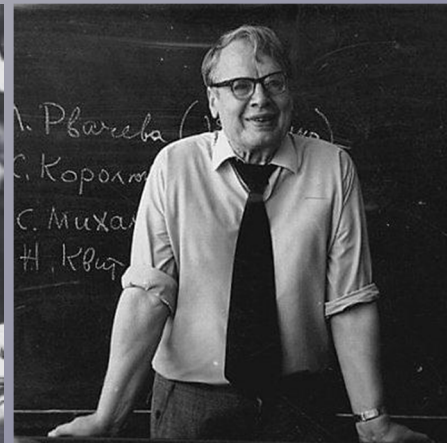


ELECTRONIC JOURNAL
OF INTERNATIONAL GROUP
ON RELIABILITY

Gnedenko Forum Publications



JOURNAL IS REGISTERED
IN THE LIBRARY
OF THE U.S. CONGRESS

ISSN 1932-2321

VOL.9 NO.1 (32)
MARCH, 2014

RELIABILITY: THEORY & APPLICATIONS



San Diego

ISSN 1932-2321

© "Reliability: Theory & Applications", 2006, 2010, 2011

© " Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications", 2008

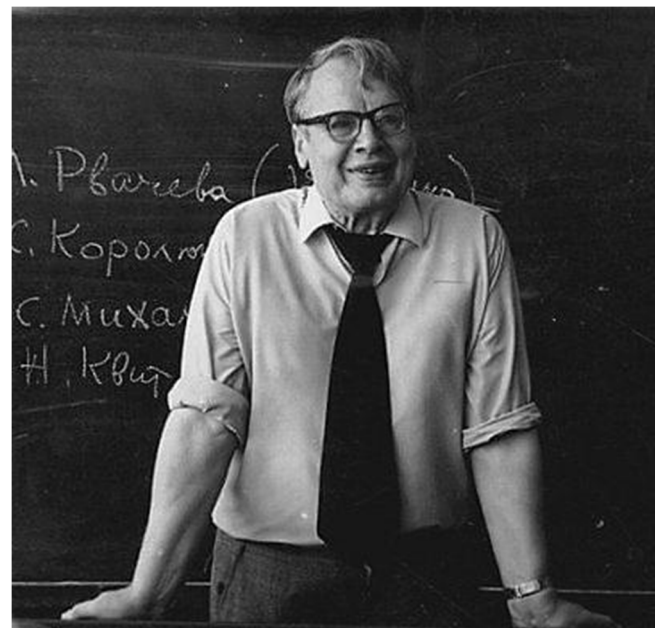
© I.A.Ushakov, 2009

© A.V.Bochkov, 2009

<http://www.gnedenko-forum.org/Journal/index.htm>

All rights are reserved

The reference to the magazine "Reliability: Theory & Applications"
at partial use of materials is obligatory.



RELIABILITY: THEORY & APPLICATIONS

Vol.9 No.1 (31),
March, 2014

San Diego
2014

Journal Council

Editor-in-Chief :

Ushakov, Igor (USA)
e-mail: igusha22@gmail.com

Scientific Secretary:

Bochkov, Alexander (Russia)
e-mail: a.bochkov@gmail.com

Deputy Editors:

Gertsbakh, Eliahu (Israel)
e-mail: elyager@bezeqint.net
Kołowrocki, Krzysztof (Poland)
e-mail: katmatkk@am.gdynia.pl
Krishnamoorthy, Achyutha (India)
e-mail: krishna.ak@gmail.com
Shybinsky Igor (Russia)
e-mail: christian.paroissin@univ-pau.fr
Singpurwalla, Nozer (USA)
e-mail: nozer@gwu.edu

Editorial Board:

Belyaev, Yuri (Sweden)
e-mail: Yuri.Belyaev@math.umu.se
Chakravarthy, Srinivas (USA)
e-mail: schakrav@kettering.edu
Dimitrov, Boyan (USA)
e-mail: BDIMITRO@KETTERING.EDU
Genis, Yakov (USA)
e-mail: yashag5@yahoo.com
Kaminsky, Mark (USA)
e-mail: katmatkk@am.gdynia.pl
Kovalenko, Igor (Ukraine)
e-mail: kovigo@yandex.ru
Levitin, Gregory (Israel)
e-mail: levitin@icc.co.il
Limnios, Nikolaos (France)
e-mail: Nikolaos.Limnios@utc.fr
Nikulin, Mikhail
e-mail: M.S.Nikouline@sm.u-bordeaux2.fr
Nelson, Wayne (USA)
e-mail: WNconsult@aol.com
Popentiu, Florin (UK)
e-mail: Fl.Popentiu@city.ac.uk
Rykov, Vladimir (Russia)
e-mail: rykov@rykov1.ins.ru
Wilson, Alyson (USA)
e-mail: agw@lanl.gov
Wilson, Simon (Ireland)
e-mail: swilson@tcd.ie
Yastrebenetsky, Mikhail (Ukraine)
e-mail: ma_yastreb@mail.ru
Zio, Enrico (Italy)
e-mail: zio@ipmce7.cesnef.polimi.it

Technical assistant

Ushakov, Kristina
e-mail: kudesigns@yahoo.com

Send your paper

e-Journal *Reliability: Theory & Applications* publishes papers, reviews, memoirs, and bibliographical materials on Reliability, Quality Control, Safety, Survivability and Maintenance.

Theoretical papers have to contain new problems, finger practical applications and should not be overloaded with clumsy formal solutions.

Priority is given to descriptions of case studies.

General requirements for presented papers

1. Papers have to be presented in English in MSWord format. (Times New Roman, 12 pt , 1.5 intervals).
2. The total volume of the paper (with illustrations) can be up to 15 pages.
3. A presented paper has to be spell-checked.
4. For those whose language is not English, we kindly recommend to use professional linguistic proofs before sending a paper to the journal.

* * *

The Editor has the right to change the paper title and make editorial corrections.

The authors keep all rights and after the publication can use their materials (re-publish it or present at conferences).

Publication in this e-Journal is equal to publication in other International scientific journals.

Papers directed by Members of the Editorial Boards are accepted without referring.

The Editor has the right to change the paper title and make editorial corrections.

The authors keep all rights and after the publication can use their materials (re-publish it or present at conferences).

Send your papers to

the Editor-in-Chief ,
Igor Ushakov
igusha22@gmail.com

or

the Deputy Editor,
Alexander Bochkov
a.bochkov@gmail.com

Table of Contents

BORIS VLADIMIROVICH GNEDENKO. MEMOIR AND BIBLIOGRAPHY (ON RUSSIAN)	7
--	---

prepared by D.B. Gnedenko

Boris Vladimirovich Gnedenko (Russian: Бори́с Влади́мирович Гнеде́нко; January 1, 1912 – December 27, 1995) was a Soviet mathematician and a student of Andrey Nikolaevich Kolmogorov. He was born in Simbirsk (now Ulyanovsk), Russia, and died in Moscow. He is perhaps best known for his work with Kolmogorov, and his contributions to the study of probability theory, such as the Fisher–Tippett–Gnedenko theorem. Gnedenko was appointed as Head of the Physics, Mathematics and Chemistry Section of the Ukrainian Academy of Sciences in 1949, and also became Director of the Kiev Institute of Mathematics in the same year. Gnedenko was a leading member of the Russian school of probability theory and statistics. He also worked on applications of statistics to reliability and quality control in manufacturing. He wrote a history of mathematics in Russia (published 1946) and with O. B. Sheynin the section on the history of probability theory in the history of mathematics by Andrei Kolmogorov and Adolph P. Yushkevich (published 1992). In 1958 he was a plenary speaker at the International Congress of Mathematicians in Edinburgh with a talk entitled "Limit theorems of probability theory". We publish his short memoir and updated bibliography.

Dmitry A. Maevsky, Svetlana A. Yaremchuk, Ludmila N. Shapa

A METHOD OF A PRIORI SOFTWARE RELIABILITY EVALUATION	64
--	----

In the given paper a method of a priori evaluation of the amount of latent faults, the estimated latent defect density and their determination probability in Software before testing process is described. The possibility of the method usage for different schemes of the Software development process has been found. The a priori estimation of these reliability indexes makes the management decisions at the stage of testing more effective.

Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z.

COMPARISON PARAMETERS AVERAGE AND INDIVIDUAL RELIABILITY EQUIPMENT OF ELECTROPOWER SYSTEMS	73
--	----

Existing comparison criteria average values of random variables of general population cannot be used at comparison of average random variables of multivariate data. The method, algorithm and an example of calculation of critical values recommended statistics offered.

Eugeny Y. Kolesnikov

UNCERTAINTY OF PROBABILITY COMPONENT OF ACCIDENTAL RISK	81
---	----

Concept of accidental risk is intended to be an objective measure for assessing the risk of accidents in the technosphere. Metric of risk should combine estimation both probability (possibility) of the accident and the damage it caused. For various reasons, any parameter of risk has uncertainty. The problem of uncertainty quantifying arose very early in the study of accidental risk. Often used in practice dotted (scalar) estimation of probabilistic component of risk metric are in most cases inadequate since embody great internal uncertainty

Damodar Garg , P S Sarma Budhavarapu, Sudhangshu C

RELIABILITY BASED METHODOLOGY FOR VENDOR SELECTION- A CASE STUDY 85

The objective of every industry is to manufacture and supply products that will perform its intended functions without fail in the actual field. A reliable design (there is a misconception that a reliable design will always give a reliable product) may not necessarily turn out to be a reliable product always. Even if a product having reliable design is manufactured and used in the field its reliability may be unsatisfactory. The reason for this low reliability may be the product was poorly manufactured by using substandard manufacturing processes. Therefore to produce a reliable product, evaluation of manufacturing processes or vendors is necessary. In this work an attempt has been made to formulate a methodology which will help in evaluating the design reliability as well as the vendor selection process. The proposed methodology includes reliability prediction to effectively predict the design reliability and HALT (Highly Accelerated Life Testing) for vendor selection by qualitatively comparing the prototypes of same design manufactured by different vendors. A case study on a power electronic product is included to explain the methodology.

Smagin V.A.

OPTIMUM LIKELIHOOD QUANTIZATION OF THE INFORMATION IN SPACE WITH RESTRICTION OF ZONES OF INFLUENCE OF QUANTA 92

The model of optimum three-dimensional likelihood quantization of the determined or casual volume space is offered by set of equal quanta at which the probability of representation quantized reaches spaces of the maximum value. The size of optimum quantum is defined by distribution of its zone of influence, values of boundary probability and influence parameter. The model of estimation of quantity of the information or other product in quantization space is entered.

Boyadjiev V. I.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE REPAIRS OF HYDROPNEUMATIC PARTS OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS..... 98

Hydropneumatic part of each complex technical object has its own specifics. It determines the specifics of the repair work on that part. Based on possesses collected information from experimental study about the failures in hydropneumatic part of a typical complex technical subject - machine tool by CNC. Synthesized are conclusions and recommendations for enhancing the effectiveness of using recreational events.

RESOLUTION BY SCIENCE AND APPLICATION MEETING MODERN APPROACHES TO ELECTRIC POWER SYSTEM RELIABILITY SUPPORT , SYKTYVKAR, 22-23 MAY, 2013..... 102

BORIS VLADIMIROVICH GNEDENKO
MEMOIR AND BIBLIOGRAPHY
(on Russian)

Boris Vladimirovich Gnedenko (Russian: Бори́с Влади́мирович Гнеде́нко; January 1, 1912 – December 27, 1995) was a Soviet mathematician and a student of Andrey Nikolaevich Kolmogorov. He was born in Simbirsk (now Ulyanovsk), Russia, and died in Moscow. He is perhaps best known for his work with Kolmogorov, and his contributions to the study of probability theory, such as the Fisher–Tippett–Gnedenko theorem. Gnedenko was appointed as Head of the Physics, Mathematics and Chemistry Section of the Ukrainian Academy of Sciences in 1949, and also became Director of the Kiev Institute of Mathematics in the same year.

Gnedenko was a leading member of the Russian school of probability theory and statistics. He also worked on applications of statistics to reliability and quality control in manufacturing. He wrote a history of mathematics in Russia (published 1946) and with O. B. Sheynin the section on the history of probability theory in the history of mathematics by Andrei Kolmogorov and Adolph P. Yushkevich (published 1992). In 1958 he was a plenary speaker at the International Congress of Mathematicians in Edinburgh with a talk entitled "Limit theorems of probability theory".

We publish his short memoir, prepared by D.B. Gnedenko, and updated bibliography B.V. Gnedenko.

БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ ГНЕДЕНКО
(01.01.1912—27.12.1995)

(Подробнее о жизни Бориса Владимировича можно прочитать в его воспоминаниях «Моя жизнь в математике и математика в моей жизни» (№ 1169 библиографии))

Борис Владимирович Гнеденко родился 1 января (по новому стилю) 1912 года в Симбирске (ныне Ульяновск).

Его дед Василий Ксенофонтович Гнеденко (г.р. 1850) и бабушка Анастасия Изотовна (г.р. 1854) (оба по отцовской линии) — крестьяне Полтавской губернии, перебравшиеся в семидесятых годах XIX века в Казанскую губернию, где они получили землю в селе Базарный Матак Спасского уезда. У них было четверо детей: Михаил (г.р. 1879), Владимир (1886-1939), Сергей (г.р. 1889) и Анна (г.р. 1893).

Отец Бориса Владимировича – Владимир Васильевич Гнеденко – окончил землеустроительное училище и работал землемером. Мама – Мария Степановна (1886-1961) – родилась в Костроме, окончила прогимназию (семилетнее училище), в которой получила музыкальную специализацию (игра на фортепьяно), дававшую право преподавать музыку. Брат – Глеб Владимирович – родился 1 ноября 1909, погиб 27 октября 1943 года при форсировании Днепра в районе Днепропетровска.

В 1915 году семья переехала в Казань, где одновременно с работой землемера Владимир Васильевич с осени 1916 года стал студентом физико-математического факультета университета. Весной 1918 года по ложному доносу одного из коллег Владимир Васильевич был арестован и более полугода провел в концлагере под Казанью. Его здоровье было сильно подорвано, и по возвращении домой он был вынужден оставить студенческую скамью.

Этой же осенью 1918 года Борис Владимирович (Б.В.) поступил в школу. Как он сам пишет в своих воспоминаниях: «Все бы хорошо, если бы не было арифметики. Я действительно не любил арифметику, хотя складывал, вычитал, умножал и делил совсем неплохо. Я увлекался поэзией».

4 апреля 1922 года Владимира Васильевича вновь арестовывают, и он более трех месяцев проводит в тюрьме ГПУ. Его выпускают 12 июля. Остаться в Казани было опасно, и семья в сентябре переезжает в Галич, где Владимир Васильевич начинает работать старшим землеустроителем. К приезду семьи в Галич набор в школы был закончен, и этот год с Борисом и его братом Глебом занимается мама. «Мама узнала программу и начала заниматься с нами, чтобы мы не отстали. Достали учебник грамматики, арифметику Киселева, учебник географии Иванова. Я с особым удовольствием читал учебник географии и учил правила грамматики русского языка. <...> Летом мы были зачислены с братом в школу в один и тот же шестой класс».

В апреле 1925 года семья переезжает в Саратов. Это было связано с тем, что родители начали беспокоиться о дальнейшем образовании своих детей, которые через два года должны были окончить школу (в то время среднее образование было девятилетним).

В Саратове братья были зачислены в школу № 3, бывшее реальное училище. Выяснилось, что они серьезно отстали по химии и математике. На осень им были назначены переэкзаменовки по этим предметам. Это оказалось очень полезным. «Мы сумели продумать весь материал по математике и по химии, прорешать по многу десятков задач, и осенью, благодаря этому, переэкзаменовка прошла благополучно. Более того, химия и математика стали восприниматься совершенно свободно, задачи не вызывали никаких трудностей, и я начал решать задачи сразу в уме, как только узнавал условие. По математике и химии я выдвинулся в число первых учеников класса. Одноклассники стали обращаться ко мне за помощью. Математика стала мне нравиться.<...> Мне нравилось учиться, дополнительно читать книги, решать нестандартные задачи.<...> Я достал сборник конкурсных задач, предлагавшихся на вступительных экзаменах в Петроградский институт инженеров путей сообщения. Ни одна задача из этого сборника не вызвала у меня затруднений.<...> Я отдавал себе отчет в том, что хочу учиться дальше и буду добиваться этого права. Я тщательно изучил правила приема в вузы страны и повсюду наталкивался на одно требование, которому я не удовлетворял, – поступающему должно исполниться 17 лет, мне же было только 15.<...> Брат хотел стать или инженером, или физиком, а я мечтал о кораблестроении. Я даже послал в Ленинградский кораблестроительный институт письмо с просьбой допустить меня к вступительным экзаменам в мои пятнадцать лет».

Из города на Неве на это письмо Б.В. получил отказ. Тогда он посылает письмо народному комиссару просвещения А.В. Луначарскому с просьбой разрешить ему поступать в Саратовский университет. К началу вступительных экзаменов разрешение было получено.

С осени 1927 года Б.В. – студент физико-математического факультета Саратовского университета. «В мае 1930 года нам объявили, что мы будем заниматься все лето, с тем чтобы в сентябре разъехаться по местам работы. Было решено организовать ускоренный выпуск.<...> Экзамены были сданы, и в середине августа нам были выданы документы об окончании Саратовского университета. Я не испытывал от этого ни радости, ни удовлетворения. Я понимал, что получено ущербное образование и нужно приложить много собственных усилий, чтобы исправить положение дел».

Один из университетских преподавателей Б.В. – профессор Георгий Петрович Боев – в это время был приглашен заведовать кафедрой математики в организуемый в Иваново-Вознесенске Текстильный институт и, в свою очередь, пригласил Б.В. на должность ассистента этой кафедры.

В Иваново-Вознесенске Б.В. преподавал и занимался вопросами применения математических методов в текстильном деле. Здесь им были написаны его первые работы по теории массового обслуживания, здесь Б.В. увлекся теорией вероятностей. Этот период деятельности сыграл огромную роль в его формировании как ученого и педагога.

Понимая необходимость углубления своих математических знаний, Б.В. в 1934 году поступает в аспирантуру механико-математического факультета МГУ. Его научными руководителями становятся А.Я. Хинчин и А.Н. Колмогоров.

В аспирантуре Б.В. увлекся предельными теоремами для сумм независимых случайных величин. 23 июня 1937 года он защитил кандидатскую диссертацию на тему «О некоторых результатах по теории безгранично делимых распределений», и с 1 сентября этого же года он – младший научный сотрудник Института математики МГУ.

В работах А.Я. Хинчина и Г.М. Бавли было установлено, что класс возможных предельных распределений для сумм независимых случайных величин совпадает с классом безгранично делимых распределений. Оставалось выяснить условия существования предельных распределений и условия сходимости к каждому возможному предельному распределению. Заслуга постановки и решения этих задач принадлежит Б.В. Гнеденко. Для решения возникших проблем Б.В. предложил оригинальный метод, получивший название метода сопровождающих безгранично делимых законов (идея метода появилась в октябре 1937 года и опубликована в "Докладах АН СССР" в 1938 году). Он позволил единым приемом получить все ранее найденные в этой области результаты, а также и ряд новых.

В ночь с 5-го на 6-ое декабря 1937 года Борис Владимирович был арестован. Ему предъявили надуманное обвинение в контрреволюционной деятельности и участии в контрреволюционной группе, возглавляемой профессором А.Н. Колмогоровым. Его водили на допросы, во время одного из которых ему не давали спать в течение восьми суток. Требовали подписать бумаги, подтверждающие обвинения. Борис Владимирович не подписал ничего, что могло бы быть поставлено в вину ему, А.Н. Колмогорову или кому-либо другому. В конце мая 1938 года его освободили.

С осени 1938 года Б.В. – доцент кафедры теории вероятностей механико-математического факультета МГУ, ученый секретарь Института математики МГУ. К этому периоду относятся работы Б.В. Гнеденко, в которых дано решение двух важных задач. Первая из них касалась построения асимптотических распределений максимального члена вариационного ряда, выяснения природы предельных распределений и условий сходимости к ним. Вторая задача касалась построения теории поправок к показаниям счетчиков Гейгера-Мюллера, применяемых во многих областях физики и техники.

28 мая 1941 года Б.В. защитил докторскую диссертацию, состоящую из двух частей: теории суммирования и теории максимального члена вариационного ряда.

В годы Великой Отечественной войны Б.В. принимал активное участие в решении многочисленных задач, связанных с обороной страны.

В феврале 1945 года Борис Владимирович избирается членом-корреспондентом АН УССР и направляется Президиумом АН УССР во Львов для восстановления работы Львовского университета.

Во Львове Б.В. читает разнообразные курсы лекций: математический анализ, вариационное исчисление, теорию аналитических функций, теорию вероятностей, математическую статистику и др., в окончательной формулировке доказывает локальную предельную теорему для независимых, одинаково распределенных решетчатых слагаемых (1948 г.), начинает исследования по непараметрическим методам статистики. Во Львове им были воспитаны талантливые ученики – Е.Л. Рвачева (Ющенко), Ю.П. Студнев, И.Д. Квит и др.

Курс лекций по теории вероятностей послужил Борису Владимировичу основой для написания учебника «Курс теории вероятностей» (1949 г.). Эта книга многократно издавалась в разных странах и является одним из основных учебников по теории вероятностей и в наши дни. В эти же годы им совместно с А.Н. Колмогоровым написана монография «Предельные распределения для сумм независимых случайных величин» (1949 г.), за которую авторы были удостоены премии АН СССР им. П.Л.Чебышева (1951 г.). Совместно с А.Я. Хинчиным Б.В. пишет «Элементарное введение в теорию вероятностей» (1946 г.), которое, в свою очередь, выдержало множество изданий в СССР и за рубежом (12-ое русскоязычное издание выпущено в 2012 году издательством «Едиториал УРСС»). Кроме этого Борисом Владимировичем была написана замечательная книга «Очерки по истории

математики в России» (1946 г.) (4-ое издание этой книги выпущено в 2009 году издательством Книжный дом «Либроком»).

