Москву (Королюка и Михалевича к академику А.Н. Колмогорову, Скорохода – к профессору Е.Б. Дынкину. [“Я – ученик Дынкина” – всегда говорил Скороход.]

Вернувшись потом в Киев, остепененные стажеры щедро делились с научной молодежью интересными задачами. Помню, первая задача, привезенная Михалевичем от Колмогорова, состояла в следующем.

Пусть  $X_{ik}$ ,  $1 \leq i \leq r$ ,  $1 \leq k < \infty$  - независимые наблюдения с распределением  $F(x - a_k)$ , где ни  $a_k$ , ни  $F(x)$  неизвестны. Можно ли при некотором  $r$  восстановить функцию  $F(x - a)$  с точностью до неизвестного  $a$ ?

Я получил ответ: такого  $r$ , общего для всех  $F$ , не существует.

Стажер В.С. Михалевич писал своей жене М.М. Диеперовой в Киев, как они однажды возвращались от Колмогорова и все трое сошлись на мысли, что еще не встречали такого хорошего и душевного человека, как Борис Владимирович Гнеденко. В 1960 году Гнеденко возвратился в Москву, в МГУ – вначале профессором, а потом на долгие годы, до самой смерти (1995) заведующим кафедрой теории вероятностей.

Вслед за своим учителем в январе 1962 г. переехал в Москву и я. Мне, кандидату наук, очень хотелось узнать новые задачи, чтобы расти в науке дальше. Работал я в оборонном институте 10 лет. Начальником института был Иван Макарович Пенчуков, позднее генерал-лейтенант, а его замом по науке – профессор Николай Пантелеймонович Бусленко, позднее член-корреспондент АН СССР.

Среди гражданских сотрудников отдела был выпускник МГУ Виктор Аронович Ивницкий – мой способнейший московский ученик. Как и я, он теперь доктор технических наук и доктор физ.-мат. наук, заслуженный деятель науки и техники РФ.

Приступив к работе на кафедре, В.В. Гнеденко организовал при ней семинар по теории массового обслуживания и теории надежности. Вначале он пригласил меня в качестве соруководителя. Вскоре он выбрал еще двух соруководителей Юрия Константиновича Беляева и Александра Дмитриевича Соловьева. Семинар посещало много участников. Среди тех, кто потом стал известным ученым, укажу Гелия Павловича Башарина, Геннадия Павловича Климова, Виктора Алексеевича Каштанова, Владимира Вячеславовича Калашникова, Владимира Васильевича Рыкова,

Михаила Андреевича Федоткина, Екатерину Вадимовну Булинскую, Ларису Григорьевну Афанасьеву, Александра Владимировича Макаричева. Много было прикладных специалистов: военных, связистов, транспортников и других. Евгений Юрьевич Барзилович, впоследствии мой хороший друг, занимался оптимизацией эксплуатации летательных аппаратов (он сам служил в ВВИА им. Н.Е. Жуковского), Л.Г. Афанасьева занималась теорией управления потоком гражданских самолетов в аэропорту. М.А. Федоткин исследовал закономерности потоков на автомобильных дорогах. Было много запросов со стороны инженеров в области надежности радиоэлектронной аппаратуры, механических и других систем.

Мне на моем новом месте работы была поставлена задача построить модель надежности крупнейшего технического комплекса и подобрать эффективный вычислительный метод.

В киевском Институте математики издавна развивался метод малого параметра для применения к системам самого различного назначения. Одним из создателей метода был знаменитый академик Н.Н. Боголюбов. (Кстати, именно он посоветовал Б.В. Гнеденко переехать для работы на Украину.) Я удачно применил этот метод к решению поставленной мне задачи. В результате был разработан асимптотический метод анализа надежности сложных систем. Источником введения в модель малого параметра была высокая надежность элементов систем. Довольно быстро я написал и защитил диссертацию на степень доктора технических наук.

После моего возвращения в Киев (1971) семинар эффективно функционировал много лет под руководством Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляева и А.Д. Соловьева.

Борис Владимирович Гнеденко насчитал двадцать участников семинара, благодаря которому они выросли до докторов наук.

В 60-х годах А.Н. Колмогоров организовал Проблемную статистическую лабораторию при МГУ. Выдающийся статистик Ю.К. Беляев был главной научной силой в лаборатории.

Основное научное направление А.Д. Соловьева – теория массового обслуживания и теория надежности систем. С уверенностью скажу, что именно он создал асимптотические методы в теории надежности.

В этой теории особую роль играет исследование моделей систем с «быстрым восстановлением» (термин ввел А.Д. Соловьев). Первые две задачи такого рода решил Б.В. Гнеденко (ТК 1964: 4, ТК 1964: 5). [Здесь и далее ТК означает журнал «Техническая кибернетика»], привнеся в них методы суммирования независимых случайных величин. Принципы нахождения асимптотики надежности для сложных систем даны А.Д. Соловьевым (ТК 1971: 6). После этой статьи появилась целая серия работ Соловьева и его учеников о конкретных схемах резервирования: Д.Б. Гнеденко, А.Д. Соловьев (ТК 1974: 6, ТК 1975: 3); А.Д. Соловьев, В.А. Зайцев (ТК 1975:1); В.А. Зайцев, А.Д. Соловьев (ТК 1975:4); В.Н. Овчинников, А.Д. Соловьев (Тр. III Всес. шк.-совещ. по теории массового обслуживания. Изд-во Московск. унта, 1976); О. Сахобов, А.Д. Соловьев (ТК 1977:4); А.Д. Соловьев, Д.Г. Константиридис (Теория вероятностей и ее применения, 1992: 37, вып. 1); И.В. Брысина, А.Д. Соловьев (ТК 1983: 3) и другие. В каждой работе требовались свои тонкости анализа, общее же состоит в нахождении асимптотики надежности в «треугольной» схеме и рассмотрении монотонной траектории процесса до отказа.