В 1948 году Б.В. избирается академиком АН УССР, и в 1950 году Президиум АН УССР переводит его в Киев. Здесь он возглавляет только что созданный в Институте математики АН УССР отдел теории вероятностей и одновременно начинает заведовать кафедрой теории вероятностей и алгебры в Киевском университете. Очень скоро около него образовалась группа молодежи, заинтересовавшаяся теорией вероятностей и математической статистикой. Первыми киевскими учениками Б.В. были В.С.Королюк, В.С.Михалевич и А.В. Скороход.

В это время Б.В. увлекся сам и увлек многих своих учеников и коллег задачами, связанными с проверкой однородности двух выборок. В.С.Королюк, В.С.Михалевич, Е.Л. Рвачева (Ющенко), Ю.П. Студнев и др. получили серьезные результаты в этой области.

В конце 1953 года Б.В.Гнеденко был направлен в ГДР для чтения лекций в университете им. Гумбольдта (Берлин). Он провел там весь 1954 год. За это время Б.В. сумел заинтересовать большую группу молодых немецких математиков (Д. Кёниг, И. Керстан, К. Маттес, В. Рихтер, Г.-И. Россберг и др.) задачами теории вероятностей и математической статистики. Правительство ГДР наградило Бориса Владимировича серебряным орденом «За заслуги перед Отечеством», а университет им. Гумбольдта избрал его почетным доктором.

Вернувшись в конце 1954 года в Киев, Б.В. по поручению Президиума АН УССР возглавил работу по организации Вычислительного центра. Был создан коллектив, в который вошли сотрудники лаборатории академика С.А.Лебедева, автора первой в континентальной Европе ЭВМ, получившей название МЭСМ (малая электронная счетная машина). Лаборатория к этому времени возглавлялась её старейшими сотрудниками – Е.А.Шкабарой и Л.Н. Дашевским, т.к. сам С.А. Лебедев уже переехал в Москву, где ему была поручена организация Института точной механики и вычислительной техники. В этот коллектив вошли и математики, среди которых в первую очередь надо назвать В.С.Королюка, Е.Л. Ющенко и И.Б. Погребысского. Началась работа по проектированию универсальной машины «Киев» и специализированной машины для решения систем линейных алгебраических уравнений.

Одновременно Б.В. начал читать в университете курс программирования для ЭВМ и возглавил работу по написанию учебника по программированию. Этот курс (первая в СССР книга по программированию в открытой печати) был издан в Москве в 1961 году (авторы – Б.В. Гнеденко, В.С. Королюк, Е.Л. Ющенко). В это же время (1955 г.) Президиум АН УССР возложил на Б.В. Гнеденко обязанности директора Института математики АН УССР и председателя бюро физико-математического отделения АН УССР.

В этот период Борис Владимирович начинает разрабатывать два новых направления прикладных научных исследований – теорию массового обслуживания (ТМО) и применение математических методов в медицине.

К первому он привлек И.Н.Коваленко, Т.П.Марьяновича, Н.В.Яровицкого, С.М.Броди и др. Б.В. применил методы ТМО к расчету электрических сетей промышленных предприятий. В 1959 году были изданы «Лекции по теории массового обслуживания» (выпуск 1), прочитанные Б.В. в КВИРТУ¹ в 1956-57 годах. Затем последовали выпуски 1-2 (1960 г.), выпуски 1-3 (1963 г., совместно с И.Н.Коваленко). Эти книги послужили основой для монографии «Введение в теорию массового обслуживания» (1966 г.), написанную Б.В. Гнеденко и И.Н. Коваленко.

Второе направление связано с разработкой электронного диагноста сердечных заболеваний. Над этой проблемой работали Б.В.Гнеденко, Н.М.Амосов, Е.А.Шкабара и М.А.Куликов. В начале 1960 года была завершена сборка первого в мире диагноста.

¹ Киевское высшее инженерное радиотехническое училище

Переехав в июле 1960 года Москву, Борис Владимирович возобновляет работу на механико-математическом факультете МГУ. Работа вновь полностью захватила его: чтение разнообразных лекционных курсов, новые ученики, новые обязанности.

В год пятидесятилетия Бориса Владимировича (1962) Андрей Николаевич Колмогоров в журнале «Теория вероятностей и ее применения» писал: «Академик АН УССР Борис Владимирович Гнеденко по общему международному признанию является одним из выдающихся математиков, работающих в настоящее время в области теории вероятностей. Исключительно тонкое владение методами классического анализа он соединяет с пониманием широкой современной проблематики теории вероятностей и с постоянным интересом к ее приложениям».

В 1961 году Б.В. вместе с Я.М.Сориным, Ю.К.Беляевым, А.Д.Соловьевым, Я.Б.Шором, Л.Я.Шухгальтером организует семинар по надежности при Политехническом музее, который эффективно работал в течение многих лет. Вскоре появляется необходимость организации отдельного семинара специально по математическим методам теории надежности. Этот семинар начинает работать на механико-математическом факультете МГУ под руководством Б.В.Гнеденко, А.Д.Соловьева, Ю.К.Беляева и И.Н.Коваленко, который в это время работал в Москве. Семинар по математическим методам в теории надежности регулярно работал до конца восьмидесятых годов. Он помог в научном отношении встать на ноги многим своим участникам, теперь широко известным специалистам в области надежности, таким как Е.Ю. Барзилович, В.А. Каштанов, И.А. Ушаков и др. Этот семинар повлиял, в свою очередь, и на своих руководителей и подтолкнул Б.В.Гнеденко, Ю.К.Беляева и А.Д.Соловьева к написанию широко известной у нас и за рубежом монографии «Математические методы в теории надежности» (1965 г.). За цикл работ в области надежности Б.В. вместе с ближайшими сподвижниками был удостоен в 1979 году Государственной премии СССР.

В связи с задачами надежности Б.В. вновь вернулся к исследованию предельных теорем для сумм независимых случайных величин, но уже в случайном числе. К этому направлению исследований Б.В. привлекает многих своих учеников. За эти работы в 1982 году ему присуждается премия им. М.В. Ломоносова первой степени, а в 1986 году – премия Минвуза СССР.

Б.В. не переставал интересоваться вопросами истории математики, подключив своих учеников и к этому направлению работ. В различных отечественных и зарубежных журналах печатались его статьи по этому направлению исследований, а его "Очерк по истории теории вероятностей" дает наиболее полное представление о его взглядах на историю этой науки.

Совместно с А.И. Маркушевичем Б.В. руководил работой семинара по вопросам преподавания в средней школе. Он тесно сотрудничал с редакциями журналов «Вестник высшей школы» и «Математика в школе». В этих и многих зарубежных журналах, в сборниках научно-методического совета Минвуза СССР им было опубликовано большое число статей по различным аспектам преподавания. По этим же вопросам Б.В. написал в эти годы и несколько книг.

В январе 1966 года А.Н.Колмогоров передал Б.В.Гнеденко руководство кафедрой теории вероятностей механико-математического факультета МГУ, которой Б.В. заведовал до последних дней своей жизни.

Еще работая во Львове, Б.В. много времени и сил отдавал работе в обществе «Знание». С 1949 года он последовательно избирался председателем областного правления общества, возглавлял республиканскую физико-математическую секцию общества, являлся членом Президиума правления Всесоюзного общества «Знание», председателем общества «Знание» Московского университета.

Б.В. был членом редколлегий ряда отечественных и зарубежных журналов, являлся членом Королевского Статистического Общества (Великобритания), был избран почетным доктором Берлинского университета, почетным доктором Афинского университета.

В последние годы жизни, зная суровый приговор врачей, Б.В. продолжает руководить кафедрой, выдвигает и осуществляет идею создания на механико-математическом факультете экономической специализации и подготовки в ее рамках специалистов в области актуарной и финансовой математики. Кроме этого он намечает список книг, которые надо успеть написать за оставшееся время. И он пишет. Окончательно ослепнув, диктует, но выполняет намеченное.

27 декабря 1995 года Бориса Владимировича не стало. Он похоронен на Кунцевском кладбище в Москве.

Дэвид Кендалл и Ю.М.Сухов в некрологе «Boris Vladimirovitch Gnedenko» («Bernoulli», 1997, 3(1), 121-122) написали:

«Его смерть означает конец великолепной и плодотворной эры, которая навсегда преобразовала теорию вероятностей и значительно расширила ее кругозор и число ее приложений».

Б.В.Гнеденко оставил много учеников. Среди них – академики и члены-корреспонденты различных академий, профессора и доценты. В их памяти сохраняются незабываемые дни приобщения к науке и самостоятельному творчеству под руководством большого ученого и педагога, часы непосредственного общения с Человеком большой эрудиции и высокой культуры.

Б.В. ГНЕДЕНКО: БИБЛИОГРАФИЯ*

1933 год

1. Методика составления эмпирических формул (совм. с Г.П.Боевым. «Бюллетень ИВНИТИ», N3, 24-37; № 6, 46-65).
2. О связи коэффициента неровноты с вариационным коэффициентом (совм. с Г.П.Боевым. «Бюллетень ИВНИТИ», N7, 48-53).
3. К вопросу о распределении обратных величин («Бюллетень ИВНИТИ», № 8-9, 55 - 62).
4. О статистическом распределении степенных функций (Сборник научно-исследовательских работ ИВНИТИ, 18 - 22).
5. О нормировании методом станкообходов (совм. с Г.В.Соколовым. Сборник научно-исследовательских работ ИВНИТИ, 157 - 182).

1934 год

6. К методике и технике установления потерь в производительности оборудования текстильной промышленности из-за неукладчивости («Бюллетень ИВНИТИ», № 3-4, 114 -117).

* В библиографию включено все, что удалось найти из написанного и опубликованного Б.В. Гнеденко, начиная с книг и заканчивая газетными статьями. Сюда же включены и опубликованные интервью. Библиография разбита по годам, и для каждого года представлено все, что публиковалось в течение этого года, включая переиздания. При этом работы для каждого года располагаются в одном определенном порядке: книги, научные статьи, статьи по различным аспектам преподавания, рецензии, статьи из журналов общего характера, газетные публикации, интервью. Если одна и та же статья публиковалась в течение года в разных местах, то она указывается под одним номером с перечислением выходных данных всех изданий. Иногда в течение года встречаются статьи с одним и тем же названием, но различным содержанием. Они перечисляются под разными номерами, по возможности, рядом.

7. Вычисление среднего перехода между станками («Бюллетень ИВНИТИ», № 1-2, 117-122).
8. О вычислении среднего перехода между станками конечных размеров («Бюллетень ИВНИТИ», № 10-12, 118-122)
9. О среднем простое станков при многостаночном обслуживании из-за неуспеваемости рабочего («Известия хлопчатобумажной промышленности», № 11, 15 - 18).

1936 год

10. Методика составления эмпирических зависимостей и номограмм в текстильном деле (совм. с Г.П.Боевым и Ю.С.Виноградовым. Гизлегпром, 1-128).
11. О Θ в формуле Лагранжа («Математическое просвещение», № 7, 31 - 35).

1937 год

12. Об единственности системы ортогональных функций, инвариантной относительно дифференцирования (Доклады АН СССР, т.14, №4, 159 - 161).
13. Об одном характеристическом свойстве безгранично делимых законов распределения («Бюллетень МГУ. Математика и механика», т.1, вып. 5, 10-16).
14. О характеристических функциях («Бюллетень МГУ. Математика и механика», т.1, вып. 5, 17 - 18).

1938 год

15. О сходимости законов распределения сумм независимых слагаемых (Доклады АН СССР, т. 18, № 4-5, 231 - 234).

1939 год

16. О предельных теоремах для сумм независимых слагаемых (Доклады АН СССР, т. 22, № 2, 61 - 64).
17. К теории предельных теорем для сумм независимых случайных величин («Известия АН СССР», серия математическая, № 2, 181-232).
18. К теории предельных теорем для сумм независимых случайных величин (исправления к статье под тем же названием) («Известия АН СССР», серия математическая, № 6, 643-647).
19. Об областях притяжения устойчивых законов («Доклады АН СССР», т. 24, № 7, 640 - 642).
20. К теории областей притяжения устойчивых законов («Ученые записки МГУ», вып. 30, 61 - 81).
21. О предельных законах теории вероятностей («Доклады АН СССР», т. 23, № 9, 868 - 871).
22. О сходимости законов распределения нормированных сумм независимых случайных величин (совм. с А.В.Грошевым. «Математический сборник», т. 6, (48), № 3, 521 - 541).
23. Обзор современного состояния теории предельных законов для сумм независимых слагаемых («Ученые записки Тюменского пединститута», вып. 1, 5 - 28).

24. Андрей Николаевич Колмогоров (совм. с П.С.Александровым, В.В.Степановым, И.Г.Петровским, А.Я.Хинчиным. Статья напечатана под рубрикой «Кандидаты в действительные члены Академии Наук СССР»). («Правда», 19 января).

1940 год

25. Несколько теорем о степенях функций распределения. («Ученые записки МГУ», вып. 45, 61 - 71).

1941 год

26. К теории счетчиков Гейгер-Мюллера («Журнал экспериментальной и теоретической физики», т. 11, вып. 1, 101 - 106).
27. Предельные теоремы для максимального члена вариационного ряда («Доклады АН СССР», т. 32, № 1, 7-9).
28. Зона действия истребителя-перехватчика (отчет сдан заказчику).
29. Исследование влияния ветра на траекторию самолета, летящего на радиостанцию с постоянным курсовым углом и постоянной скоростью (отчет сдан заказчику).
30. О некоторых задачах теории стрельбы (отчет сдан заказчику).
31. Гордость советской математики (совм. с Н.В. Смирновым. «Лауреаты Сталинской премии ученые МГУ». Издание МГУ, 26-27).
32. Замечательный воспитатель молодежи («Лауреаты Сталинской премии ученые МГУ». Издание МГУ, 27-28).

1942 год

33. О локально устойчивых законах распределения («Доклады АН СССР», т.35, № 9, 295 - 298).
34. Локально устойчивые законы распределения («Известия АН СССР», серия математическая, № 6, 291 - 308).
35. Исследование роста однородных случайных процессов с независимыми приращениями («Доклады АН СССР», т. 36, № 1, 3-4).
36. Средний расход снарядов в случае поражения цели одним попаданием (отчет сдан заказчику).

1943 год

37. О росте однородных случайных процессов с независимыми приращениями («Известия АН СССР», серия математическая, т.7, 89 - 110).
38. Sur la distribution limite du terme maximume d'une serie aleatoire (Annals of Mathematics v.44, № 3, 423-453).
39. О росте однородных случайных процессов с независимыми однотипными приращениями («Доклады АН СССР», т.11, № 3, 103-107).
40. О законе повторного логарифма для однородных случайных процессов с независимыми приращениями («Доклады АН СССР», т. 11, № 7, 291 - 293).
41. Решение одной задачи теории ошибок механизмов от торцевого биения (отчет сдан заказчику).

1944 год

42. Элементы теории функций распределения случайных векторов («Успехи математических наук», т. X, 230 - 244).
43. Предельные законы для сумм независимых случайных величин («Успехи математических наук», т. X, 115 - 165).
44. Теория ошибок одного аэрокартографического прибора (совм. с инженер-майором М.П.Бордюковым; отчет сдан заказчику).

1946 год

45. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я. Хинчиным. ГИТТЛ, 1 - 128).
46. Очерки по истории математики в России (ГИТТЛ, 1 - 247).
47. Краткие беседы о зарождении и развитии математики (Издательство Академии педагогических наук РСФСР, 1 - 40).
48. Русская школа теории вероятностей (М. Институт истории естествознания АН СССР. «Тезисы докладов к совещанию по истории естествознания, 24-26 декабря 1946», 39-40).
49. Видатний математик (до 145-річчя з дня народження М.В. Остроградського) (Киевский университет, газета «За радянські кадри», 14 октября, № 29-30).
50. О работе университетского издательства (Газета «Московский Университет», 23 апреля).

1947 год

51. Как математика изучает случайные явления (Издательство АН УССР, 1 - 75).
52. К вопросу об ошибках рычажного пантографа (совм. с М.П.Бордюковым. «Вестник Военно-инженерной Академии им. Куйбышева», т. 48, вып. 6, 68 - 79).
53. Об эллипсоидах рассеивания («Ученые записки Львовского университета», т. 5, вып. 2, 116 - 120).
54. О функциях от случайных величин («Известия Львовского университета», т. 5, вып. 2, 121 - 128).
55. Стефан Банах («Ученые записки Львовского университета», т. 5, вып. 1, 5 - 9).

1948 год

56. Об одной теореме С.Н.Бернштейна («Известия АН СССР», серия математ., т. 12, 97 - 100).
57. К теории роста однородных случайных процессов с независимыми приращениями («Труды Института математики АН УССР», № 10, 60 - 82).
58. Про одну характеристичну властивість нормального закону розподілу (совм. с Е.Л.Рвачевой. «Доповіді АН УРСР», № 3, 3 - 5).
59. Об одном характеристическом свойстве нормального закона распределения (совм. с Е.Л.Рвачевой. «Труды Института математики АН УССР», № 11, 36 - 42).
60. О локальной предельной теореме теории вероятностей («Успехи математических наук», т. 3, вып 8, 187 - 194).
61. Развитие теории вероятностей в России («Труды Института истории естествознания», т. 2, 390 - 425).

62. Русская школа теории вероятностей (М.Л. Изд-во АН СССР. Институт истории естествознания. "Труды совещания по истории естествознания 24-26 декабря 1946 г. Тезисы", 192 - 193).
63. Теория вероятностей (совм. с А.Н.Колмогоровым. «Математика в СССР за 30 лет», Гостехиздат, 701 – 727, 739-756).
64. Математика в Московском университете в XX в (до 1940г) (совм. с П.С.Александровым и В.В.Степановым. «Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 1, 9 - 42).
65. Михаил Васильевич Остроградский (Сборник "Люди русской науки", ГИТТЛ, т. 1, 99-104).
66. Пафнутий Львович Чебышев (Сборник "Люди русской науки", ГИТТЛ, т. 1, 111-121).
67. Андрей Андреевич Марков (Сборник "Люди русской науки", ГИТТЛ, т. 1, 179-185).
68. С.С.Банах (В книге Банах С.С. «Курс функціонального аналізу». Киев, изд-во «Радянська школа», 1-2).
69. Рецензия на книгу Г. Крамера «Случайные величины и распределения вероятностей» («Успехи математических наук», т. 3, вып. 6, 220-221).
70. Рецензия на книгу Г. Крамера «Математические методы статистики» («Успехи математических наук», т. 3, вып. 4, 184-186).

1949 год

71. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин (совм. с А.Н.Колмогоровым. ГИТТЛ, 1 - 264).
72. Курс теорії імовірностей («Радянська школа», Київ, Львів, 1949, 1-128).
73. О локальной предельной теореме для случая бесконечной дисперсии («Труды Института математики АН УССР», № 12, 22 - 30).
74. О некоторых свойствах предельных распределений для нормированных сумм («Украинский математический журнал», т.1, 3-8).
75. О локальной теореме для областей нормального притяжения устойчивых законов («Доклады АН СССР», т. 66, № 3, 325 - 326).
76. О локальной теореме для предельных устойчивых распределений («Украинский математический журнал», № 4, 3-15).
77. Последовательный анализ (Ташкент. Изд-во АН УзССР. «Труды второго Всесоюзного совещания по математической статистике», 5 - 23).
78. О работах Н.И.Лобачевского по теории вероятностей («Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 2, 129 - 136).

1950 год

79. Курс теории вероятностей (ГИТТЛ, 1 - 360).
80. Курс теорії імовірностей («Радянська школа», Київ, Львів, 1 - 387).
81. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. ГИТТЛ, 2-е издание, 1 - 144).
82. Об области притяжения нормального закона («Доклады АН СССР», т.71, № 3, 425 - 428).
83. Несколько замечаний к теории областей притяжения устойчивых законов (совм. с В.С.Королюком. «Доповіді АН УРСР», № 4, 275 - 278).
84. Теория вероятностей и познание реального мира («Успехи математических наук», т. 5, вып. 1, 3 - 23).
85. Theorie pravdepodobnosti a poznavani realneho sveta («Otazky statistiky», 12 (32), 65).

86. Про деякі питання викладання математики в університеті (Київський університет, газета «За радянські кадри», 18 листопада, № 27).
87. «Арифметика» Магницького (еженедельна газета «Зірка», 3 лютого, № 6).

1951 год

88. Fuggetlen valosznusegi valtozok osszegeinek hatareloszlassi (es A.N.Kolmogorov. Akademiai Kiado, Budapest, 1-256).
89. Limit theorems for sums of independent random variables (American Mathematical Society, 1 - 82). (Смотри «Успехи математических наук», 1944, № 10, 115-165).
90. О максимальном расхождении двух эмпирических распределений (совм. с В.С. Королюком. «Доклады АН СССР», т.80, № 4, 525 - 528).
91. Про імовірне відхилення («Доповіді Академії наук УРСР», 1951, № 2).
92. Несколько замечаний о локальной предельной теореме теории вероятностей («Ученые записки Киевского университета», т. X, вып. 1, «Математический сборник», № 5, 21 - 28).
93. О работах М.В.Остроградского по теории вероятностей («Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 4, 99 - 123).
94. М.В.Остроградський (совм. с Е.Я.Ремез. «Вісник АН УРСР», № 9, 61 - 70).
95. Михаил Васильевич Остроградский («Успехи математических наук», т.6, вып. 5, 3 - 25).
96. Попереднє повідомлення про рукописи М.В.Остроградського (совм. с Е.Я.Ремез. «Вісник АН УРСР», № 8, 52 - 63).
97. Михаил Васильевич Остроградский («Украинский математический журнал», т.3, № 3, 235 - 239).
98. Михаил Васильевич Остроградский (Общество по распространению политических и научных знаний УССР, Киев, 1 - 41).
99. Історія математики як дисципліна викладання і як предмет наукового дослідження (Методичний збірник "Математика в школі", вып.5, 14 - 31).
100. Про бесіди з історії науки на уроках математики (Журнал "Радянська школа", № 3, 44 - 49).
101. Механіко-математичний (Київський університет, газета «За радянські кадри», 11 червня, № 15).
102. М.В.Остроградський (Київський університет, газета "За радянські кадри", 28 вересня, № 20).
103. Выдающийся ученый и педагог («Учительская газета», 22 вересня, № 76).
104. Видатний учений і педагог (совм. с Е.Л. Рвачевой. «Київська правда», 23 вересня, № 189).
105. Выдающийся русский ученый (газета «Защитник Отечества», 26 мая, № 121).
106. Выдающийся русский ученый («Красная звезда», 23.09., № 224).

1952 год

107. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. ГИТТЛ, 3-е изд., 1 -- 144).
108. Elementy rachunku pravdopodobienstwa (совм. с А.Я. Хинчиным. Warszawa, Panstwowe wydawnictwo naukowe, 1 - 155).
109. М.В.Остроградский (Очерки жизни, научной и педагогической деятельности, ГИТТЛ, 1 - 331).
110. З історії математики в Росії (Радянська школа, 1 -- 40).

111. Декілька зауважень до статей О.А.Ілляшенка і Й.І. Гіхман («Доповіді АН УРСР», № 1, 10 - 12).
112. Об одной задаче сравнения двух эмпирических распределений (совм. с Е.Л.Рвачевой. «Доклады АН СССР», т. 82, № 4, 513-516).
113. Некоторые результаты о максимальном расхождении между двумя эмпирическими распределениями («Доклады АН СССР», т. 82, № 5, 661 - 663).
114. О распределении числа выходов одной эмпирической функции распределения над другой (совм. с В.С. Михалевичем. «Доклады АН СССР», т. 82, № 6, 841 - 843).
115. Две теоремы о поведении эмпирических функций распределения (совм. с В.С. Михалевичем. «Доклады АН СССР», т. 85, № 1, 25 - 27).
116. Порівняння ефективності деяких методів перевірки однорідності статистичного матеріалу (совм. с Ю.П.Студневым. «Доповіді АН УРСР», № 5, 359 - 363).
117. Зависимость неровноты пряжи от длины образца («Текстильная промышленность», № 3, 27 - 31).
118. О полных ортогональных системах тригонометрических функций («Вопросы элементарной и высшей математики», вып.1, изд. Харьковского гос. университета, 24 - 34).
119. Выдающийся русский ученый М.В.Остроградский (Изд-во общества "Знание", Москва, 1 - 24).
120. Про філософські проблеми математики в зв'язку з її викладанням (Методичний збірник "Математика в школі", вип.7, 7-23).
121. Выдающийся русский ученый (Газета "Защитник Отечества", № 121, 26.5).

1953 год

122. Introducere elementara in calculul probabilitatilor (si A.Hinčin. Bucuresti, Editure Tehnica, 1 - 116).
123. О роли максимального слагаемого при суммировании независимых случайных величин («Украинский математический журнал», т. 5, № 3, 291 - 298).
124. О некоторых свойствах срединного уклонения («Труды Института математики и механики АН УзССР», вып. 10, ч. 1, 26-35).
125. Об одной работе П.Л.Чебышева, не вошедшей в полное собрание сочинений («Историко-математические исследования», вып. 6, 215-222).
126. Две лекции по философским вопросам математики (Киевский гос. университет. «Научные записки», т. XII, вып. VI, Математический сборник, № 7, 5 - 36).
127. 250 років "Арифметики" Магницького (совм. с И.Б.Погребыским. «Вісник АН УРСР», № 7, 53 - 63).
128. Про боротьбу матеріалізму з ідеалізмом в математиці («Вісник АН УРСР», № 11, 27 - 37).
129. Pafnutij Lvovic Cebusev (Prelozeno z knihy «Prehled dejin matematiky v Rusku», str 112-125, a dodatek 3, str. 232-239) (Casop. pestov. mat., 78, № 1, 89-103).
130. Aleksandr Michajlovic Ljapunov (Prelozeno z knihy «Prehled dejin matematiky v Rusku», str. 133-143) (Casop. pestov. mat., 78, № 1, 105-112).
131. Колмогоров Андрей Николаевич (Большая Советская Энциклопедия, т. 22, стр. 13).
132. Советская школа теории чисел (Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. «Mathematik», 1, Russische fachtexte für den Hochschulunterricht, heft 6, 3 - 20).
133. Советская школа теории вероятностей (Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. «Mathematik», 1, Russische fachtexte für den Hochschulunterricht, heft 6, 21 - 62).

1954 год

134. Курс теории вероятностей (ГИТТЛ, 2-ое изд., 1 - 411).
135. Limit Distributions for the Sums of Independent Random Variables (with A.N. Kolmogorov. Addison-Wesley, USA, 1 - 264).
136. Limit Distributions for the Sums of Independent Random Variables (Translated and annotated by K.L. Chung. With an Appendix by J.L. Doob. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Cambridge, Mass. IX + 264 pp.).
137. Bevezetes a valoszinugszamitasba (совм. с А.Я. Хинчиным. Budapest, Művelt nép Konivkiado, 1 - 141).
138. Elementarny wstep do rachunku prawdopodobienstwa (совм. с А.Я. Хинчиным. Warszawa, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1 - 158).
139. Elementarni uvod do theorie pravdepodobnosti (совм. с А.Я. Хинчиным. Praga, Statni nakladatelstvi technike literatury, 1 - 115).
140. Предельные теоремы для сумм независимых слагаемых и цепей Маркова («Украинский математический журнал», т. 6, № 1, 5 - 20).
141. Локальная предельная теорема для плотностей («Доклады АН СССР», т. 95, № 1, 5 - 7).
142. Проверка неизменности распределения вероятностей в двух независимых выборках (с добавлением «Kriterien für die Unveranderlichkeit der Wahrscheinlichkeitsverteilung von zwei unabhungen Stichprobenreihen» («Mathematische Nachrichten», Band 12, Heft 1/2, 29 - 66).
143. О локальной предельной теореме для одинаково распределенных независимых слагаемых («Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universitat zu Berlin», № 4, 287 - 293).
144. Розвиток теорії імовірностей на Україні (совм. с И.И.Гихманом. «Праці Київського ун-та, Природничі науки», № 11, 59 - 94).
145. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik (und L.Kalujnin. «Das Hochschulwesen», № 8-9, 50 - 54).
146. Über die Formen der Kollektiven Wissenschaftlichen Arbeit in sowjetischen Hochschulwesen («Das Hochschulwesen», № 3, 1 - 6).
147. Über den Kampf zwischen Materialismus und den Idealismus in der Mathematik (zusam. L.A.Kalujnin. «Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Drezden», B. 3, heft 5, 631 - 638).
148. Despre lupta dintre materialism si idealism in matematica («Analele Romino-Sovietice, matematica-fizica», № 3, 68 - 80).
149. О математической жизни в ГДР (совм. с Л.А.Калужниным. «Успехи математических наук», т. 9, вып., 4, 133 - 154).
150. Подготовка математиков в Дрезденской высшей технической школе («Вестник высшей школы», № 11, 59 - 61).
151. Рецензия на полное собрание сочинений П.Л.Чебышева («Успехи математических наук», т.9, вып. 4, 263 - 266).
152. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Erkenntnis der realen Welt (Naturwissenschaftliche Reiche, 22 oktober 1954, № 38, Wissenschaftliche Beilage des Forum).
153. Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre praktische Anwendung («Neues Deutschland», 24.X, № 250).
154. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Produktion («Tagliche Rundschau», 16.X, № 240 (2871)).

1955 год

155. Курс теории вероятностей (Пекин, 1 - 426).
156. Предельные распределения для сумм независимых слагаемых (совм. с А.Н.Колмогоровым. Пекин, 1 - 280).
157. Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung (und A.Chintschin. Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1 - 136).
158. О популярных лекциях по математике и ее истории (Киев, общество "Знание", 1 - 44).
159. Александр Яковлевич Хинчин (к 60-летию со дня рождения) («Успехи математических наук», т.Х, вып.3, 197 - 212).
160. Остроградский Михаил Васильевич (Большая Советская Энциклопедия, т. 31, 346 - 347).
161. Über die Ausbildung der Mathematik und Physiklehrer in der Sowietunion («Mathematik und Physik in der Schule», № 11, 489 - 497).
162. Walka między materialismem a idealismem w matematyce (совм.с Л.А.Калужниным. Warszawa. «Matematyka. Czasopismo dla nauczycieli», № 5-6, 1 - 8).
163. Букви замість цифр (Киев, «Зірка», 8 апреля, № 15).

1956 год

164. Курс теории вероятностей (пер. на китайский со 2-ого издания, Пекин, 1 - 449).
165. Über die Nachprüfung statistischer Hypothesen mit Hilfe der Variationsreihe (Berlin. Deutscher Verlag der Wissenschaften. «Bericht über die Tagung Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Mathematische Statistik in Berlin vom. 19 bis 22 october 1954», 97 - 107).
166. Непараметрические задачи статистики. (Совместно с И.И.Гихманом и Н.В.Смирновым. Москва, изд-во АН СССР. Труды третьего Всесоюзного математического съезда (Москва, июнь-июль 1956), т. II. Краткое содержание обзорных и секционных докладов, 47-48).
167. The main stages in the history of the theory of probability («Actes du VIII-e Congres International d'histoire des sciences» (Florence 3-9 September 1956), p. 128 - 131).
168. A.I.Hincin («Analele Romino-Sovietice, matematica-fizica», anul X -- seria III-a, № 3, 115 - 124).
169. Masinele electronice de calculat («Analele Romino-Sovietice, matematica-fizica», anul X – seria III-a, № 4, 5 - 15).
170. О развитии математики на Украине (совм. с И.Б.Погребыским. «Историко-математические исследования», 1-я серия, вып.9, 403 - 426, вып.10, 766).
171. Развитие теории вероятностей на Украине (совм. с И.И.Гихман. «Историко-математические исследования», 1-я серия, вып.9, 477 - 536).
172. О работах Гаусса по теории вероятностей ("Карл Фридрих Гаусс", сборник статей к 100-летию со дня смерти. Издательство АН СССР, 217 - 240).
173. О некоторых задачах истории математики (Москва, изд-во АН СССР. Труды третьего Всесоюзного математического съезда (Москва, июнь-июль 1956), т. II, краткое содержание обзорных и секционных докладов, 100 - 101.).
174. Евгений Яковлевич Ремез (совм. с И.Б. Погребыским. «Украинский математический журнал», т. 8, № 2, 218-222).
175. Begrüßungsansprache (Berlin. Deutscher Verlag der Wissenschaften. «Bericht über die Tagung Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Mathematische Statistik in Berlin vom. 19 bis 22 october 1954», 3-5).

176. Сучасні швидкодіючі обчислювальні машини (газета "Радянська Україна", 19 декабря, № 295).
177. 20 000 обчислень на секунду (журнал "Україна", № 12, стр. 28).
178. Гениальный математик («Наука и життя», № 2, 29 - 30).
179. Activitate științifică legată de practică (Румыния, «Scinteia», 11.05., № 3592).

1957 год

180. Курс теории вероятностей (Япония. 3-505).
181. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Akademie-Verlag, Berlin, 1 - 387).
182. Rozklady graniczne sum zmiennych losowych niezaleznych (i A.Kolmogorov. PWN, Warszawa, 1 - 262).
183. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. ГИТТЛ, 4-е изд., 1 -- 144).
184. О некоторых задачах истории математики (Труды третьего Всесоюзного математического съезда (июнь-июль 1956 г., Москва), т. III, обзорные доклады, секция истории математики, 579 - 583, Москва, изд-во АН СССР).
185. О некоторых задачах истории математики (совм.с И.Б.Погребыским. «Украинский математический журнал», т.IX, № 4, 359 - 368).
186. О некоторых советских работах по теории информации (Prague. Publishing house of the Czechoslovak Academy of Sciences. «Transactions of the First Prague Conference on Information Theory, Statistical Decision Functions, Random Processes held at Liblice near Prague from November 28 to 30, 1956», 21-28).
187. О некоторых задачах теории вероятностей («Украинский математический журнал», т.9, N4, 359 - 368).
188. К новым успехам советской школы теории вероятностей (Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т. 2, вып. 3, 289-291).
189. Електронні цифрові машини (совм. с В.М.Глушковым. «Вісник АН УРСР», № 9, 3 - 10).
190. Радянська математика за сорок років («Вісник АН УРСР», № 11, 29 - 41).
191. Чебышев Пафнутий Львович (Большая Советская Энциклопедия, т. 47, 81 - 82).
192. Über die Arbeiten von C.F.Gauss zur Wahrscheinlichkeitsrechnung (C.F.Gauss Gedenkband, Teubner, Leipzig, 193 - 204).
193. Mathematical Education in the USSR («The American Mathematical Monthly», v. 64, № 6, 389 - 408).
194. Despre formarea notiunilor matematice («Analele Romino-Sovietice, matematică-fizică», No 1, 89 - 100).
195. Перша нарада математиків України (Вісник АН УРСР, № 10, 69 - 72).
196. Первое совещание математиков Украины («Успехи математических наук», т. XII, вып.6, 215 - 220).
197. Два совещания по теории информации («Украинский математический журнал», т. IX, № 3, 345 - 347).
198. Месяц у математиков Румынской Народной Республики («Украинский математический журнал», т.9, № 1, 111 - 112).
199. Вклад українських математиків (журнал «Наука і життя», № 8, 3-5).
200. Майбутнє обчислювальних машин («Робітнича газета», 23 марта, № 70).
201. Пути улучшения научной работы (газета «Правда Украины», 24 апреля, № 98).
202. Про математичну освіту (газета «Радянська Освіта», 14 сентября, № 37).
203. За дальший розвиток математичної науки на Україні (совместно с И.Ф.Тесленко. газета «Радянська Освіта», 20 июля, № 29).
204. Будущее науки необозримо («Правда Украины», 18 августа, № 193).

205. Мощь и зрелость нашей науки и техники («Правда Украины», 17 октября, № 244).
 206. Успіхи українських математиків («Літературна газета», 30 липня, № 59).
 207. Вивчайте іноземні мови (совм. с Л.А. Калужниным, газета Киевского университета «За радянські кадри», 26 января, № 7).
 208. Мир потрібний усім народам («Радянська Україна», 1 мая, № 103).

1958 год

209. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. Пекин, 1 -- 132).
 210. On limit theorems of the theory of probability (Киев. АН УССР. Институт математики. 1 - 35).
 211. Про одну задачу масового обслуговування («Доповіди АН УРСР», № 5, 477 - 479).
 212. Непараметрические задачи статистики (совм. с И.И. Гихманом и Н.В.Смирновым. Изд-во АН СССР. «Труды Третьего Всесоюзного Математического съезда. Москва, июнь-июль 1956», т. 3, 320 - 334).
 213. О критерии Вилкоксона сравнения двух выборок («Бюллетень Польской Академии Наук, серия математических, астрономических и физич. наук», т.6, № 10, 611 - 614).
 214. Education Cientifico-Matematica, en la Union de Republicas Socialistas Sovieticas (Peru, Lima. «Nueva Educacion», , 23-30).
 215. О nekterych ukolech historie matematiky (a I.B. Pogrebysskiy. Praha. Československa Akademie VĚD. «Pokroku Matematiky, Fisiky a Astronomie», t.3, N5, 526- 535).
 216. О некоторых задачах истории математики («Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 11, 47 - 62).
 217. Об истории математики и ее значении для математики и других наук (совм. с И.Б.Погребыским, «Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 11, 441-460).
 218. О работах Л.Эйлера по теории вероятностей, теории обработки наблюдений, демографии и страхованию (Изд-во АН СССР. Сборник "Л.Эйлер, 250-летие со дня рождения", 184 - 209).
 219. Очерк жизни, научного творчества и педагогической деятельности М.В.Остроградского (совм. с И.А.Мароном. Изд-во АН СССР. В книге «Избранные труды М.В. Остроградского», 380 - 457).
 220. Десять лет "Историко-математических исследований" (совместно с И.Б.Погребыским. «Успехи математических наук», т. X, № 2, 229 - 230).
 221. Десять лет "Историко-математических исследований" (совместно с И.Б.Погребыским. «Успехи математических наук», т. 13, № 5, 229 - 233).
 222. Про міжнародні зв'язки Інституту математики АН УССР (совм. с В.Т. Гаврилюк. «Вісник АН УРСР», № 3, 66 - 67).
 223. Республиканская конференция по вопросам статистических методов анализа и контроля производства («Украинский математический журнал», т.Х, № 1).
 224. Рецензия на книгу Л.Шметтерер «Введение в математическую статистику» (Изд-во «Наука», "Теория вероятностей и ее применения", т.ІІІ, вып. 1, 118 - 120; «Новые книги за рубежом», серия А, № 9, 13 – 15).
 225. Рецензия на книгу О.Оническу, Г.Михок, Ч.Ионеску Тульча "Теория вероятностей и ее приложения" (Изд-во «Наука», "Теория вероятностей и ее применения", т.ІІІ, вып. 1, 117 - 118; «Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 20 – 23).
 226. Рецензия на книгу А.Реньи "Исчисление вероятностей" (Изд-во «Наука», "Теория вероятностей и ее применения", т.ІІІ, вып. 1, 115 - 116).
 227. Рецензия на книгу У.Гренандер и М.Розенблат "Статистический анализ стационарных временных рядов" (совм. со Н.П. Слободенюком) (Изд-во «Наука», "Теория

- вероятностей и ее применения", т. III, вып. 4, 475 - 477, «Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 24 - 27).
228. Рецензия на книгу Saunders L., Fleming R. «Математика и статистика для фармацевтов, биологов и химиков («Новые книги за рубежом», серия А, № 10, 9 - 10).
229. Рецензия на книгу Myslivec V. «Статистические методы в сельскохозяйственных и лесоводческих исследованиях» («Новые книги за рубежом», серия А, № 10, 11).
230. Наука, яка творить чудеса (Николаев, «Південна правда», 14 июня, № 117).
231. Математическая статистика и производство («Известия», 18 июня, № 145).
232. К итогам Всесоюзного совещания по теории вероятностей и математической статистике (Ереван, газета «Коммунист», 30 сентября, № 230).
233. Математическое образование («Известия», 21 декабря, № 303).
234. Посланец дружбы («Правда Украины», 17 июня, № 114).

1959 год

235. Лекции по теории массового обслуживания (Изд-во КВИРТУ, вып. I, 1 - 104).
236. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitstheorie (Berlin. Academy Verlag. Zweite auflage).
237. Granzverteilungen von Summen unabhängiger Zufallsgrossen (und A.Kolmogorov. Berlin. Academie Verlag. 1 - 279).
238. Про одне узагальнення формул Ерланга («Доповіді АН УРСР», № 4, 347 - 360).
239. Математическая статистика (совм. с И.И.Гихманом. ГИФМЛ, «Математика за 40 лет», т. I, 797 - 808).
240. О методике определения расчетных нагрузок промышленных предприятий (совм. с Б.С. Мешелем. «Электричество», № 2, 13 - 15).
241. Об оценке эффективности уточнения расчетов электрических нагрузок промышленных сетей (совм. с Б.С. Мешелем. «Электричество», № 11, 70 - 72).
242. Несколько замечаний к двум работам Д.Баррера («Buletinul Institutului Politehnic», din iasi, seria noua, tomul 5(IX), fasc. 1-2, 111 - 118).
243. Математика (МСЭ, т. 5, 1018 - 1024).
244. O nekterych ulohach teorie pravdepodobnosti (Praha. Československa Akademie VĚD. «Pokořky Matematiky, Fisyky a Astronomie», IV, № 1, 1 - 12,).
245. Исследования по теории вероятностей и математической статистике в системе АН УССР («Украинский математический журнал», т. II, № 2, 123 - 136).
246. О работах А.М.Ляпунова по теории вероятностей («Историко-математические исследования», вып. 12, 135 - 160).
247. Розвиток теорії ймовірностей у роботах О.М.Ляпунова (АН УРСР, Інститут математики, «Історіко-математичний збірник», № 1, 133 - 139).
248. Про дослідження Л.Ейлера з теорії ймовірностей, теорії обробки спостережень, демографії та страхування (АН УРСР, Інститут математики, «Історіко-математичний збірник», № 1, 71 - 76).
249. O historii matematyki i jej znaczeniu dla matematyki i innych nauk (i I.Pogrebyski. «Roczniki Polskiego Towarzystwa matematycznego», seria II, Wiadomosci matematyczne, t. III, № 1, 49 - 64).
250. О роли математических методов в биологических исследованиях (АН СССР, «Вопросы философии», № 1, 85 - 97).
251. Роль математики в биологических исследованиях (Изд-во АН СССР. "Философские проблемы современного естествознания", Труды Всесоюзного совещания по философским вопросам математики, , 494 - 498).
252. О математическом образовании в высших военно-учебных заведениях («Вестник противовоздушной обороны», № 12, 14 - 19).

253. Sur l'enseignement superieur des mathematiques (Lisboo. «Gaseta de Matematica», v. XX, № 76-77, 15-25).
254. The formation of mathematical concept (Actes IX Congr. internat. Histoire Scinces, Barcelona-Madrid, 1-7 Sept. 1959, p. 472).
255. "Материализм и эмпириокритицизм" В.И.Ленина и философские вопросы математики (Изд-во АН УРСР. Збірник «Геніальний філософський твір. В.І.Ленина», 300 - 318).
256. Про об'єктивний характер математичних понять (Державне видавництво політичної літератури УРСР. Збірник «Теоретична зброя комунізму», 249- 271).
257. Despre lupta dintre materialism si idealism in matematica (совм. с Л.А. Калужниным. Бухарест. «Gaseta matematica si fisica», seria A, vol. XI, № 7, 385-397).
258. Рецензия на книгу Т.В.Андерсона «Введение в многомерный статистический анализ» (Изд-во «Наука», "Теория вероятностей и ее применения", т. IV, вып. 2, 247 - 248; «Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 14 – 16).
259. Рецензия на книгу М.Фиш "Теория вероятностей и математическая статистика" (Изд-во «Наука», "Теория вероятностей и ее применения", т. IV, вып. 3, 365 - 367; «Новые книги за рубежом», серия А, № 2, 16 – 20).
260. Рецензия на книгу McCarthy P.J. «Введение в статистические рассуждения» («Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 17 – 19).
261. Рецензия на книгу Quenoille M.A. «Основа статистических рассуждений» («Новые книги за рубежом», серия А, № 5, 17 – 18).
262. Рецензия на книгу Vincze István «Статистический контроль качества» (совм. с М.Г. Фариничем, «Новые книги за рубежом», серия А, № 6, 35 –37).
263. Рецензия на книгу Ionescu H.M. «Элементы математической статистики» («Новые книги за рубежом», серия А, № 7, 8 –9).
264. Рецензия на книгу Sahleanu V. «Математические методы в медико–биологических исследованиях» («Новые книги за рубежом», серия А, № 7, 9 – 11).
265. Рецензия на книгу Gumbel E.J. «Статистика крайних» («Новые книги за рубежом», серия А, № 9, 14 – 15).
266. Рецензия на книгу Dugué D. «Трактат по теоретической и прикладной статистике» («Новые книги за рубежом», серия А, № 9, 19 – 21).
267. Рецензия на книгу Mises R.V. «Вероятность, статистика и истина» (2-ое изд.) («Новые книги за рубежом», серия А, № 10, 3 – 4).
268. Рецензия на книгу Pollaczek F. «Стохастические проблемы, возникающие при изучении формирования очереди у кассы и аналогичных явлений» («Новые книги за рубежом», серия А, № 11, 8 - 10).
269. Математика у природознавстві (журнал "Наука і життя", № 4, 17 - 19).
270. Мрія стала дійсністю (журнал "Наука і життя", № 10, 5).
271. Кібернетика (совм. с Е.А. Шкабара. "Наука і життя", № 12, 9 - 11).
272. Стрибок у космос («Радянська Україна», 4 январа, № 3).
273. Этого требует сердце (совм. с Н.М.Амосовым и М.Вепринцевым. «Комсомольская правда», 5 апреля).
274. Об'єднати зусилля («Вечірній Київ», 3 июня, № 129).
275. Всесоюзное совещание по теории вероятностей («Советское Закарпатье», 8 октября, № 237).
276. Вікопмна подія («Вечірній Київ», 14 сентября, № 217).
277. На благо народов («Правда Украины», 21 октября, № 245).