Другое важное направление исследований А.Д. Соловьева и его учеников – нахождение оптимальной дисциплины обслуживания. Данной проблеме посвящены работы: А.Д. Соловьев (ТК 1970: 5); В.В. Козлов, А.Д. Соловьев (ТК 1978: 3, ТК 1978: 4); А.В. Печинкин, А.Д. Соловьев, С.Ф. Яшков (ТК 1979: 5). В частности, изучались вопросы оптимальности (в разных смыслах) дисциплины Шрага (L. Schrage),

при которой первым восстанавливается тот элемент, у которого остаточное время восстановления наименьшее.

В статье А.Д. Соловьева (Теория массового обслуживания. Труды Всесоюзной школы-семинара, Москва, 1981) предлагается обобщенная схема оптимизации: в ней возможные дисциплины зависят от  $X_i^-$  и  $X_i^+$  - соответственно, накопленных и остаточных «длин» обслуживания.

А.В. Макаричев выполнил большой цикл работ по данной тематике; из них работы А.В. Макаричев (ТК 1982: 3; Автоматика и телемеханика 1988:9; Электронное моделирование 1993: 1; Теория вероятностей и ее применение 1995: 40:1; Теория на возможности и математическая статистика. Математика. Материалы за 8-а международна научна практична конференция, «Научният потенциал на света - 2012», - София, 2012.

О научно-техническом резонансе отечественных работ по надежности говорит присуждение нашему коллективу (математики и прикладные исследователи) Государственной премии СССР за 1979 год. Председателем коллектива был Б.В. Гнеденко.

Существенную роль сыграло то, что в коллектив вошли ведущие ученые прикладных направлений, в особенности Игорь Алексеевич Рябинин и Николай Алексеевич Северцев.

Я работаю в отделе математических методов теории надежности сложных систем Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины с 1971 года.

На выбор нашей тематики и методы решения задач всегда сильное влияние оказывают труды таких корифеев, как Андрей Николаевич Колмогоров, Борис Владимирович Гнеденко, и, конечно, ученого огромного таланта, педагога удивительного мастерства Александра Дмитриевича Соловьева.

Приведу пять примеров.

1. После решения задачи А.Н. Колмогорова о булевом определителе: И.Н. Коваленко (Теория вероятностей и ее применения, 1972:XVII:2), А.А. Левитская развила асимптотический анализ случайных линейных систем уравнений над некоммутативным кольцом: А.А. Левитская (Кибернетика и системный анализ, 2010:3).

2. Н.Ю. Кузнецов (Кибернетика и системный анализ, 2016:1) применил метод ускоренного моделирования к оценке комбинаторных чисел (задача, давно известная в школе А.Н. Колмогорова).

3. Е.В. Коба ( Koba E.V. Theory of Stochastic Processes, 2002, 24:8) исследовала условия эргодичности систем с повторением заявок, продолжив авиационную тематику Л.Г. Афанасьевой.

4. И.Н. Коваленко (Украинский математический журнал, 2000:52:9) несколько улучшил результат Д.Б. Гнеденко и А.Д. Соловьева (ТК 1964:4).

5. В теории надежности, в том числе в работах А.Д. Соловьева, характеристики системы часто представляются дробно-линейным функционалом  $I$  от некоторого распределения  $G$ . Л.С. Стойкова (Л.С. Стойкова, С.П. Красников, Кибернетика и системный анализ, 2016:6) построила метод нахождения границ изменения  $I$  в условиях неопределенности.

Отмечая 90-летие со дня рождения Александра Дмитриевича Соловьева (23 октября 2017 года), мы ценим его выдающиеся научные результаты, неутомимую педагогическую деятельность и лучшие человеческие качества нашего друга Саши Соловьева.

UDC 519.2, 51(091)

## **Probabilistic school of Boris Vladimirovich Gnedenko: outstanding contribution of Alexander Dmitrievich Soloviev**

**I. N. Kovalenko\***

*\* Department of mathematical methods of the theory of reliability of  
complex systems,  
Institute of Cybernetics them. VM Glushkov National Academy of Sciences,  
Academician Glushkov Ave 40 Kiev, Ukraine, 03680*

Alexandr D. Soloviev is an outstanding scholar in the theory of complex renewable systems. He introduced the term “system with a fast repair” and established principles towards asymptotical analysis of such systems, in a “triangle” approach. The key goal was in the proof of a relation  $q \sim q_0$  where  $q$  is the failure probability in a renewal cycle whereas  $q_0$  is the reduction of to monotonic type failures. Another topic of Soloviev’s research related the optimization of the queueing discipline. In particular the optimality of Schrage discipline was established in some cases. A.D. Soloviev guided many disciples. A.D. Soloviev was awarded the State Prize of USSR in a collective led by Boris V. Gnedenko (1979).