1960 год

278. Introduction a la theorie des probabilités (совм. с А.Я.Хинчиным. Dunod, Paris, 1 - 157).

279. Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung (und A.Chintschin. Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften. Zweite, verbesserte Auflage).
280. Лекции по теории массового обслуживания (КВИРТУ вып.1- 2, 1 - 207).
281. О предельных теоремах теории вероятностей (Cambridge University Press, New York. «Proceedings of International Congress of Mathematicians, 14 - 21 August 1958»; 518 – 528.).
282. Über einige Aspekte der Entwicklung der Warteschlangen (Zeitschrift für modern Rechentchnik und Automation «Mathematik, Technik, Wirtschaft», heft 4, 162 - 166).
283. Об одной задаче теории массового обслуживания (Prague. Publishing house of the Czechoslovak Academy of Sciences. «Transactions of the Second Prague Conference on Information Theory, Statistical Decision Functions, Random Processes held at Liblice near Prague from June 1 to 6, 1959», 177 - 183).
284. О некоторых задачах теории массового обслуживания (Ереван. Изд-во АН Армянской ССР. «Труды Всесоюзного совещания по теории вероятностей и математической статистике», 15 - 24).
285. К проекту "руководящих указаний" по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий (совм. с Б.С.Мешелем. «Промышленная энергетика», № 3, 41 - 44).
286. О математических методах в экономических исследованиях («Экономика Советской Украины», № 4, 74 - 81).
287. О некоторых разделах теории вероятностей, имеющих непосредственное отношение к проблемам биологии и медицины (Изд-во ЛГУ. «Применения математических методов в биологии», 6 - 16).
288. Математическая статистика и задачи практики («Вестник АН СССР», № 2, 38 - 43; «Analele Romino-Sovietice», № 3, 43 - 49).
289. The teaching of probability theory and mathematical statistics («Report of the second conference on mathematical education in South Asia, Tata Institute of Fundamental Research, Bombay», 1 - 32).
290. О работах Н.В.Смирнова по математической статистике (совм. с А.Н.Колмогоровым и др., «Теория вероятностей и ее применения», т. V, вып. 4, 437 - 440).
291. Комментарии к статьям Е.Е. Слуцкого «К вопросу о логических основах исчисления вероятностей» и «О стохастических асимптотах и пределах» (Москва. Изд-во АН СССР. Е.Е. Слуцкий «Избранные труды», 283-286).
292. Евгений Евгеньевич Слуцкий (биографический очерк) (Москва. Изд-во АН СССР, Е.Е. Слуцкий «Избранные труды», 5 - 11).
293. Александр Яковлевич Хинчин (некролог) (совм. с А.Н. Колмогоровым. «Успехи математических наук», т.XV, вып. 4, 97 - 110).
294. Александр Яковлевич Хинчин (некролог) (Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т.V, вып.1, 3 - 6).
295. Георгий Петрович Боев (некролог) (совм. с Н.Г. Чудаковым, «Известия ВУЗов, Математика», № 1(14), 245 - 246).
296. Предисловие к книге Д.Я.Стройка "Коротка історія математики" (Київ. Изд-во «Радянська школа», 5 - 7).
297. Рецензия на книгу "Математика в СССР за сорок лет" (совм. с И.Б. Погребыским. «Успехи математических наук», т.XV, вып.5, 235 - 236).
298. Рецензия на книгу Zemanek Heinz «Элементарная теория информации» («Новые книги за рубежом», серия А, № 2, 17).
299. Рецензия на книгу Borel E. «Курс теории вероятностей», т. I, вып. 1 («Новые книги за рубежом», серия А, № 3, 11 – 12).
300. Рецензия на книгу Mittenecker E. «Планирование экспериментов и статистические выводы из них», (изд. 2) («Новые книги за рубежом», серия А, № 3, 12).

301. Рецензия на книгу Lindgren B.W., McElrath G.W. «Введение в теорию вероятностей и статистику» («Новые книги за рубежом», серия А, № 5, 15 – 16).
302. Рецензия на книгу Lukacs E. «Характеристические функции» («Новые книги за рубежом», серия А, № 11, 8 – 10).
303. Рецензия на книгу Derman C., Klein M. «Теория вероятностей и статистические выводы для инженеров» («Новые книги за рубежом», серия А, № 12, 9).
304. Математика і сучасність (газета «Радянська Освіта», 18 червня, № 49).
305. Мрії стають дійсністю («Радянська Україна», 17 травня, № 113).
306. Про кибернетику (совм. с Е.А.Шкабара. журн. "Дніпро", № 4, 138 - 142).
307. Життя і математика («Літературна газета», 8 июля, № 54).
308. Об юношеских математических школах (совм. с К.И.Швецовым. газета «Радянська Освіта», 20 февраля).
309. Чудово («Вечірній Київ», 23 января, № 19).

1961 год

310. Элементы программирования (совместно с В.С.Королюком и Е.Л.Ющенко. Москва, Физматгиз. 3-348).
311. Курс теории вероятностей (Физматгиз, Изд. 3-е, 1-406).
312. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. ГИФМЛ, изд. 5-ое, 1 - 144).
313. An Elementary introduction to the theorie of probabily (and A.Khintchin. S.Francisgo and London, Freeman and Co., 1 - 139).
314. Эхтимоллар незариясидан бошлангич маълумотлар (совм. с Хинчиным. Ташкент, 1 - 126).
315. Теоретико-вероятностные основы статистического метода расчета электрических нагрузок промышленных предприятий («Известия ВУЗов. Электромеханика», № 1, 90 - 99).
316. О статистических методах расчета и исследования электрических нагрузок промышленных предприятий (совм. с Б.С. Мешелем. «Электричество», № 2, 81 - 85).
317. О статистической оценке режимов сетей населенных пунктов (совм. с Б.С. Мешелем. «Электричество», № 6, 71 - 74).
318. Теория вероятностей и некоторые ее применения («Морской сборник», № 9, 31 - 41).
319. Некоторые вопросы кибернетики и статистики (Сборник «Кибернетику на службу коммунизму», т.І, 55 - 70).
320. Asymptotic expansions in probability theory (with W. Koroluk and A. Skorochod. «Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability», v. 2, 153 – 170. Univ. California Press).
321. Математические параметры универсальной цифровой автоматической машины "Киев" (совм. с В.М.Глушковым и Е.Л.Ющенко. Изд-во АН УССР. «Збірник праць з обчислювальної математики і техніки», том II, 7 - 14).
322. Імовірностей теорія (Українська Радянська Енциклопедія, т. 5, 396-397).
323. Математическая статистика - мощное орудие в работе заводской лаборатории («Заводская лаборатория», т. 27, № 10, 1251 - 1253).
324. Каждому специалисту нужно знать математическую статистику («Вестник высшей школы», № 12, 29 - 30).
325. Александр Яковлевич Хинчин («Математическое просвещение», № 6, 3 - 6).
326. О статье А.Я.Хинчина "Частотная теория Р.Мизеса и современные идеи теории вероятностей" («Вопросы философии», № 1, 91 - 92).
327. A.Ia.Khinchin («Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability», v. 2, 1 - 15).

328. Михаил Васильевич Остроградский (Москва. Физматгиз. «Люди русской науки», 104 - 110).
329. Пафнутий Львович Чебышев (Москва. Физматгиз. «Люди русской науки», 129 - 140).
330. Андрей Андреевич Марков (Москва. Физматгиз. «Люди русской науки», 193 - 199).
331. Комментарии к работам М.В. Остроградского по теории вероятностей (Киев. Изд-во Академии наук Украинской ССР. М.В. Остроградский «Полное собрание трудов», 343-344, 347-348, 365, 371-372).
332. Некоторые экономические проблемы технического прогресса ("Коммунист", № 10, 23 - 34).
333. Что такое теория надежности? («Математика в школе», № 6, 8 - 14).
334. Про математичну освіту в радянській школі (Киев. Изд-во "Радянська школа". «Викладання математики в школі», вип.1, 5 - 12).
335. Предисловие к 3-му изданию книги А.Я.Хинчина "Цепные дроби". (Москва, Физматгиз).
336. Рецензия на книгу Ю.В.Линника "Разложения вероятностных законов" (Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т. VI, вып. 2).
337. Рецензия на книгу Lehmann E. «Проверка статистических гипотез» («Новые книги за рубежом», серия А, № 1, 11).
338. Рецензия на книгу Avondo Bodini G., Brambilla F. «Теория очередей» (часть I. Статистика) («Новые книги за рубежом», серия А, № 2, 6 – 8).
339. Рецензия на книгу Diamond S. «Информация и ошибка» («Новые книги за рубежом», серия А, № 2, 8 – 9).
340. Рецензия на книгу Scheffé Н. «Дисперсионный анализ» («Новые книги за рубежом», серия А, № 3, 22).
341. Это нужно внедрять (О применении математических методов при решении производственно-экономических проблем) (журнал «Наука и жизнь», № 9, 26-29).
342. Машина ставит диагноз (газета «Ленинское знамя», 8 октября).

1962 год

343. The theory of probability (USA, Chelsea publ. Co., 1 - 459).
344. Курс теории вероятностей («Giao trinh ly thuyet xac suat») (Hanoi, 1 - 389).
345. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Academie-Verlag, Berlin, 3 erweiterte Auflage, 1 - 393).
346. Limit Distributions for the Sums of Independent Random Variables (with A.N. Kolmogorov. Translated and annotated by K.L. Chung. With an appendix by G.L. Doob. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Cambridge, Mass. IX + 264 pp. 2-nd print).
347. An elementary introduction to the theory of probability (and A.Khinchin. New York, Dover Publications, Inc., 1 - 130).
348. О понятии надежности (совм. с Ю.К.Беляевым. «Вопросы радиоэлектроники», серия 12, вып. 13, 3 - 11).
349. Основные направления исследований в теории массового обслуживания (совм. с Ю.К.Беляевым и И.Н.Коваленко. «Труды 6-го Всесоюзного совещания по теории вероятностей и математической статистике. Вильнюс», 341 - 355).
350. Математика (Українська Радянська Енциклопедія, т.8, 536-537).
351. Математична статистика (Українська Радянська Енциклопедія, т.8, 537-538).
352. Математичні машини та прилади (Українська Радянська Енциклопедія, т.8, 538-539).
353. Языком математики (Изд-во «Знание», IX серия, Физика и химия, № 7, 1 - 30).
354. Einige Fragen der Kybernetik und Statistik (Sowietwissenschaft, Verlag Kultur und Fortschritt, 10, 1071 - 1090).

355. Применение математических методов при обработке результатов биологических наблюдений (совм. с С.В.Фоминим и Я.И.Хургиным. Изд-во АН СССР. Сборник "Биологические аспекты кибернетики", 103 - 111).
356. Роль математики в развитии техники и производства («Математика в школе», № 1, 25 - 35).
357. Замечания к статье С.И.Петухова "Решение одной задачи теории массового обслуживания" («Морской сборник», № 2, 44 - 47).
358. А.И.Фетисов (к семидесятилетию со дня рождения) (совм. с А.Я. Маргулисом. «Математика в школе», № 1, 76 - 77).
359. Прекрасный памятник выдающемуся ученому и педагогу («Математика в школе», № 3, 87).
360. Рецензия на книгу «Труды второй Пражской конференции по теории информации, статистическим решающим функциям и теории случайных процессов» («Новые книги за рубежом», серия А, № 1, 10 – 12).
361. Рецензия на книгу «Вероятность и статистика» (том, посвященный Г. Крамеру) («Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 9 – 11).
362. Рецензия на книгу Mosteller F., Rourke R.E.K., Thomas G.V. «Теория вероятности с приложениями к статистике» («Новые книги за рубежом», серия А, № 5, 8 – 10).
363. Рецензия на книгу Plackett R.L. «Принципы регрессионного анализа» («Новые книги за рубежом», серия А, № 7, 12 – 13).
364. Рецензия на книгу Rashevsky N. «Математические принципы в биологии и их применения» («Новые книги за рубежом», серия А, № 11, 18 – 20).
365. Современная математика и строительство коммунизма («Народное образование», № 5, 24 - 28).
366. Математика вокруг нас («Наука и человечество», т.1, 106 - 117).
367. Математика вокруг нас (журнал «Наука и жизнь», № 8, 18 - 23).
368. Слово теории вероятностей (журнал «Знание – сила», № 5, 14 - 15).
369. Математика и надежность («Московская правда», 13 июня, № 137).
370. На уровне XIX века («Учительская газета», 21 июня, № 73).
371. Надежность – это наука («Московская правда», 4 сентября, № 207).
372. Математика вторгается в жизнь («Московский комсомолец», 18 октября, № 229).
373. Патриарх русской математики («Восточно-сибирская Правда», 04.01., № 3).
374. Кафедра намечает планы («Московский университет», 13.02, № 8).
375. Книжные полки науки (совм. с академиком АН СССР А.А. Баландиным, член-корреспондентом АН СССР О.А. Реутовым и др., еженедельник «Неделя», 25.11-1.12, № 48).

1963 год

376. The theory of probability (New York, Chelsea publ. Co., 1 - 471).
377. Элементарно въведение в теорията на вероятностите (совм. с А.Я.Хинчиным. Малка математическа библиотека, София, изд-во "Техника", 1 - 128).
378. Elementarny wstèp do rachunku prawdopodobienstwa (совм. с А.Я. Хинчиным. Warszawa, PWN, 1 - 199).
379. Teoria de las probabilidades (совм. с А.Я. Хинчиным. Buenos - Aires, 1 - 153).
380. Лекции по теории массового обслуживания (совм. с И.Н.Коваленко. КВИРТУ. Вып. 1 - 3, 1 - 316).
381. Элементы программирования (совм. с В.С.Королюком и Е.Л.Ющенко. Физматгиз. 2-ое изд., 1 - 348).

382. Михаил Васильевич Остроградский (Жизнь и работа. Научное и педагогическое наследство) (совм. с И.Б. Погребыским. Москва. Изд-во АН СССР, 5-270).
383. Niektore zagadnienia cybernetyki i statystyki («Roczniki Polskiego Towarzystwa Matematycznego», seria II: Wiadomosci Matematyczne VII, 65 - 85).
384. Надежность (совм. с Я.Б.Шором. Госуд. научное изд-во «Советская Энциклопедия». Энциклопедический справочник "Автоматизация производства и промышленная электроника", т. 2, 348-353).
385. О проблемах истории математики в России и СССР и о работах в этой области за 1956 - 1961 гг. (совм. с И.Б. Погребыским, И.З. Штокало и А.П. Юшкевичем. «Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 15, 11 - 36).
386. Проблемы истории математики нового времени (совм. с К.А.Рыбниковым и Н.И.Симоновым. «Историко-математические исследования», 1-я серия, вып. 15, 73 - 96).
387. О работах А.Н.Колмогорова по теории вероятностей («Успехи математических наук», т. 18, вып. 5, 5 - 11).
388. О работах А.Н.Колмогорова по теории вероятностей (совм. с Н.В.Смирновым. Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т. VIII, № 2, 167 - 174).
389. А.Н.Колмогоров как педагог (совм. с П.С.Александровым. «Успехи математических наук», т. 18, вып. 5, 115 - 120).
390. Андрей Николаевич Колмогоров (к шестидесятилетию со дня рождения) («Математика в школе», № 2, 67 - 68).
391. Первые шаги в развитии счета («Математика в школе», № 4, 5 - 10).
392. Лекции по истории математики. Вводная лекция («Математика в школе», № 1, 3 - 13).
393. Математика древних народов Двуречья («Математика в школе», № 6, 3 - 12).
394. Математика в биологии и медицине («Биология в школе», № 5, 73-79).
395. О программированном обучении («Морской сборник», № 9, 13 - 20).
396. Предисловие редактора и заключительная статья в книге А.Я.Хинчина «Педагогические статьи» (Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 3 - 12, 180 - 203).
397. Предисловие редактора и заключительная статья «О некоторых постановках задач и результатах теории массового обслуживания» в книге А.Я.Хинчина "Работы по теории массового обслуживания" (Физматгиз, 4 - 7, 221 - 235).
398. За борбата между материализма и идеализма в математиката (совм. с Л.А. Калужниным, «Математика и физика», № 1, 1 - 9, № 2, 1 - 5, София).
399. Предисловие к книге В.А.Вышенского, М.И.Ядренко "Збірник задач для учасників математичних олімпіад" (Киев, изд-во "Радянська школа").
400. Предисловие к книге А.М.Кондратова "Числа вместо интуиции" (изд-во "Знание", IX-ая серия "Физика и химия", № 8).
401. Предисловие к книге Р.Х.Зарипова "Кибернетика и музыка" (изд-во "Знание", IX-ая серия "Физика и химия", № 18).
402. Рецензия на книгу Сох D.R. «Теория восстановления» («Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 14 – 17).
403. Рецензия на книгу Saaty Th.L. «Элементы теории очередей» («Новые книги за рубежом», серия А, № 7, 15 – 18).
404. Рецензия на книгу Parratt L.G. «Вероятность и экспериментальные ошибки в естествознании» («Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 25 – 27).
405. Рецензия на книгу Венель J. «Статистическая динамика теории регулирования» («Новые книги за рубежом», серия А, № 10, 15 – 17).
406. Рецензия на книгу Bailey N.T. «Введение в математическую теорию генетического сцепления» («Новые книги за рубежом», серия В, № 10, 18 – 19).
407. Рецензия на книгу Rosenblutt M. «Случайные процессы» («Новые книги за рубежом», серия А, № 11, 27 – 30).

408. Рецензия на книгу О.Б.Шейнина «К истории оценок непосредственных наблюдений и закона распределения случайных ошибок» (Реферативный журнал, математика, 8А30).
409. Разказва за кибернетиката (София, газета «Отечествен фронт», 9 и 10 апреля).
410. Надежность - ключ автоматизации («Известия», 3 июля, № 157).
411. Ключевая проблема современной техники («Учительская газета», 1 октября, № 116).
412. Выдающийся математик современности («Известия», 24.04., № 98).
413. Рисовать картины будущего ("Искусство кино", № 6, 108-116).

1964 год

414. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. изд-во «Наука», изд. 6-е, 1 - 146).
415. Elementen der programmierung (mit Koroluk und Justenko, Teubner, Leipzig, 1 - 327).
416. Bevezetes a programozasba (Koroluk und Juscenko, Budapest, v.1, 1 - 228 und v.2, 1 - 204).
417. О критерии знаков («Доклады Болгарской АН», т.17, № 9, 793 - 796).
418. О ненагруженном дублировании (Известия АН СССР, «Техническая кибернетика», № 4, 3 - 12).
419. О дублировании с восстановлением (Известия АН СССР, «Техническая кибернетика», № 5, 111 - 118).
420. Об определении оптимального числа причалов (совм. с М.Н.Зубковым. «Морской сборник», № 6, 30 - 39).
421. Статистические методы в теории надежности (Москва. Изд-во «Стандартизация», № 6, 16 – 22), (изд-во «Знание», 1-25).
422. Роль математики в развитии современного естествознания (Изд-во «Мысль». Сборник "Диалектика в науках о неживой природе", 45 - 85).
423. Статистически методи в теория на сигурността (София. «Физико-математическое списание», т.7, вып. 2, 120 - 134).
424. Шо е теория на масовото обслужване (София. «Физико-математическое списание», т.7, вып.3, 200 - 211).
425. За подготовка на учителя по математика (София. «Математика и физика», № 4, 4 - 11, № 5, 1 - 9).
426. Математически страни на теорията на сигурността (София. «Новости в автоматиката и телемеханиката», кн. 4, 5 - 34).
427. Из история на математиката (София. «Математика», № 2, 6 - 9).
428. Mathematik in Biologie und Medizin («Biologie in der Schule», В.13, Н.3, 107 - 111).
429. О теории массового обслуживания («Математика в школе», № 3, 10 - 20).
430. Наука о случайном (Детская энциклопедия, 2-ое изд., 452 - 461).
431. О математических методах теории надежности (Детская энциклопедия, 2-ое изд., 461 - 465).
432. О воспитании учителя математики («Математика в школе», № 6, 8 - 20).
433. Предисловие к книге Эмиля Бореля "Вероятность и достоверность" (изд. 2-ое, М. "Наука").
434. Рецензия на книгу M.Rosenblutt "Random Processes" (Annals of Mathematical Statistics, v.35, no.4, 1832 - 1833).
435. Рецензия на книгу Walsh J.E. «Справочник по непараметрическим статистикам» («Новые книги за рубежом», серия А, № 1, 18 – 20).
436. Рецензия на книгу «Математические проблемы в биологических науках» (под редакцией R.E. Bellman) (совм. с И.Б.Загорской. «Новые книги за рубежом», серия А, № 3, 24 – 28).

437. Рецензия на книгу Takacs L. «Введение в теорию очередей» («Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 15 – 18).
438. Рецензия на книгу Freeman H. «Введение в теорию статистических выводов» («Новые книги за рубежом», серия А, № 10, 14 – 17).
439. Рецензия на книгу Bodion G. «Диалектическая теория вероятностей, включающая ее классическое и квантовое исчисление» (совм. с Г.А.Зайцевым. «Новые книги за рубежом», серия А, № 12, 9 – 11).
440. Рецензия на книгу «Исследования по порядковым статистикам» (под редакцией А.Е. Sarhan и В.Г. Greenberg) («Новые книги за рубежом», серия А, № 12, 11 – 13).
441. Возможности и нужды молодой науки (Журнал «Научно-технические общества СССР», № 12, 2-5).
442. Стандарт высокого качества (совм. с А.И.Бергом, Я.М.Сориным и Я.Б.Шором. «Известия», 9 января, № 8).
443. Великий рыцарь науки (к 400-летию со дня рождения Галилео Галилея) («Красная звезда», 15 февраля, № 39).
444. Надежность и математика («Неделя», 10 - 16 мая 1964, № 20).
445. Сколько стоит нагнетатель? («Неделя», 5-11 июля, № 28).
446. Качеством можно управлять (совм. с Я.М.Сориным. «Известия», 20 июля, № 172).
447. По някои въпроси на училищното образование (Болгария. София. «Учительско дело», 23 октомври, № 84).
448. Продор у тајне мишлена (СФРЮ. «Борба», 13 января).

1965 год

449. Курс теории вероятностей («Наука», изд. 4-ое, 1 - 400).
450. Математические методы в теории надежности (совм. с Ю.К. Беляевым и А.Д. Соловьевым. «Наука», 1 - 524).
451. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Berlin, Akademie-Verlag, 4 Auflage, 1-393).
452. Об одной задаче теории дублирования («Морской сборник», № 1, 14 - 23).
453. Об одном аспекте проблемы оператор-машина («Вопросы радиоэлектроники», вып. 25, серия 12, 3 - 11).
454. Математика (Київ. Українська Радянська Енциклопедія, т. 17, 484-487).
455. Обеспечение качества, надежности и долговечности массовой продукции и статистические методы исследования (Москва. Изд-во «Стандартизация», № 5, 4 - 6).
456. К вопросу надежности сельскохозяйственной техники (совм. с В.П.Поповым. «Тракторы и сельскохозяйственные машины», № 6, 21 - 24).
457. O teorii obsługi (Warszawa. «Matematyka. Czasopismo dla nauczycieli», № 1(85), 1 - 9, № 2(86), 50 - 54).
458. Über Bednungstheorie (Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin. «Mathematik in der Schule», № 5, 325 - 340).
459. С езика на математиката (София. «Народна просвета», 1 - 47).
460. Математиката на древните народи от Месопотомия (София. «Математика», № 2, 1 – 4; № 3, 6-10).
461. Математические модели и программированное обучение (совм. с Ю.И.Берилко. «Советская педагогика», № 10, 140 - 142).
462. Механико-математическое образование (Москва. Изд-во «Советская энциклопедия». «Педагогическая энциклопедия», т. II, 822-824).
463. Символ прогрессивных идей и методов в педагогике («Вестник Высшей Школы», № 5, 13 - 20).
464. О перспективах математического образования («Математика в школе», № 6, 2- 11).

465. Perspektiven der mathematischen Ausbildung (Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin. "Probleme des Mathematikunterrichts. Diskussionsbeiträge sowjetischer Wissenschaftler", 28 - 59).
466. Meine Idealvorstellung vom Mathematiklehrer (Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin. «Probleme des Mathematikunterrichts. Diskussionsbeiträge sowjetischer Wissenschaftler», 88 - 104).
467. Mathematical education in the USSR («The Australian Mathematics Teacher», v.21, № 3, 49 - 59).
468. Итоги открытого конкурса на учебники по математике (совм. с И.С.Петраковым. «Математика в школе», № 2, 4 - 9).
469. К столетию Московского математического общества («Математика в школе», № 2, 95 - 96).
470. Предисловие к книге Т.Саати "Элементы теории массового обслуживания и ее приложения" (М. Изд-во "Советское Радио", 5 - 14).
471. Предисловие к книге Э. Гумбель «Статистика экстремальных значений» (М. «Мир», 5-7).
472. Рецензия на книгу Христов Вл. «Основы теории вероятностей и математической статистики с приложениями в технике и экономике» («Новые книги за рубежом», серия А, № 2, 15 – 18).
473. Рецензия на книгу Bergstrom Н. «Предельные теоремы для сверток» («Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 20 – 22).
474. Рецензия на книгу Spitzer F. «Принципы случайного блуждания» («Новые книги за рубежом», серия А, № 9, 32 – 33).
475. Рецензия на книгу «Концепция информации в современных науках» («Новые книги за рубежом», серия А, № 11, 5 – 7).
476. Теория массового обслуживания («Экономическая газета», 3 февраля, № 5).
477. Слагаемые надежности машин (совм. с А.Башкирцевым и В.Поповым. «Правда», 25 февраля, № 56).
478. Статистические методы - в промышленность (совм. Я.Б.Шором. «Известия», 14 апреля, № 88).
479. Проблемы повышения надежности («Труд», 2 июля, № 153).
480. О некоторых вопросах кибернетики («Советская Аджария», 1 сентября, № 171).
481. Статистика у праки (СФРЮ. «Вечерни експрес», 17 сентября).
482. Человек. Время. Надежность. («Московская правда», 21 января).
483. Брак в солидных обложках (совм. с А.Н. Колмогоровым, А.А. Дородницыным, А. Вайнштейном. «Известия», 23 января, № 19).

1966 год

484. The theory of probability (Chelsea publ., New York, 1 - 479).
485. Введение в теорию массового обслуживания (совм. с И.Н.Коваленко. «Наука», 1-431).
486. Математическая теория надежности и ее применения в машиностроении (Москва. Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности СССР, НИИ информации по машиностроению. «Труды Первой научно-технической конференции по повышению надежности и долговечности машин, оборудования и приборов, проведенной в Москве в 1965 году», вып. 1, 73 - 80).
487. Математические вопросы теории надежности (совм. с Ю.К.Беляевым и И.Н.Коваленко. Москва. ВИНТИ. «Итоги науки», серия математика, «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. 1964», 7 - 53).

488. Об эффективности восстановления резервированных устройств (АН Узбекской ССР, Институт математики им. В.И. Романовского. Изд-во «Фан». Ташкент. Сборник "Предельные теоремы и статистические выводы", 46 - 59).
489. О некоторых предельных теоремах в теории резервирования с восстановлением («Вопросы радиоэлектроники», сер.12, вып.13, 3 - 15).
490. Роль истории физико-математических наук в развитии современной науки (Изд-во МГУ. "История и методология естественных наук", вып.5, 5 - 14).
491. Об алгоритмическом подходе к обучению (совм. с Б.В.Бирюковым. Изд-во «Просвещение», предисловие к книге Л.Н.Ланда "Алгоритмизация в обучении", 11 - 33).
492. О методах комбинаторики в теории вероятностей и математической статистике («Математика в школе», № 5, 11 - 18).
493. О математических моделях в педагогике («Вестник высшей школы», № 9, 25 - 31).
494. Mathematik rund um uns («Wissenschaft und Menschheit», 78 - 89).
495. Ташмухамед Алиевич Сарымсаков (к пятидесятилетию со дня рождения) («Успехи математических наук», т.ХХІ, вып.3, 248 - 253).
496. Адольф Павлович Юшкевич (к шестидесятилетию со дня рождения) (совм. с И.Г.Башмаковой. «Математика в школе», № 4, 84 - 85).
497. О вступительных экзаменах в МГУ в 1966 г. (совм. с М.К.Потаповым. «Математика в школе», № 6, 37 - 49).
498. Предисловие к книге Ж. Мот «Статистические предвидения и решения на предприятии» (Москва. Изд-во «Прогресс». 5-9).
499. Предисловие к книге Б.А. Козлова и И.А. Ушакова «Краткий справочник по теории надежности радиоэлектронной аппаратуры» (Москва. Изд-во «Советское Радио». 3-4).
500. Рецензия на «Историко-математические исследования», вып. 16 («Успехи математических наук», т.ХХІ, вып.3, 262 - 264).
501. Рецензия на книгу Droouan J., Hadel W. «Программированное введение в числовые системы» («Новые книги за рубежом», серия А, № 2, 6).
502. Рецензия на книгу Varlow R.E., Proshan F. «Математическая теория надежности» («Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 24 - 26).
503. Шостаковичу – 60 лет («Советская музыка», № 9, 15).
504. Алгебра прогресса («Московская правда», 20 апреля, № 92).
505. Генеральная задача («Горьковский рабочий», 9 июня, № 133).
506. Математика и современность («Красная звезда», 16 августа).
507. Молоді – математичний журнал (совм. с М.Чайковским, М.Ядренко, А.Конфоровичем, Г.Саковичем. «Радянська освіта», 15 октября, № 83).

1967 год

508. The Theory of Probability (Chelsea Publishing Company, New York, 1 - 529).
509. On some stochastic problems of reliability theory (together with Yu.Beliaev and A.Soloviev. «Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability», v. 3, 259 - 270).
510. Some theorems on standbys («Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability», v. 3, 285 - 291).
511. О связи теории суммирования независимых случайных величин с задачами теории массового обслуживания и теории надежности («Revue Roumaine de Mathematiques pures et appliquees», t.XII, № 9, 1243 - 1253).
512. О некоторых задачах теории массового обслуживания (совм. с И.Н.Коваленко. «Известия АН СССР. Техническая кибернетика», № 5, 88 - 100).

513. Асимптотические методы в вопросах исследования операций (АН СССР. Научный Совет по философским вопросам естествознания. Центральное бюро философских (методологических) семинаров. Материалы к симпозиуму "Исследование операций и анализ развития науки", ч. II (Вопросы исследования операций), 23 - 37).
514. О надежности оператора в системе человек - машина (Москва. Редакционно-издательская группа Главного вычислительного центра Госплана СССР. Материалы научно-технической конференции "Научные и практические проблемы больших систем", часть II, 76 - 80).
515. Применение теории массового обслуживания к задачам больших систем (совм. с И.Н.Коваленко. Москва. Редакционно-издательская группа Главного вычислительного центра Госплана СССР. Материалы научно-технической конференции «Научные и практические проблемы больших систем», часть II, 54 - 55).
516. О системном подходе к проблеме создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (совм с А.Н.Леонтьевым, И.Н.Коваленко и др. Москва. Редакционно-издательская группа Главного вычислительного центра Госплана СССР. Материалы научно-технической конференции «Научные и практические проблемы больших систем», часть III, 59 – 66).
517. Теория вероятностей и задачи стандартизации («Стандарты и качество», № 1, 75 – 77).
518. Основные понятия теории вероятностей («Стандарты и качество», № 2, 72-75).
519. Статистические методы в вопросах приемочного контроля («Стандарты и качество», № 4, 76-78).
520. Вопросы теории испытаний изделий на качество и надежность («Стандарты и качество», № 5, 77-79).
521. Стандартизация и математика («Стандарты и качество», № 6, 86 - 92).
522. Элементы теории случайных процессов («Стандарты и качество», № 7, 31-34).
523. Развитие теории вероятностей в Московском университете («Вестник МГУ», Серия «Математика», № 6, 30 - 51).
524. Математика в СССР за 50 лет («Математика в школе», № 6, 5 - 13).
525. О проблемах школьного математического образования (София. «Физико - математическое списание», т. X, кв. 4, 311 - 324).
526. О книге Б.Е.Бердичевского "Оценка надежности аппаратуры автоматики" (Москва. «Стандарты и качество», № 8, 59).
527. Предисловие к книге Д.Кокс, В.Смит «Теория восстановления» (М., «Советское радио», 3-4).
528. Предисловие к книге Э.Николау "Введение в кибернетику" (М., изд-во "Мир". 5-6).
529. Предисловие к книге Л.Феликса "Элементарная математика в современном изложении" (М., "Просвещение", 3-5).
530. Предисловие к книге Дж. Букан, Э. Кенигсберг «Научное управление запасами» (М., «Наука», 6-7).
531. Рецензия на книгу Walsh J.E. «Справочник по непараметрическим статистикам» (том II) («Новые книги за рубежом», серия А, № 5, 29 – 31).
532. Рецензия на книгу Atkinson R.C., Bower G.H., Grothers E.J. «Введение в математическую теорию обучения» («Новые книги за рубежом», серия А, № 6, 34 – 36).
533. Рецензия на книгу Lamperti J. «Probability» («Новые книги за рубежом», серия А, № 7, 12 - 14).
534. Рецензия на книгу Schmetterer L. «Введение в математическую статистику» (изд. 2-е) («Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 34 – 36).
535. Рецензия на книгу Richter H. «Теория вероятностей» (изд. 2-е) («Новые книги за рубежом», серия А, № 10, 20 - 22).

536. Проблемы больших систем (совм. с Л. Дудкиным и Б. Коробочкиным. Еженедельник «Экономическая газета», ноябрь, № 48).
537. На търсещите пътя към знанието (София. «Студентска трибуна», бр. 2 (542), год. XIX, 3 октябрия).
538. Математика. Кибернетика («Книжное обозрение», 10.06.).
539. Юным математикам ЗЮМШ (газета «Брянский комсомолец», 4 июля, № 77).
540. А двоечник спокоен (совм. с Н. Виленкиным, Н. Розовым, А. Халамайзером. «Литературная газета», № 33).
541. Теория становится жизнью (газета «Московский университет». 21 февраля, № 11).

1968 год

542. Limit Distributions for the Sums of Independent Random Variables (with A.N.Kolmogorov. 2-nd rev. ed. — Reading, MA: Addison-Wesley, USA, IX + 293 pp.)
543. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Academy Verlag, Berlin, 5 erweiterte Auflage, 1 - 399).
544. Osnovi teorije vjerojatnosti (совм. с А.Я. Хинчиным. Zagreb, Technicka kniga, 1 - 114).
545. Introduccion a la teoria de las probabilidades (совм. с А.Я. Хинчиным. Barcelona, Montaner y Simon, S.A., 1 - 182).
546. The theory of probability (Chelsea Publishing Company, New York).
547. Metode matematice in teoria sigurantei (совм. с Ю.К.Беляевым, А.Д.Соловьевым. Bucuresti, 1 - 560).
548. Metody matematyczne w teorii niezawodnosci (совм. с Ю.К.Беляевым, А.Д.Соловьевым. Warszawa, 1 - 484).
549. Introduction to Queuing theorie (with I.N.Kovalenko. Ierusalem, 1 - 281).
550. Mathematische Methoden der Zuverlässigkeitstheorie (mit Beljaev und Solovjev. Berlin, Akademie-Verlag, B.1, 1 - 222, B.2, 1 - 262).
551. Беседы о математической статистике (Изд-во «Знание», серия «Математика и кибернетика», № 6, 1-48).
552. Применение вероятностных методов (совм. с Е.Ю.Барзиловичем и Е.В.Чепуриным. «Известия АН СССР. Техническая кибернетика», № 6, 27 - 40).
553. Асимптотические методы в теории надежности («Стандарты и качество», № 2, 63 - 64).
554. О ненагруженном резервировании с восстановлением (совм. с Ю.Насром. «Автоматика и телемеханика», № 7, 105 - 111).
555. Наука, практика, надежность («Научная мысль». Вестник АПН. 28 - 37).
556. О математических методах в здравоохранении и медицинском приборостроении (Москва, ВНИИ медицинского приборостроения. «Новости приборостроения», 5 - 7).
557. Вопросы математизации современного естествознания (Изд-во «Наука». Сборник "Материалистическая диалектика и методы естественных наук", 171 - 206).
558. Die Mathematik in der UdSSR während der letzten 50 Jahre (Mathematik in der Schule, Jahrgang 6, N.7, 483 - 495).
559. Современная математика и будущий инженер («Вестник высшей школы», № 1, 45 - 53).
560. Задачи стандартизации и математика (Москва. Всесоюзный НИИ технической информации, классификации и кодирования. Изд-во стандартов. Сборник «Актуальные проблемы стандартизации», 16 - 31).
561. О matematičkom obrazovanju (Югославия. Prilog broju, 68, 1 - 4).
562. Статистическое мышление и школьное математическое образование («Математика в школе», № 1, 8 - 15).

563. Теория вероятностей и комбинаторика (совм. с И.Е.Журбенко. «Математика в школе», № 2, 72 - 84, № 3, 30 - 49).
564. О месте риторики в преподавании математики («Математика в школе», № 3, 89).
565. A.Ja. Khinchin: a biographical skatch (The English Universities Press LTD, London. A.Ya. Khinchin "The Teaching of Mathematics", 102-107).
566. Предисловие к книге А.Яа. Khinchin "The Teaching of Mathematics" (The English Universities Press LTD, London, XIII – XX).
567. Предисловие к книге "Программированное обучение за рубежом" (совм. с И.И. Тихоновым. Изд-во «Высшая школа», 5 - 19).
568. Рецензия на книгу Chakravarti I.V., Laha R.G., Roy J. «Справочник по методам прикладной статистики» (в 2-х томах) («Новые книги за рубежом», серия А, № 5, 29-31).
569. Рецензия на книгу «Избранные работы Эгона Пирсона» («Новые книги за рубежом», серия А, № 6, 21-22).
570. Рецензия на книгу Moran P.A.P. «Введение в теорию вероятностей» («Новые книги за рубежом», серия А, № 8, 25-27).

1969 год

571. Курс теории вероятностей (Изд-во «Наука», изд. 5-ое, 1 - 400).
572. The theory of probability (Moscow. Mir Publishers, first published, 1 - 405).
573. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. Пер. на японский, Токио, 6 - 161).
574. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. Пер. на арабский, изд-во «Мир», 1 - 202).
575. Mathematical methods of reliability theory (with Yu.Beljaev and A.Solovyev. Academic Press, New York, 1 - 506).
576. Elements de programmation sur ordinateurs (avec Koroliouk et Iouchtchenko. Dunod, Paris, 1 - 362).
577. Об одной теореме переноса (совм. с Х.Фахимом. «Доклады АН СССР», т. 187, № 1, 15 - 17).
578. Резервирование с восстановлением и суммирование случайного числа слагаемых (Венгрия, «Труды совещания по теории надежности в Тихани, 16 – 19 сентября 1969 года», 1-9)
579. О связи задачи суммирования случайных величин с теорией резервирования (Рига. РВВИАУ им. Алксниса. «Сборник научных статей», вып. № 4, 23 - 34).
580. О статистических методах в теории надежности (МАТИ. Сборник "Основные вопросы надежности и долговечности машин, 22 - 42).
581. Об основных направлениях математических исследований в теории надежности (Ташкент. Изд-во АН УзССР. «Труды совещания по математической теории надежности», 3 - 18).
582. О статистических задачах теории надежности (совм. с Ю.К.Беляевым. Ташкент. Изд-во АН УзССР. «Труды совещания по математической теории надежности», 19 - 25).
583. О применении нормального распределения при обработке опытных данных в машиностроении (Изд-во «Вестник машиностроения», № 2, 12 - 13).
584. О роли и месте теории надежности в процессе создания сложных систем (совм. с И.А.Ушаковым, Б.А.Козловым. Изд-во «Наука». Сборник «Теория надежности и массовое обслуживание», 14 - 32).
585. Всесторонне развивать науку о надежности (совм. с Я.М. Сориным. Москва. Изд-во стандартов. «Надежность и контроль качества», № 1, 3-9).

586. Математические методы – основа контроля качества и надежности промышленной продукции (Москва. Изд-во стандартов. «Надежность и контроль качества», № 2, 3 – 13). (Сборник «Надежность и контроль качества» (по материалам Всесоюзного научно-технического семинара-совещания по совершенствованию работы служб технического контроля на промышленных предприятиях, Пермь, 17-20 июня 1968 года), 1(2), 111-119).
587. Random processes and their application to Demography and Insurance («8-th ASTIN Colloquium, Sopot, september 1969», 1-25).
588. Some remarks concerning the reports presented by P. Thyron, H. Bühlmann and R. Buzzi («8-th ASTIN Colloquium, Sopot, september 1969», 27-35).
589. Несколько замечаний к одной теореме И.Н.Коваленко (совм. с Б.Фрайером. «Литовский математический сборник», т. IX, № 3, 463 - 470).
590. Вопросы теории испытаний изделий на качество и надежность (Москва. Изд-во стандартов. «Стандарты и качество», № 5, 77-79).
591. О статье Я.М.Сорина "Задачи служб надежности на современном этапе" (Москва. Изд-во стандартов. «Стандарты и качество», № 9, 52 - 53).
592. Об одной математической модели в задачах инженерной психологии (Warszawa. «Zastosowania matematyki» (юбилейный том, посвященный Хуго Штейнхаусу), v. X, 205-211).
593. Математические методы в стандартизации (совм. с Я.Б. Шором. Москва. Изд-во стандартов. «Стандарты и качество», № 1, 8 – 13).
594. Methody matematyczne w normalizacji (Warszawa. Polski Komitet Normalizacyjny. Wydawca: wydawnictwa Normalizacyjne. «Normalizacja», № 4, 181 - 184).
595. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kombinatorik (zus. I.G. Shurbenko. «Mathematik in der Schule», № 3, 170 - 210, № 4, 284 - 295).
596. К шестой проблеме Гильберта (Москва. Изд-во «Наука». «Проблемы Гильберта», 116-120).
597. О преподавании биологии и математической статистики (Комментарии к статье Л.К. Андреевой и Л.С. Ровкиной «Элементы математической статистики в теме «Органы движения». «Биология в школе», 1969, № 5, 39-42) («Биология в школе». № 5, 42 - 43).
598. Об образовании математических понятий (Изд-во «Знание». «Математика в современном мире», серия «Математика и кибернетика», № 9, 3 - 10).
599. О пропаганде математических знаний («Слово лектора», № 1, 92 - 95).
600. О формирану наставника математике (Beograd. «Nastava matematike i fizike», serija B, XVII – XVIII (1968-1969), 49-68).
- 601.** О математике во ВТУЗе (Рига. РВВИАУ им. Алксниса. «Сборник научных статей», № 4, 5 - 16).
602. Ленинская теория познания и вопросы математизации современного знания («Вестник АН СССР», № 5, 53 - 60).
603. Леонтий Магницкий и его «Арифметика» (совм. с И.Б.Погребыским. «Математика в школе», № 6, 78 - 82).
604. Сергей Натанович Бернштейн (некролог) (совм. с А.Н.Колмогоровым. Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т.12, вып. 3, 532-535).
605. Виктор Иосифович Левин (к 60-летию со дня рождения) (совм. с А.Я.Маргулисом. «Математика в школе», № 6, 65).
606. Предисловие к сборнику «Теория надежности и массовое обслуживание» (Москва, «Наука», 7 – 13).
607. Предисловие к книге Барлоу, Прошан "Математическая теория надежности" (Москва, изд-во «Советское радио», 5-7).

608. Предисловие и примечания редактора к книге Э. Бореля «Вероятность и достоверность» (Москва, «Наука», 5-6, 105-110).
609. Предисловие к книге А.Реньи "Диалоги о математике" (изд-во «Мир», 5 - 19).
610. Предисловие к книге С.С. Демидова «Проблемы Гильберта» (Москва, изд-во «Знание», 3).
611. Рецензия на книгу А.П.Юшкевича «История математики в России» (совм. с И.Г. Башмаковой. «Математика в школе», № 4, 86 –87).
612. Рецензия на книгу Pal Revesz «The laws of large numbers» («Успехи математических наук», т. XXIV, вып. 2, 260 –261).
613. Профессор Московского университета – юным математикам ЗЮМШ (газета «Брянский комсомолец», 4 июля, № 77).
614. Технический прогресс и математическое образование (газета «Социалистическая индустрия», 1 августа, № 28).
615. В борьбе за качество (интервью, газета «Горьковский рабочий», 26 августа, № 199).

1970 год

616. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. изд-во «Наука», изд. 7-е, 1-167).
617. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Academie-Verlag, Berlin, 6 Auflage, 1-399).
618. A megbizhatóságelmelet matematikai módszerrel (совм. с Ю.К.Беляевым и А.Д.Соловьевым. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1-463).
619. О некоторых нерешенных задачах теории массового обслуживания («VI International Teletreffic Congress, Munchen, 9 - 15 IX 1970», 227/1 - 227/17).
620. Статистические методы в теории надежности (ВНИИПТМАШ, «Труды. Надежность подъемно-транспортных машин», вып. 1(96), 6 - 12).
621. О математических методах в теории надежности (Венгрия, «Труды совещания по теории надежности в Тихани, 14 - 19 сентября 1970»).
622. Проблемы надежности («Техника и вооружение», № 4, 38 - 39).
623. Развитие прикладных методов теории вероятностей (Киев. «История отечественной математики», т.4, книга 2, 7 - 13, 52 - 62).
624. Итоги дискуссии по поводу статьи П.С. Суханова «Об одном противоречии системы предпочтительных чисел» (совм. с С.В. Крейтером. «Стандарты и качество», № 8, 25 - 27).
625. Проблемы математизации современного естествознания (Изд-во «Наука». Сборник «Диалектика и современное естествознание», 82 - 102).
626. Научно-технический прогресс и математика (Изд-во «Знание», серия «Математика и кибернетика», № 10, 3 - 17).
627. О будущем прикладной математики (Изд-во «Знание». Сборник "Будущее науки", вып. 3, 82 - 102), («Наука и жизнь», № 1, 42 –47, 71).
628. Nauczanie a efektywność badań naukowych (Warszawa. Polska Akademia Nauk. «Zagadnienia naukoznawstwa», tom VI, zeszyt 3 (23), 70 - 78).
629. Предисловие к брошюре А.Реньи "Письма о вероятности" (Изд-во «Мир», 5 - 15).
630. В.И.Ленин и развитие математики в Советском Союзе («Математика в школе», № 1, 4 - 12).
631. В.И.Ленин и методологические проблемы математики (Изд-во «Знание», серия «Математика и кибернетика», № 1, 1 - 32).
632. В.И.Ленин и методологические вопросы математики («Успехи математических наук», т. 25, вып. 2, 5 - 14).
633. Ленинская теория познания и математическое образование («Вестник высшей школы», № 4, 77 - 81).

634. Lenin a matematyka w Zwianzku Radzieckim (Warszawa. Polska Akademia Nauk. «Zagadnienia naukoznawstwa», tom VI, zeszyt 2 (22), 3 - 31).
635. Фридрих Енгелс за философските проблеми на математиката (Българска Академия на науките, «Физико математическо списание», том 13(46), кн. 4, 296 – 306).
636. Рецензия на книгу Beard R.T., Pentikainen T., Pesonen E. «Теория риска» («Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 31 – 33).
637. Рецензия на книгу Szaby A. «Начала греческой математики» (совм. с И.Б. Погребыским, «Новые книги за рубежом», серия А, №5 ,5 –6).
638. Рецензия на книгу Onicescu O. «Теория вероятностей и ее применения» («Новые книги за рубежом», серия А, № 6, 17 – 19).
639. Рецензия на книгу Weinberg F. «Основы теории вероятностей и статистики и их применение к исследованию операций» («Новые книги за рубежом», серия А, № 6, 19 – 21).
640. Рецензия на книгу Hajek J. «Курс по непараметрической статистике» («Новые книги за рубежом», серия А, № 7, 16 – 17).
641. Практичность абстракции (газета «Неделя», 18 - 24 мая, № 21).
642. Счет время бережет (совм. с В. Падня. «Известия», 13 июля № 164).

1971 год

643. Einführung in die Bedienungstheorie (zus. I.N.Kovalenko. Berlin, Academie-Verlag, 1 - 450).
644. Математические методы в теории надежности (совм. с Ю.К.Беляевым и А.Д.Соловьёвым. Япония, т. I, 1-267).
645. Wstep do teorii obsługi masowej (совм. с И.Н. Коваленко. Warszawa, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe).
646. Курс теории вероятностей (Япония, т. I, 1-271).
647. Лекции по теории суммирования случайного числа независимых величин (Варшава. Изд-во Варшавского университета, 1 - 42).
648. Применение теории массового обслуживания к задачам больших систем (совм. с И.Н.Коваленко. Изд-во «Наука». «Большие системы, теория, методология, моделирование»; 7 - 9, 105 - 122).
649. Theorie und Praxis der Productionssicherheit (Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart. «Ideen des exakten Wissens», № 6, 411 – 414).
650. Свойства решений задачи с потерями в случае периодичности интенсивностей (совм. с И.П. Макаровым. Минск. Изд-во «Наука и техника». «Дифференциальные уравнения», т. VII, № 9, 1696 – 1698).
651. Беседы за математическата статистика (София. Изд-во «Техника». «Малка математическа библиотека», 5-61).
652. За бъдещето на приложната математика (София, «Математика», година X, книжка 5, 5 – 9).
653. Сообщение на заседании НТС (Москва, ЦНИИ информации и технико-экономических исследований рыбного хозяйства, «Тезисы докладов, конференций и совещаний», вып. 3, 28 – 30).
654. Об источниках нового в математике (Белград, «Dijalektika», broj. 3, godina VI, 19-35).
655. О роли математики в ускорении темпов научно-технического прогресса («Математика в школе», № 5, 4 – 11).
656. Zum sechsten Hilbertschen Problem («Die Hilbertschen Probleme». Unter die Redaktion von P.S.Alexandrov. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. Geest&Portig K.-G. (Ostwalds Klassiker. Bd. 252). 145-150). (В последующие годы было еще несколько изданий этой книги).

657. *Mathematik und Leben* (Berlin, «Wissenschaft und fortschritt», № 6, 256 – 259).
658. Ф.Энгельс о философских проблемах математики («Вестник МГУ. Философия», № 2, 20 - 27; «Математика в школе», № 1, 4 – 11).
659. Гордость отечественной науки. К 150-летию со дня рождения П.Л.Чебышева. («Вестник высшей школы», № 5, 76 - 80).
660. Иосиф Бенедиктович Погребысский (некролог) («Математика в школе», № 6, 91 – 92).
661. Вступительные экзамены на естественные факультеты МГУ («Математика в школе», № 1, 50 - 55).
662. Предисловие к книге Т.Саати "Элементы теории массового обслуживания и ее приложения" (М. Изд-во "Советское Радио", 2-е изд., 5 - 13).
663. Предисловие и послесловие составителя сборника «Проблемы современной математики» (Москва, Знание, серия «Математика и кибернетика», № 10, 3, 45 – 48).
664. Рецензия на книгу «История математики» (т. I) («Вестник АН СССР», № 10, 123 – 124).
665. Рецензия на «Французско–русский математический словарь» («Успехи математических наук», т. XXVI, вып. 3, 249 – 251).
666. Рецензия на книгу Broad C.D. «Индукция, вероятность и причинность» (совм. с И.Б. Погребыским, «Новые книги за рубежом», серия А, №3 ,5 –6).
667. Рецензия на книгу Sturmer Н. «Полумарковские процессы с конечным множеством состояний» («Новые книги за рубежом», серия А, № 4, 24 – 25).
668. Пафнутий Львович Чебышев (журнал «Знание–сила», № 10, 22 – 23).
669. Практичность абстракции (еженедельник «Неделя», 18-24 мая., № 21).
670. Счет время бережет (совм. с В. Падня. «Известия», 13 июля, № 164).
671. Математика и технический прогресс («Приокская правда», 29 сентября, № 231).

1972 год

672. Математические методы в теории надежности (совм. с Ю.К. Беляевым и А.Д. Соловьёвым. Япония, т. II, 1-317).
673. Курс теории вероятностей (Япония, т. II, 273-471).
674. *Methodes Mathematiques en Theorie de la Fiabilite* (совм. с Ю.К. Беляевым и А.Д. Соловьёвым. На французском языке. Москва. Изд-во «Мир», 1-535).
675. О задачах теории массового обслуживания (Изд-во Московского университета. «Сборник трудов II Всесоюзного совещания-школы по теории массового обслуживания. Дилижан 1970», 41 - 51).
676. *Limit theorems for sums of a random number of positive independent random variables* (Proceedings of the Sixth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, University of California Press, v. II, 537 - 549).
677. Асимптотические методы в вопросах исследования операций (Изд-во «Наука». Сборник "Исследование операций. Методологические аспекты", 29 - 42).
678. О статистических методах в социальных науках (Москва. АН СССР. Научный Совет по философским вопросам естествознания. «Математизация научного знания», вып. V, 50 - 60).
679. О некоторых вопросах надежности как предмета исследования и преподавания («Надежность и долговечность машин и оборудования», 62 - 71).
680. Беседы върху теория на вероятностите и комбинаторика (София, «Математика», вып. 4, 2 - 8; вып. 5, 1 - 6).
681. Математика многонациональной советской страны и научно-технический прогресс (Изд-во "Знание", сборник "Математика и научно-технический прогресс", серия "Математика, кибернетика", № 11, 29 - 58).

682. Математика - наука древняя и молодая (Изд-во «Знание». «Архитектура математики», серия «Математика, кибернетика», № 1, 19 - 32).
683. Иосиф Бенедиктович Погребысский (некролог) («Успехи математических наук», т. XXVII, вып.1, 227 - 235).
684. Георгий Федорович Рыбкин (некролог) (совм. с П.С.Александровым, А.Н.Колмогоровым, А.И.Маркушевичем и др. «Успехи математических наук», т.27, вып.5, 223-225).
685. XIII Международный конгресс по истории науки (совм. с С.С. Демидовым. «Математика в школе», № 1, 94 - 96).
686. О математике в СССР за 50 лет его существования («Математика в школе», № 6, 5 – 12).
687. Математика и научно-технический прогресс (Изд-во "Просвещение", сборник «Школьникам о XXIV съезде КПСС», 110 - 119).
688. Технический прогресс и математическое образование (М. Изд-во "Высшая школа". «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), вып. 2, 22 - 27).
689. Математизация науки и математическое образование («Вестник высшей школы», № 1, 40 – 45).
690. Статистическое мышление и школьный курс математики (Изд-во "Знание", сборник «Новое в школьной математике», 165 - 180).
691. Обзор статей, посвященных факультативному курсу теории вероятностей («Математика в школе», № 2, 47 – 48).
692. Статистическое образование в училищата и университетите (Българска Академия на науките, «Физико математическо списание», т. 15, кн. 4, 321 - 327).
693. Предисловие (Изд-во «Знание». «Архитектура математики», серия «Математика, кибернетика», № 1, 3).
694. Наше всеобщее достояние (к 25-летию Всесоюзного общества "Знание") (журнал "Знание-сила", № 6, 1-2).
695. Відповідь без чернеток (газета «Радянська Україна», 16 января, № 13).
696. В единстве к свету (газета «Московский университет», 7 марта, № 10).
697. Сучасна школа. Здібності і підготовка до самостійної праці (газета «Радянська Україна», 16 января, № 13).
698. Выполнению обязательств – все силы (газета «Московский университет», 29 сентября, № 31).

1973 год

699. The theory of probability (Moscow. Mir Publishers, second printing).
700. Беседы о теории массового обслуживания (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 9, 3 - 63).
701. Приоритетные системы обслуживания (совм. с Э.А. Даниеляном, Б.Н. Димитровым, Г.П. Климовым, В.Ф. Матвеевым. Изд-во Московского университета, 3 - 447).
702. Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung (und A.Chintschin. Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften. Neunte, überarbeitete und erweiterte Auflage. 1 - 174).
703. О работах по приоритетным системам обслуживания (совм. с Э.А.Даниеляном. Дополнение к книге Н.Джейсуола "Очереди с приоритетами", изд-во "Мир", 255 - 271).
704. Asymptotic Problems in Queueing Theory («Proceedings of the Prague symposium on asymptotic statistics 3-6 september 1973», 107 - 125).
705. Über einige neue Probleme der Bedienungstheorie (Leipzig, Urania Verlag, heft 4, 72 – 75; heft 5, 72 - 75).

706. Об условиях существования финальных вероятностей у Марковского процесса (совм. с А.Д.Соловьевым. «Math. Operationsforsch. und Statist.», 4, heft 5, 379 - 390).
707. Statistical Problems in Teletraffic Theory (with M.A. Schneps-Schneppe. Stockholm, Seventh International Teletraffic Congress, VI, p. 141/1 – 141/6).
708. Математико-статистические методы на службу стандартизации и контроля качества (Минск, Тезисы докладов конференции «Проблемы подготовки и повышения квалификации специалистов в области стандартизации», 32 - 35).
709. Математика и современное естествознание (М. Изд-во «Наука». Сборник «Синтез современного научного знания», 143 - 158).
710. Полвека советской математической науки (Изд-во «Знание». «Слово лектора», № 1, 38 – 44; № 2, 32 - 38).
711. Математиката в СССР за 50 години от неговото съществуване (София. «Физико математическо списание», т. 16, кн. 1, 3 - 14).
712. Mathematik und Ausbildung von Ingenieuren (Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universitat Dresden, 22, heft 5, 777-785).
713. Некоторые проблемы преподавания теории телетраффика и статистического моделирования (совм. с Г.П.Башариным. "Электросвязь", № 9, 73 - 78).
714. Беседи върху теория на вероятностите и комбинаторика (София. «Математика», кн. 1, 6 - 14).
715. Принцип отражения и математика (Академия Наук СССР, Институт философии. Болгарская Академия Наук, Институт философии. Изд-во «Наука и изкуство», София. «Ленинская теория отражения и современная наука. Принцип отражения и естествознание», т. 2, 78-86.).
716. Методологические предпосылки применения количественных методов в педагогических исследованиях (Москва. Научно-исследовательский семинар общей педагогики АПН СССР. Тезисы докладов к семинару по методологии педагогики и методике педагогических исследований, VI сессия, 13-16 марта 1973 года. «Объективные характеристики, критерии, оценки и измерения педагогических явлений и процессов», 3 - 4).
717. Колмогоров Андрей Николаевич (БСЭ, т. 12, стр. 437).
718. Андрей Николаевич Колмогоров. К 70-летию со дня рождения («Успехи математических наук», т. XXVIII, вып. 5, 5 -15).
719. Ученый и педагог. К 70-летию А.Н. Колмогорова ("Математика в школе", № 2, 88 - 89).
720. Андрей Николаевич Колмогоров (София, «Физико математическо списание», т. 16, кн. 3, 226 - 228).
721. Математик (о творческом пути А.Н.Колмогорова) ("Московский комсомолец", 6.05.1973).
722. Математика и современность (газета «Московский университет», 27 апреля, № 16).
723. Науки о случайном (газета «Московский университет», 13 февраля).

1974 год

724. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я. Хинчиным. На арабском языке. Москва. Изд-во «Мир»).
725. О работах по статистическим методам теории надежности и теории массового обслуживания в АН СССР (совм. с Ю.К.Беляевым. «Известия АН СССР. Техническая кибернетика», № 3, 19 -23).
726. Об исследованиях по теории информации в системе АН СССР («Известия АН СССР. Техническая кибернетика», № 3, 24-26).

727. О математической теории надежности (Изд-во «Знание». Сборник "Математика в нашей жизни", серия «Математика, кибернетика», № 10, 43 - 62).
728. Новите задачи на теорията на масовото обслужване (София. Изд-во «Наука и изкуство». «Проблеми на съвременната математика», т. 2, 179 - 185).
729. Беседи върху теория на вероятностите и комбинаторика (София. Издание на ЦК на ДКМС и МНП за средношколци, «Математика», година XIII, № 1, 5 – 13; № 2, 4 – 11; № 3, 10 – 19; № 4, 6 - 11).
730. О дефиницији математике (Beograd. «Nastava Matematike», № 1, 81 - 84).
731. Об исследованиях по истории математики, проводящихся в Советском Союзе («Proceedings of the XVII International Congress of Mathematicians, Vancouver, B.C., 21-29 VIII 1974», vol. 2, p. 549 - 560).
732. Role of practice in development of the theory of probability (XIV-th International Congress of the History of Science, Tokyo&Kyoto, Japan, 19 - 27 august 1974, abstracts of Papers, 14, Science Council of Japan).
733. Вплив П.Л.Чебишова на розвиток теорії ймовірностей (Київ, «Нариси з історії природознавства і техніки», вип. XVIII, 13 - 23)
734. Академия наук и прогресс математики («Квант», № 4, 3 – 11; № 5, 18 - 25).
735. Академия наук и развитие математики («Математика в школе», № 1, 4 - 11).
736. Академия наук и развитие математического просвещения в СССР («Математика в школе», № 2, 7 - 14).
737. Прикладные аспекты преподавания математики (Изд-во «Знание». Сборник "Математическое образование сегодня", № 6, 30 - 52).
738. Роль преподавателя вуза в научно-техническом прогрессе (М. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), вып. 4, стр. 13 – 17).
739. Заведующий кафедрой («Вестник высшей школы», № 3, 51 - 59).
740. Нужны специализированные группы («Вестник высшей школы», № 8, 57 -58).
741. Политехнические аспекты преподавания математики в средней школе («Математика в школе», № 6, 18 - 24).
742. Приобщение к мышлению (Изд-во «Знание». Сборник "Этюды о лекторах", 204 - 211).
743. Научно-технический прогресс и математика (Стенограмма кинозаписи лекции, изд - во «Знание», 3 - 18).
744. 20-й Международный конгресс математиков (Вестник высшей школы, № 12, 45 - 48).
745. Лев Аркадьевич Калужнин (к шестидесятилетию со дня рождения) («Успехи математических наук», т. XXIX, вып.4, 193 - 197).
746. Александр Яковлевич Маргулис (к шестидесятилетию со дня рождения) («Математика в школе», № 1, 84).
747. Предисловие (М. Изд-во «Знание». Сборник "Математическое образование сегодня", серия «Математика, кибернетика», № 6, 3 - 4).
748. Предисловие (М. Изд-во «Знание». Сборник "Математика в нашей жизни", серия «Математика, кибернетика», № 10, 3 - 4).
749. Послесловие к статье Пичурина Л.Ф. "Школьная математика и вузовское преподавание" («Вестник высшей школы», № 7, 25-27).
750. Мой учитель (газета «Вечерняя Москва», 5 ноября).

1975 год

751. О надежности дублированной системы с восстановлением и профилактическим обслуживанием (совм. с М.Динич, Ю.Насром. «Известия АН СССР. Техническая кибернетика», № 1, 66 – 71).

752. Приближенная модель одной физической задачи (Саранск, сборник "Управление, надежность, навигация", вып. 3, 125 - 127).
753. О некоторых вопросах управления научными исследованиями («Тезисы докладов к семинару "Вопросы целевого управления", 9-10 декабря», 5 - 7).
754. Об источниках нового в математике (Изд-во «Знание». «Современная культура и математика», серия «Математика, кибернетика», № 8, 35 - 51), (София, Поредача "Математика, физика, химия", № 1, 32 - 46).
755. Проблемы современной математики (Изд-во «Знание». «Материалы в помощь лектору, выступающему по проблемам физики и математики», 5 - 10).
756. Научно-технический прогресс и математика (Изд-во «Знание». «Материалы в помощь лектору, выступающему по проблемам физики и математики», 11 - 16).
757. О математизации научного знания ("Коммунист", № 5, 73 - 80).
758. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung und der wissenschaftlich-technische Fortschritt (Berlin, «ALPHA», Mathematische Schulerzeitschrift, № 1, S. 1 – 2, 24).
759. Научно-технический прогресс и математика («Слово лектора», № 7, 57 - 64).
760. Высшее математическое образование в СССР за 50 лет (М. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), вып. 5, стр. 3 – 10).
761. Чтобы лучше готовить математиков в университетах («Вестник высшей школы», № 9, 54 - 57).
762. Полезная форма повышения квалификации математиков («Вестник высшей школы», N7, 84 - 87).
763. Об исследованиях по истории математики в Советском Союзе («Математика в школе», № 6, 8 - 16).
764. Теория отражения и математика («Математика в школе», № 4, 4 - 12).
765. Алексей Дмитриевич Семушин (к шестидесятилетию со дня рождения) (совм. с А.Я.Маргулисом, Г.Г.Масловой. «Математика в школе», № 1, 89).
766. Предисловие к книге "Статистические задачи обработки систем и таблицы для числовых расчетов показателей надежности" (Москва, "Высшая школа").
767. Предисловие к книге Б.А. Козлова и И.А. Ушакова «Справочник по расчету надежности» (Москва, «Советское радио»).
768. Grußschreiben von Prof. Dr. B.Gnedenko (Leipzig. «Tagung der Konferenz der Mathematikmethodiker, 25 - 26 September», 5 - 6).
769. Математика в наступлении (газета «Красное знамя», Харьков, 14 августа).
770. Стахановцам нужны знания... («Московский университет», 25 ноября)

1976 год

771. The Theory of Probability (Moscow, Mir Publishers, third printing).
772. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я. Хинчиным. "Наука", 8-ое изд., 5 - 167).
773. О длительности безотказной работы дублированной системы с восстановлением и профилактикой (совм. с И.М.Махмудом. «Известия АН СССР, Техническая кибернетика», № 3, 86 - 91).
774. Приближенная модель одной физической задачи (Саранск. Межвузовский сборник научных работ «Управление, надежность и навигация», вып. 3, 125-127).
775. Предисловие к книге Перроте А.И. "Вопросы надежности радиоэлектронной аппаратуры (Москва. Изд-во "Советское Радио").

776. Ташмухамед Алиевич Сарымсаков (к шестидесятилетию со дня рождения) (совм. с П.С.Александровым, А.Н.Кологоровым, Ю.В.Прохоровым. «Успехи математических наук», т. XXXI, вып. 2, 241-246).
777. Всесоюзное совещание-семинар заведующих математическими кафедрами университетов (совм. с Б.Р.Вайнбергом и др. «Успехи математических наук», т. XXXI, вып. 2, 247 – 253).
778. О некоторых вопросах управления научными исследованиями (Московский городской Совет научно-технических обществ, Институт экономики АН СССР, МИНХ им. Г.В.Плеханова, Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований в электротехнике. Московский городской научно-практический семинар «Вопросы целевого управления» 9-10 декабря 1976 года, тезисы докладов, 5-7).
779. О математическом образовании в итальянской школе (совм. с М.Клерико. «Математика в школе», № 5, 90 - 93).
780. О некоторых вопросах преподавания математики в средних специальных учебных заведениях (Министерство высшего и среднего специального образования СССР. Изд-во "Высшая школа". «Методические рекомендации по математике», выпуск № 1, стр. 5 – 12).
781. Мястото на приложниия и на абстрактниия аспект на обучението по математика в средното училище (София. Изд-во «Народна просвета». Сборник "Осъвременяване на обучението по математика", ч.1, 151 - 162).
782. За источниците на новото в математиката (София. Изд-во «Наука и изкуство». Библиотека на дружество «Георги Кирков», поредица «Математика, физика, химия», выпуск 1, сборник статей «Современната култура и математиката», 32-46).
783. О развитии мышления и речи на уроках математики («Математика в школе», № 3, 8 - 13).
784. Важные аспекты проблемы качества обучения («Математика в школе», № 1, 6 - 10).
785. Сообщество наук («Московский университет», 24 февраля).
786. О специальности математика («Московский университет», 2 апреля).
787. Что делать с «неспособными»? (газета «Советская культура», 14 сентября).
788. День рождения – рождение года (интервью провел Н. Марунов. «Московский университет», 1 января).

1977 год

789. О развитии теории массового обслуживания и теории надежности в СССР (совм. с Ю.К. Беляевым, И.А. Ушаковым. «Известия АН СССР, Техническая кибернетика», № 5, 69 - 87).
790. Беседы о теории массового обслуживания (Япония, Гэндай - сугаку, № 10, 11 – 16; № 11, 72 – 77; № 12, 55 - 58, на японском языке).
791. Научно-технический прогресс и математизация знаний (М. Изд - во «Знание», 3 - 61).
792. Математика - народному хозяйству (М. Изд - во «Знание», 3 - 63. Переведена на датский язык и опубликована в Дании в 1978 году).
793. За советом в природу (Заметки о надежности в технике и живом мире) (совм. с Я.М. Соринным, М.Б. Славиным. Москва. Изд - во «Знание», 3 - 128).
794. Главное направление научно-технического прогресса («Слово лектора», № 7, 31 - 39).
795. Математика: мода или необходимость? (Москва. Изд-во «Знание». «Просто о сложном» (материалы Всесоюзной научно-методической конференции), 80 - 83).
796. Высшее математическое образование в СССР на современном этапе (Киев. Изд-во «Вища школа», сборник "Проблемы высшей школы", вып. 28, 8 - 9).

797. О развитии математики в нашей стране за 60 лет Советской власти («Математика в школе», № 5, 12 - 19), (сокращенный вариант, «Квант», № 11, 18 - 26).
798. Высшее математическое образование за 60 лет Советской власти («Математика в школе», № 3, 8 - 16).
799. О математике Страны Советов ("Квант", № 11, 19-26).
800. Естественные факультеты Московского университета («Математика в школе», № 1, 47 - 51).
801. Current Studies in the history of mathematics in the Soviet Union (Amer. Math. Soc. Transl. (2) v. 109, 119 - 129).
802. Исследования по истории математики в Советском Союзе ("Нариси історії природознавства і техніки", вып. 23, 3-13).
803. Пьер Симон Лаплас (Българска Академия на науките, «Физико математическо списание», т. 20, кн. 3, 252 - 259).
804. Abbildtheorie und Mathematik (Berlin, «Mathematik in der Schule», № 9, 449 - 456).
805. О воспитании научного мировоззрения на уроках математики («Математика в школе», № 4, 13 - 19).
806. За развитието на мислинето и речта при уроците по математика (София, "Обучинието по математика", № 5, 6 - 12).
807. Рецензия на книгу "Хрестоматия по истории математики" под ред. А.П. Юшкевича (совм. с С.С. Петровой. «Успехи математических наук», т. XXXII, вып. 1, 249 - 251).
808. Нужен эксперимент (газета «Московский университет», 18 марта).

1978 год

809. The Theory of Probability (Moscow. Mir Publishers, fourth printing).
810. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Academy Verlag, Berlin, 7 Auflage, 3 - 399).
811. Teoria della probabilita (Roma, traduzione dal ruso, Editori Riuniti, Edizioni Mir, 5 - 391).
812. Математика и контроль качества продукции (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 11, 3 - 64).
813. Matematikkens forhold til samfundsokonomien (Tekster fra IMFUFA, № 7, 1 - 77).
814. О методах теории массового обслуживания (Изд-во «Наука». «Кибернетика и диалектика», 116 - 140).
815. О математических методах кибернетики. Теория массового обслуживания (Москва. Изд-во «Энергия». Сборник "Кибернетику - на службу коммунизму", т. 9, 11 - 27).
816. On some problems in queueing theory (Hungary. «Colloguia mathematica societatis Janos Bolyai», 85 - 92).
817. К вопросу о профилактике технических систем (Саранск, сборник "Управление, надежность, навигация", вып. 4, 97 - 100).
818. Беседы о теории массового обслуживания (Япония, Гэндай - сугаку, № 2, 74 - 76, на японском языке).
819. La mathematisation de la sciece (Alap-Paris, Novosti Moscou, «La Science au 20-e siecle», t. 5, 99 - 127).
820. Математика і науково-технічний прогрес (совм. с В.С. Сологубом. Київ. Изд-во «Знання». 3 - 48).
821. Научно-технический прогресс и математика (Минск. Изд-во «Высшая школа». «Хрестоматия по лекторскому мастерству», 122 - 131).
822. Теория вероятностей (совм. с О.Б. Шейниным. Москва. Изд-во "Наука". "Математика XIX века", 184 - 240).
823. О Всесоюзном совещании-семинаре заведующих математическими кафедрами механико-математических и физико-математических факультетов университетов

- (Москва. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), выпуск 7, 120-123).
824. Математизация знаний и особенности ее пропаганды (Общество «Знание». «Слово лектора», № 11, 41 - 46).
825. Математика и оборона страны («Математика в школе», N2, 56 - 61).
826. О математическом образовании в вузах в период научно-технического прогресса (М. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), выпуск 7, 3-9).
827. Научно-технический прогресс и математическое образование во втузах (М. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), выпуск 8, 6 - 11).
828. Wybrane problemy nauczania matematyki w szkołach wyższych (Warszawa. «Zycie szkoły wyższej», 27 - 42).
829. Совершенствовать мастерство преподавателя («Вестник высшей школы», № 3, 57 - 61).
830. Статистическое мышление и школьное математическое образование (Москва. Изд-во «Просвещение». Сборник «На путях обновления школьного курса математики», 56 - 68).
831. Политехнические аспекты преподавания математики в средней школе (Москва. Изд-во «Просвещение». Сборник «На путях обновления школьного курса математики», 121 - 132).
832. Мнение кафедры теории вероятностей МГУ им. М.В. Ломоносова об учебниках для средней школы по математике («Математика в школе», № 5, 26 - 27).
833. Предисловие к четвертому изданию книги А.Я. Хинчина "Цепные дроби" (Москва. Изд-во «Наука». 3 - 4).
834. Über einige grundsätzliche Fragen zur Entwicklung der Mathematik im Zusammenhang mit der Erziehung zu einer wissenschaftlichen Weltanschauung (Berlin, «Mathematik in der Schule», No 9, 451 - 455).
835. Ученый, педагог, реформатор. К 75-летию со дня рождения А.Н. Колмогорова («Математика в школе», № 2, 93-94).
836. Комсомол и развитие советской математики («Математика в школе», № 5, 22 - 24).
837. Памяти Бориса Осиповича Солоноуца (совм с Е.С. Вентцель и др.. Москва. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), вып. 7, 137-139).
838. Памяти Рафаила Самойловича Гутера (совм. с И.В. Чувило и др.. Москва. Изд-во «Высшая школа». «Математика» (сборник научно-методических статей по математике), вып. 8, 112 - 113).
839. Математика на каждый день (газета «Правда», 4 января, № 4. Статья переведена на датский язык и опубликована в Дании в 1978 году).
840. Слова, идущие в атаку, как бойцы... (интервью провел И.Н. Егоров. Газета Московского округа противовоздушной обороны «На боевом посту», 27 января).

1979 год

841. Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung (zum A.J. Chintschin. Berlin, Veb Deutscher Verlag der Wissenschaften, 3 - 174).
842. Теория на вероятностите (совм. с А.А. Гешевым. Пловдив. Изд-во Пловдивского университета. 3 - 219).
843. Вероятностей теория (Украинская Советская Энциклопедия, т. 2, 191).
844. Zum sechsten Hilbertschen Problem (Leipzig, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, b. 252, 145 - 150).

845. Mathematics in Scientific Research and Education (в книге «Computers in the life sciences», printed in Great Britain, by Biddles Ltd. Guildford, Surrey, Croom Helm London, 23 – 25).
846. Popularisation of Mathematics, Mathematical Ideas and Results in the USSR (Denmark, Tekster fra IMFUFA, nr. 18, 60 - 62).
847. О математическом образовании математика («Вестник высшей школы», № 10, 21 - 24).
848. The Mathematical Education of Engineers (совм. с Z. Khalil. «Educational Studies in Mathematics», 10 (1979), 71 - 83, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland, and Boston, USA).
849. Педагог, коллектив и воспитание творческих начал («Вестник высшей школы», № 4, 38 - 41).
850. Как подготовить творческого специалиста? («Вестник высшей школы», № 3, 11).
851. О математическом творчестве («Математика в школе», № 6, 16 - 22).
852. Школьный курс математики и воспитание мировоззрения («Математика в школе», № 3, 3 - 6).
853. Предисловие к книге Х. Крамера "Полвека с теорией вероятностей: наброски воспоминаний" (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 2, 3 - 4).
854. Предисловие к книге И.Г. Башмаковой "Становление алгебры" (Изд-во «Знание», серия «Математика, кибернетика», № 9, 3 - 7).
855. Предисловие к книге А.Я. Маргулиса "Серия "Математика, кибернетика" за 12 лет" (Изд - во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 10, 3 - 8).
856. Алексей Иванович Маркушевич (некролог) (совм. с А.Н. Колмогоровым и др. «Математика в школе», № 5, 77 – 78).
857. Петр Сергеевич Моденов (некролог) (совм. с А.Г. Свешниковым. «Математика в школе», № 1, 79 - 80).
858. Рецензия на книгу "Хрестоматия по истории математики" под ред. А.П. Юшкевича (совм. с С.С. Петровой. «Успехи математических наук», т. 34, вып. 1, 262 - 264).
859. Радость творчества («Учительская газета», 10 марта).
860. Нет доброты по выбору (интервью провела Л. Артомонова, газета «Социалистическая индустрия», 16 июня).
861. ЭВМ: перспективы и опыт применения (газета «Вышка», 17 июля).

1980 год

862. Математические методы управления качеством продукции (Изд-во «Знание», 4 - 32).
863. Математика в современном мире (Москва, Изд-во «Просвещение», 3 - 128).
864. Теоретическая и прикладная математика (изд-во «Знание», «Что такое прикладная математика», серия "Математика, кибернетика", № 10, 50 - 62).
865. Математика в Московском Университете за первые 100 лет (Изд-во «Знание». "Математическая наука в МГУ", серия "Математика, кибернетика", № 4, 5 - 20).
866. О московской школе теории вероятностей (изд-во «Знание». «Математическая наука в МГУ», серия "Математика, кибернетика", № 4, 30 - 44).
867. Математика в Московском Государственном университете («Квант», № 2, 2 - 9).
868. Московский университет и математическое просвещение («Математика в школе», № 2, 14 - 19).
869. Развитие математики и математического образования («Математика в школе», № 6, 3 - 8).
870. НТП и математическое образование ("Вестник высшей школы", № 9, 52 - 54).
871. Кафедра и подготовка творческой смены ("Вестник высшей школы", № 3, 43 - 47).

872. Възпитаване на научен мироглед в уроците по математика (София. Изд-во «Народна просвета», сборник статей «За някои въпроси на обучението по математика», 5-18).
873. Върху развитието на мислинето и речта в уроците по математика (София. Изд-во «Народна просвета», сборник статей «За някои въпроси на обучението по математика», 18 - 28).
874. Елементи от историята на науката в уроците по математика (София. Изд-во «Народна просвета», сборник статей «За някои въпроси на обучението по математика», 28 - 41).
875. Ленин и математика («Математика в школе», № 1, 3 - 8).
876. Предисловие к сборнику «Математика как профессия» (изд-во «Знание», Серия "Математика, кибернетика", № 6, 3 - 23).
877. Предисловие к книге А. Ренъи "Трилогия о математике" (Москва. Изд-во «Мир», 5 - 16).
878. Предисловие к книге Н.А. Плохинского, "Алгоритмы биометрии" (Изд-во Московского университета, 3 - 4).
879. Предисловие к книге Н.Б. Вассоевича и др. "Коэффициент ранговой корреляции Спирмена" (Изд-во Московского университета, 3).
880. Наум Яковлевич Виленкин. К 60-летию со дня рождения (совм. с С.И. Шварцбурдом, А.Г. Мордковичем. «Математика в школе», № 6, 63 - 64).
881. О серии брошюр "Математика, кибернетика" («Математика в школе», № 5, 76 - 77).
882. О книге "Биографический словарь деятелей в области математики" («Математика в школе», № 4, 64 - 65).
883. Математик (К 1000-летию со дня рождения Абу Али Ибн Сины) («Комсомольская правда», 21 августа).
884. Дух поиска научной истины (интервью провел В. Прошкин, газета «Московский университет», 28 марта, № 19).
885. Желаю вам расцвета (интервью провела С. Козлова, «Тувинская правда», 24 мая, № 121).

1981 год

886. Из истории науки о случайном (изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 6, 3 - 64).
887. Математическое образование в вузах (Москва, изд. «Высшая школа», 3 - 173).
888. Предельные теоремы для сумм случайного числа случайных слагаемых (совм. с Д.Б. Гнеденко. Ивановский ГУ, межвузовский сборник "Алгебраические системы", 78 - 88).
889. О формулах Эрланга для систем с потерями (совм. с О. Аннаоровым. «Известия АН Туркменской ССР», серия физико-технических, химических и геологических наук, № 6, 99-100).
890. Математика в Московском университете («Москва, изд-во «Высшая школа». «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 9, 124 - 136.).
891. О месте лекции в математическом образовании (Москва, изд-во «Высшая школа». «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 9, 25 - 37.).
892. О призвании учителя («Математика в школе», № 5, 5 - 11).
893. Роль математики в формировании у учащихся научного мировоззрения («Сурган Хумуужуулэгч», № 1, 35 - 45).
894. О воспитании научного мировоззрения на занятиях по математике (Ивановский ГУ, межвузовский сборник "Алгебраические системы", 10 - 18).
895. Слово, зажигающее сердца (Изд-во «Знание». Сборник "Живое слово науки", 184 - 189).

896. Константин Петрович Сикорский. К 85-летию со дня рождения (совм. с Р.С. Черкасовым, Н.А. Курдюмовым. «Математика в школе», № 5, 66).
897. Симеон Дени Пуассон («Математика в школе», № 3, 64 - 67; Болгария, "Физико-математическое списание", 23(56), № 3, 242-246).
898. Предисловие к книге А.Н. Колмогорова и др. "Физико-математическая школа при МГУ" (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 5, 3 - 7).
899. Предисловие к книге Л.Н. Дашевского, Е.А. Шкабара "Как это начиналось" (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 1, 3 - 6).
900. Введение к сборнику "Труды IV Всесоюзной школы-семинара. Теория массового обслуживания. Баку. 1978" (Москва, ВНИИСИ, 3).
901. Историко-математические исследования (к выходу XXV тома) («Успехи математических наук», т. 36, вып. 4, 242-243).
902. Изабелла Григорьевна Башмакова. К 60-летию со дня рождения (совм. с П.С. Александровым, А.Н. Колмогоровым и др.. «Успехи математических наук», т. 36, № 5(221), 211-214).
903. Изабелла Григорьевна Башмакова (совм. с П.С.Александровым, А.Н.Колмогоровым и др.. "Математика в школе", № 1, 73-74).
904. Алексей Иванович Маркушевич (совм. с П.С.Александровым, А.Н.Колмогоровым и др.. Болгария, "Физико-математическое списание", 23(56), № 2, 150-152).
905. Сагды Хасанович Сираждинов (к 60-летию со дня рождения) (совм. с А.Н.Колмогоровым и др.. «Успехи математических наук», т. XXXVI, № 1, 73-74).
906. Мордухай Моисеевич Вайнберг (некролог) («Математика в школе», № 1, 80).
907. Комментарий (газета «Ленинская смена», 21 апреля).
908. Нам не нужна война («Московский университет», 16 декабря).
909. Шабыт берер бул кадам («КАЗАКСТАН МУГАЛІМІ», 24 апреля).
910. В интересах науки, в интересах практики (интервью провел Е. Марченко. «Московский университет», 27 ноября).

1982 год

911. The Theory of Probability (Moscow. Mir Publishers, fifth printing, 1-392).
912. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я. Хинчиным. Изд-во «Наука», 9-ое изд., 3 - 156).
913. Математика и теория надежности (совм. с А.Д. Соловьевым. Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 10, 3 - 63).
914. Формирование мировоззрения учащихся в процессе обучения математике (Москва. Изд-во «Просвещение», 3 - 144).
915. Математические модели старения полимерных изоляционных материалов (совм. с Р.П. Брагинским, С.А. Молчановым и др. «Доклады АН СССР», т. 268, № 2, 281 – 284).
916. Об одном свойстве предельных распределений для максимального и минимального членов вариационного ряда (совм. с Л. Сенуси-Берекси. «Доклады АН СССР», т. 267, № 5, 1039 - 1040).
917. Об одном свойстве логистического распределения (совм. с Л. Сенуси-Берекси. «Доклады АН СССР», т. 267, № 6, 1293 - 1295).
918. О распределениях Лапласа и логистическом как предельных в теории вероятностей (совм. с Д.Б. Гнеденко. «Сердика. Българско математическо списание», т. 8, 229 - 234).
919. Теория надежности (совм. с Ю.К. Беляевым. «Математическая энциклопедия», т. III, 854 - 858).

920. Статистически методи за контрол на качеството на масовата промишлена продукция (София. "Математика", № 7, 2 - 9).
921. Математическое образование и математика в СССР за 60 лет («Математика в школе», № 6, 6 - 10).
922. Статия В.И. Ленина "О значении воинствующего материализма" и математическое образование («Математика в школе», № 4, 5 - 8).
923. Московский государственный университет (О вступительных экзаменах в вузы в 1981 году. «Математика в школе», № 2, 57 - 59).
924. Какъв трябва да бъде учебникът по математика за ученици (София. "Обучението по математика", № 1, 10 - 18).
925. Математика в современном мире («Вечерняя средняя школа», № 1, 30 - 33).
926. О математических способностях и их развитии («Математика в школе», № 1, 31 - 34).
927. Математика в СССР («Квант», № 11, 2 - 4).
928. Михаил Васильевич Остроградский («Квант», № 10, 5 - 10).
929. Александр Яковлевич Маргулис (некролог) («Математика в школе», № 1, 80).
930. Предисловие к книге М.А.Ястребенецкого «Надёжность технических средств в АСУ технологическими процессами» (Москва. «Энергоиздат»).
931. Grußadresse aus der UdSSR (An den Mathematiker-Kongreß der DDR 1981. «ALPHA», Mathematische Schulerzeitschrift, № 1, S. 8).

1983 год

932. Предисловие (совм. с Д. Кёнигом) и глава I в "Handbuch der Bedienungstheorie I" (Academie - Verlag, Berlin, 7-9, 19-38).
933. Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung (und A.J. Chintschin. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 3 - 174).
934. On limit theorems for a random number of random variables (Proceedings of the Fourth USSR-Japan Symposium "Probability Theory and Mathematical Statistics", august 23-29, 1982. Springer-Verlag, Berlin, 167 - 176).
935. On some stability theorems (Proceedings of the 6th International Seminar "Stability Problems for Stochastic Models", april 1982. Springer-Verlag, Berlin, 24 - 31).
936. О свойстве продолжимости предельных распределений для максимального члена последовательности (совм. с Л. Сенуси-Берекси. «Вестник Московского университета», серия 1, "Математика. Механика", № 3, 11 - 20).
937. Предельные теоремы для крайних членов вариационного ряда (совм. с А. Шерифом. «Доклады АН СССР», т. 270, № 3, 523 - 525).
938. A characteristic property of one class of limit distributions (and S. Janjic. Math. Nachr., 113, 145 - 149).
939. Теоремы устойчивости для предельных распределений членов вариационного ряда (Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т. 28, вып. 4, 809-810).
940. Математические модели старения полимерных изоляционных материалов (совм. с Р.П. Брагинским и др. «Доклады АН СССР», т. 268, № 2, 281 - 284).
941. О математических задачах теории массового обслуживания и надежности (совм. с Ю.К. Беляевым, И.А. Ушаковым. «Известия АН СССР, Техническая кибернетика», № 6, 3 - 12).
942. Учет периодичности при оценке коэффициента загрузки диспетчера (совм. с Л.Г. Афанасьевой и Н.А. Дроздовым. Москва. АН СССР. «II Всесоюзная конференция по управлению воздушным движением. Тезисы докладов». 51 - 53)
943. Теория вероятностей и математическая статистика (в сборнике "Очерки развития математики в СССР". Киев, изд-во "Наукова думка", 500-513).

944. Математика и научное познание (изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 7, 3-64).
945. О преподавании предметов теоретико-вероятностного цикла во втузах (Москва. Изд-во «Высшая школа». «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 10, 189-191).
946. О математических способностях (Москва. Изд-во «Высшая школа». «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 10, 154-163).
947. Колос и машина ("Изобретатель и рационализатор", № 6, стр. 6 - 7).
948. О продовольственной программе и математике («Математика в школе», № 2, 4 - 9).
949. Математика и производство («Квант», № 1, 3 - 6, 11).
950. Карл Маркс и математиката (София, «Физико-математическо списание», т. 25, вып. 4, 267 - 276).
951. Андрей Николаевич Колмогоров (к 80-летию со дня рождения) (совм. с Н.Н. Боголюбовым, С.Л. Соболевым. «Успехи математических наук», т. 38, вып. 4, 11 - 23).
952. Андрей Николаевич Колмогоров (к 80-летию со дня рождения) («Математика в школе», № 2, 76 – 78).
953. Павел Сергеевич Александров (некролог) (совм. с А.Н. Колмогоровым. «Математика в школе», № 1, 47 - 48).
954. Иван Федорович Тесленко (к 75-летию со дня рождения) (совм. с М.И. Бурда, Р.С. Черкасовым. «Математика в школе», № 2, 78 – 79).
955. Предисловие к книге Е.Ю. Барзиловича и др. "Вопросы математической теории надежности" (Москва, изд-во «Радио и связь», 3 - 8).
956. Предисловие к книге «Геометрия гильбертова пространства и три принципа функционального анализа» (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 6, 3).
957. О книге А.Я. Халамайзера "Математика гарантирует выигрыш" («Математика в школе», № 6, 69).
958. «Ценю увлеченность...» (газета «Московский университет», 4 января).
959. Путь в большую науку (газета «Брянский комсомолец», 2 марта, № 25).
960. Дорогу осилит идущий (газета «Московский университет», 14 апреля).
961. Пътят до истината (интервью провел Дончо Христов. «АБВ» информационен седмичник за книгата, 8 ноември).

1984 год

962. Теория на вероятностите и математическа статистика (совм. с А.А. Гешевым. София, изд-во «Наука и изкуство», 3 - 229).
963. Matematika siuolaikiniame pasaulyje (Математика в современном мире) (Kaunas, Sviesa, 4 - 102).
964. Service systems with the time-dependent input and service intensities (Fundamentals of teletraffic theory. «Proceedings of the Third International Seminar on Teletraffic Theory, Moscow, June 20-26, 1984», 142 - 146).
965. Принципы аналитического моделирования диспетчера в секторе управления воздушным движением (совм. с Л.Г. Афанасьевой. Пермь, «Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Применение статистических методов в производстве и управлении", 31 мая - 2 июня», 101 - 102).
966. Особенности анализа эффективности криогенных систем и установок с резервными режимами работы (совм. с М.В. Козловым и др.. Ленинград. «Межвузовский сборник научных трудов "Криогенная техника и кондиционирование"», 3 – 8).
967. О распределении медианы (совм. с С. Стоматовичем, А. Шукри. «Вестник Московского университета», серия "Математика. Механика", № 2, 59 - 63).

968. За управлението на качеството на промишлената продукция (София, «Социално управление», № 1, 3 - 10).
969. К истории понятия вероятности случайного события (совм. с М.Т. Перес. «АН СССР, Вопросы истории естествознания и техники», № 1, 71 - 75).
970. Международный математический конгресс в Варшаве (16-24 августа 1983 г.) («Математика в школе», № 4, 67 - 69).
971. Математическое творчество и общественный прогресс («Квант», № 2, 2 - 5).
972. Воспитание моральных принципов и математика («Математика в школе», № 5, 6 - 10).
973. Математические рукописи К.Маркса и вопросы математического образования («Математика в школе», № 2, 7 - 12).
974. Слово, зажигающее сердца (Изд-во «Знание». «Владимир Васильевич Голубев», серия "Математика, кибернетика", № 10, 52 - 57).
975. Михаил Васильевич Остроградский (Изд-во «Знание», серия "Математика, кибернетика", № 5, 3 - 63).
976. Евгений Евгеньевич Слуцкий (Киев. "У світі математики", вып. 15, стр. 40).
977. А.Я. Халамайзер (к 60-летию со дня рождения) (совм. с З.А. Скопец и П.В. Стратилатовым. «Математика в школе», № 3, 77-78).
978. Предисловие к книге «Handbuch der Bedienungstheorie II» (und D. König. Academie-Verlag, Berlin, 7 - 8).
979. Какими быть X-XI классам? (коллективное письмо девяти академиков (Б. Гнеденко, Н. Дубинин, И. Кикоин, А. Колмогоров, М. Нечкина, С. Никольский, Н. Семенов, С. Соболев, Д. Эпштейн) с предложением к проекту реформ школы) («Известия», 26 января).
980. О ценности знаний («Правда», 27 февраля).
981. Яш зехинлер тапланяр («Мугаллымлар газети», 30 мая)
982. Что может статистика (Пермь, газета «Звезда», 23 июня, № 145).
983. Математика и жизнь («Учительская газета», 5 июля).
984. Вторая грамотность XX века («Известия», 18 декабря).
985. О цирке (интервью, еженедельник «Советский цирк», 6 июля, № 1).
986. Верю в победу чемпиона (интервью провел Гагик Карапетян, газета «Вечерняя Казань», 25 октября).

1985 год

987. Математика и контроль качества продукции (на монгольском языке, Улан-Батор, Улсын Хэвлэпийн Газар, Улаанбаатор, 3-69).
988. Математика и математическое образование в современном мире (Изд-во «Просвещение», 3-191).
989. О продолжимости предельных совместных распределений для членов вариационного ряда (совм. с Х. Баракат и С. Хемида. «Доклады АН СССР», т. 284, 789 – 790)
990. Вероятностно-статистическое моделирование управления воздушным движением (совм. с Л.Г. Афанасьевой. Тарту, «Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции "Применение многомерного статистического анализа в экономике и оценке качества продукции", 17-18 сентября 1985 года», 134 - 144).
991. О некоторых актуальных проблемах надежности (совм. с Е.Ю. Барзиловичем. Изд-во «Машиностроение», сборник "Проблемы надежности летательных аппаратов", 4 – 9).
992. И не только в биологии (Вестник высшей школы», № 10, 31 - 32).

993. К читателям (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 5-7).
994. Вероятность (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 36-37).
995. Вероятностей теория (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 37-39).
996. Андрей Андреевич Марков (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 39-40).
997. Математика (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 172-178).
998. Математическая статистика (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 183-184).
999. Программа педагогических вузов по истории математики (составлена совм. с А.П.Юшкевичем, И.Г.Башмаковой, Б.А.Розенфельдом, С.С.Демидовым) («Математика в школе», № 3, 57-60).
1000. О двух совещаниях в Болгарии по вопросам школьного образования ("Информатика и вычислительная техника", 68).
1001. Математика и математики в Великой Отечественной войне («Квант», № 5, 9-15).
1002. О нашем товарище (газета «Московский университет», 1 апреля).
1003. Не стареет наука, а значит – и кафедра (газета «Московский университет», 11.XII).
1004. Любовь к математике (интервью провела О. Огнева. «Студенческий меридиан», № 3, 10-11).

1986 год

1005. Формиране на мироглед у учениците при обучението по математика (София. Изд-во «Народна просвета», 2 - 156).
1006. Предельные теоремы для членов вариационного ряда (Москва. Изд-во "Наука", «Первый Всемирный конгресс Общества математической статистики и теории вероятностей им. Бернулли. Тезисы», т. 1, 194).
1007. Математические основы исследования (Москва. Изд-во «Машиностроение», справочник «Надежность и эффективность в технике», т.1, 54 - 58).
1008. Место математической статистики в научно-техническом прогрессе ("Заводская лаборатория", т. 52, № 12, 1 - 2).
1009. Вторая грамотность века (изд-во «Знание», «Слово лектора», № 3, 14 - 18).
1010. К истории основных понятий теории вероятностей («История и методология естественных наук», вып. XXXII, 81 - 88).
1011. Из истории начального периода истории теории вероятностей (Москва. Изд-во "Наука", «Первый Всемирный конгресс Общества математической статистики и теории вероятностей им. Бернулли. Тезисы», т. 2, 939).
1012. Теория вероятностей и Я. Бернулли (совм. с С.Х. Сираждиновым. Производственно-издательский комбинат ВИНТИ, сборник «Бернулли ученые и общество Бернулли», 24 - 37).
1013. Математической подготовке - прикладную направленность («Вестник высшей школы», № 9, 49 - 52).
1014. Математизация знания и вопросы математического образования (Москва. Центральный совет философских (методологических) семинаров при Президиуме АН СССР. «Сборник трудов симпозиума «Математизация современной науки: предпосылки, проблемы, перспективы», проведенного в январе-феврале 1983 года в г. Пущино», 23 - 32).

1015. Математиката и изучаването на заобикалящата ни действителност (София, "Проблеми на ученическото техническо творчество", № 3, 25 - 29).
1016. О двух совещаниях в Болгарии по вопросам школьного образования («Математика в школе», № 1, 68 - 69).
1017. Об упражнениях по математике (совм. с М.В. Потоцким. Москва. Изд-во "Высшая школа", «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 13, 6-15).
1018. Об исследовании по истории школьного математического образования в нашей стране, проводимом в Японии (совм. с Р.С. Черкасовым. «Математика в школе», № 4, 75 - 76).
1019. Из воспоминаний о В.В. Голубеве (Москва. Изд-во ВВИА им. Н.Е. Жуковского, «Голубев Владимир Васильевич. К 100-летию со дня рождения», 60-61).
1020. Великий русский ученый и просветитель Михаил Васильевич Ломоносов (совм. с Н.П. Жидковым. «Математика в школе», № 5, 49 - 54).
1021. Адольф Павлович Юшкевич (совм. с Башмаковой И.Г. и др.. "Математика в школе", № 4, 72-74).
1022. Вечният стремеж към открития (Интервью. София, "Наука и техника за младежта", № 3, 14 - 18).

1987 год

1023. Введение в теорию массового обслуживания (совм. с И.Н. Коваленко. «Наука», 2-е изд., перераб. и дополн., 1-336).
1024. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Berlin. Akademie-Verlag, eighth edition).
1025. Современные задачи теории и практики надежности («Надежность и контроль качества», № 11, 3 - 10).
1026. Работы академика А.А.Маркова по теории вероятностей (Москва. Изд-во "Наука". С.Я.Гродзенский "Андрей Андреевич Марков", стр. 223-237).
1027. В единстве теории и практики (совм. с Д.Б. Гнеденко. «Вестник высшей школы», № 4, 48 - 50).
1028. Университеты и научно-технический прогресс (Изд-во «Высшая школа». «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 14, 3 - 11).
1029. Посев научный - жатва народной (Изд-во «Советская Россия», сборник статей "Октябрь, наука, прогресс", 108 - 117).
1030. Мечта и НТР («Слово лектора», № 9, 63 - 64).
1031. О математике Страны Советов («Квант», № 11, 3 - 8).
1032. Развитие школьного математического образования в Советском Союзе за 70 лет (совм. с Г.Г. Масловой, Р.С. Черкасовым. «Математика в школе», № 6, 6 - 14).
1033. Математика и математическое образование в Стране Советов («Математика в школе», № 4, 6 - 12; № 5, 3 - 7).
1034. К вопросу о содержании факультатива по теории вероятностей («Математика в школе», № 3, 24 -25).
1035. О педагогической деятельности кафедры теории вероятностей Московского университета («Вестник Московского университета», сер. 1, Математика. Механика; № 2, 91 - 94).
1036. По поводу первого Всемирного конгресса Общества им. Я. Бернулли (совм. с М.А. Мирзахмедовым, Х.П. Ариповым. «Математика в школе», № 1, 75 - 76).
1037. Итоги работы приложения «Надежность и контроль качества» за 1987 год («Надежность и контроль качества», № 12, 3 - 6).
1038. Предисловие ко второму тому справочника «Надежность и эффективность в технике» (Москва. Изд-во «Машиностроение», т. 2 «Математические методы в теории надежности и эффективности», 8-10).

1039. Предисловие редактора к книге С.Я.Гродзенского "Андрей Андреевич Марков" (Москва, изд-во "Наука", стр. 5-10).
1040. Рецензия на книгу «Справочник по надежности технических систем» («Надежность и контроль качества», № 3, 57 – 58).
1041. Рецензия на книгу «Надежность систем энергетики» («Надежность и контроль качества», № 9, 60).
1042. Журнал "Вопросы истории естествознания и техники" («Математика в школе», № 3, 73 - 74).
1043. О двух сборниках трудов по философским вопросам математики (совм. с В.Н. Пономаревым, А.А. Григорьяном. «Математика в школе», № 5, 74 - 75).
1044. Строки из биографии (интервью провел З. Табатадзе. «Московский университет», 22 января).
1045. Алгебра здоровья (интервью провел Ю. Грот. «Советский спорт», 31 января).
1046. Профессия – математик («Московский университет», 5 апреля).
1047. Решать нестандартные задачи (интервью провел А. Баршай. «Советская Киргизия», 26 мая).
1048. Для чего нужны олимпиады (интервью провела А. Лазутина. «Учительская газета», 11 июня).
1049. Воспитание творчеством («Учительская газета», 8 августа).
1050. Математика и экономика (совм. с Е.В. Морозовым. Газета «Ленинская правда», Петрозаводск, 22 сентября).
1051. Жизнь во имя науки (совм. с И.М. Гельфандом, С.М. Никольским, С.Л. Соболевым и др., «Учительская газета», 26 ноября).

1988 год

1052. Курс теории вероятностей (Изд-во «Наука», изд. 6-е, переработанное и дополненное, 3- 447).
1053. The theory of probability (Moscow. Mir Publishers, sixth printing, 1-529).
1054. Курс теории вероятностей (Египет, на арабском языке, совм. с изд-ом «Мир»).
1055. Особенности перколяционной модели старения полимеров (совм. с Р.П. Брагинским, В.В. Малуновым и др. «Доклады АН СССР», т. 303, № 3, 535 – 537).
1056. Теоретическое и статистическое исследование дефектного множества в эмаль-лаковых электроизоляционных покрытиях (совм. с Р.П. Брагинским и др.. «Доклады АН СССР», т. 303, № 2, 270-274).
1057. Нормирование надежности и "перестройка" взглядов (совм. с И.А. Ушаковым. «Стандарты и качество», № 7, 35 - 38).
1058. Совершенствование математического образования в университете (Саранск. Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Мордовский государственный университет. Сборник "Совершенствование содержания математического образования в школе и ВУЗе", 13 - 19).
1059. О специальных курсах и семинарах естественнонаучного и прикладного характера (Изд-во «Высшая школа», «Сборник научно-методических статей по математике», вып. 15, 4 - 9).
1060. О некоторых вопросах перестройки математического образования в университетах (совм. с Д.Б. Гнеденко. «Современная высшая школа», № 3, 81 - 90).
1061. Роль математических методов исследования в кардинальном ускорении научно-технического прогресса (совм. с А.И. Орловым. «Заводская лаборатория», т. 54, № 1, 1-4).
1062. О курсе математики в школах Японии (совм. с Р.С. Черкасовым. «Математика в школе», № 5, 72 – 76).

1063. Отстаивая исследовательский поиск (Изд-во «Наука», сборник «Путь в большую науку: академик Аксель Берг», 147 - 150).
1064. Относиться с уважением («Московский университет», 11 октября).

1989 год

1065. The theory of probability (Chelsea Publishing Company, New York. 1-529).
1066. Introduction to Queueing Theory (and I.N. Kovalenko. Birkhäuser, Boston, 2nd edition, revised and supplemented, 1-315).
1067. Об оценке неизвестных параметров распределения при случайном числе независимых наблюдений («Академия наук ГССР, Труды Тбилисского математического института», т. 92, 146-150).
1068. О работах кафедры теории вероятностей по математической теории надежности (совм. с Ю.К. Беляевым, А.Д. Соловьевым. «Теория вероятностей и ее применения», т. XXXIV, вып. 1, 191 – 196).
1069. Современная теория надежности (совм. с И.А.Ушаковым. «Надежность и контроль качества», № 1, 6-22).
1070. Кафедра теории вероятностей Московского университета (Изд-во «Наука». «Теория вероятностей и ее применения», т. XXXIV, вып. 1, 119 - 127).
1071. К читателям (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 2-ое изд., 5-7).
1072. Вероятность (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 2-ое изд., 36-37).
1073. Вероятностей теория (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 2-ое изд., 37-39).
1074. Андрей Андреевич Марков (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 2-ое изд., 39-40).
1075. Математика (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 2-ое изд., 172-178).
1076. Математическая статистика (Москва. Изд-во «Педагогика», «Энциклопедический словарь юного математика», 2-ое изд., 183-184).
1077. Об образовании преподавателя математики средней школы («Математика в школе», № 3, 19 - 22).
1078. Математика как орудие педагогического исследования (Свердловск. Министерство народного образования РСФСР, Свердловский государственный педагогический институт. Сборник "Применение математических методов и ЭВМ в педагогических исследованиях", 6 - 22).
1079. О роли математики в формировании у учащихся научного мировоззрения и нравственных принципов («Математика в школе», № 5, 19 - 26).

1990 год

1080. Теория вероятностей (совм. с И.Н. Коваленко. Киев. Изд-во «Вища школа», 3-328,).
1081. Предисловие к книге В.М.Круглова и В.Ю.Королёва "Предельные теоремы для случайных сумм" (Москва. Изд-во МГУ. 5-8).
1082. Вначале было слово («Вестник высшей школы», № 1, 23 - 27).
1083. Ученый, учитель, гражданин («Математика в школе», № 5, 56 - 59).
1084. Воспоминания о Вячеславе Васильевиче Степанове (К 100-летию со дня рождения) («Успехи математических наук», т.45, вып. 6, 165 - 169).
1085. Советская школа и В.И. Ленин («Математика в школе», № 3, 3 - 8).

1991 год

1086. Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie (Academy Verlag, Berlin, 9 Auflage, 1-469).
1087. Введение в специальность математика (Москва, Изд-во «Наука», 3 - 237).
1088. Павел Сергеевич Александров (совм. с А.Н.Колмогоровым. Изд-во "Наука", сборник "Математика в её историческом развитии", 125-130).
1089. Математика в современном мире и математическое образование («Математика в школе», № 1, 2 - 4).
1090. Развитие мышления и речи при изучении математики («Математика в школе», № 4, 3 - 9).
1091. Памяти Ганса Фройденталя (совм. с А.Я. Халамайзером. «Математика в школе», № 2, 79-80).

1992 год

1092. Probability Theory (совм. с О.Б. Шейниным. «Mathematics in the 19th Century», Birkhäuser, Boston).
1093. Введение (совм. с В.И. Анискиным. НИИ механизации сельского хозяйства. Сборник "Применение вероятностных методов решения задач технического обеспечения агропромышленного производства", 4 - 10).
1094. Математика и проблемы надежности и безопасности современной техники («Математика в школе», № 1, 3 - 7).
1095. Математика в Московском университете (1755 - 1933) (совм. с О.Б. Лупановым, К.А. Рыбниковым. Изд-во Московского университета, сборник "Математика в Московском университете", 3 - 19).
1096. Кафедра теории вероятностей (Изд-во Московского университета, сборник "Математика в Московском университете", 217 - 237).
1097. Ростислав Семенович Черкасов. К 80-летию со дня рождения. (совм. с Л.С. Атанасяном, И.Г. Башмаковой и др. «Математика в школе», № 4 - 5, 42 - 43).
1098. Интервью (интервью провели Нозер Сингпурвалла и Ричард Смит в июне 1991. «Statistical Science», v. 7, № 2, 273-283).
1099. Интервью (интервью провел А.Н. Ширяев в январе 1992. Изд-во «Наука», «Теория вероятностей и ее применения», т. 37, № 4, 724-746).

1993 год

1100. Элементарни увод у теорију вероватноће (совм. с А.Я. Хинчиным. Перевод на сербскохорватский язык. Београд. 7-168).
1101. О прошлом и будущем (Київ. «Теорія імовірностей та математична статистика», 49, 3-26,).
1102. Учитель и друг (Издательская фирма «Физико-математическая литература» ВО «Наука». Сборник "Колмогоров в воспоминаниях", 173 - 208).
1103. Педагогические взгляды Н.И. Лобачевского. К 200-летию со дня рождения («Математика в школе», № 1, 2 - 5).
1104. Знание истории науки - преподавателю школы («Математика в школе», № 3, 30 - 32).

1994 год

1105. Стандарт образования – взгляд в будущее (совм. с Д.Б. Гнеденко. «Математика в школе», № 3, 2 - 3).
1106. Абак, десятичная позиционная система счисления и десятичные дроби («Математика в школе», № 1, 75 - 77).

1107. Одна русская народная задача («Математика в школе», № 2, 65).
1108. Александр Яковлевич Хинчин («Математика в школе», № 4, 70 - 73).
1109. Александр Яковлевич Хинчин («Квант», № 6, 2-6).
1110. Лобачевский как педагог и просветитель («Вестник Московского университета», сер. 1, Математика. Механика, № 2, 15 - 23).
1111. Preface to American edition («Handbook of Reliability Engineering», John Wiley, New York, XIX - XXI).
1112. Послесловие к публикации «Евгений Неглинкин» (журнал «Новое литературное обозрение», № 6, 182).
1113. Адольф-Андрей Павлович Юшкевич (некролог) (совм. с И.Г.Башмаковой, С.С.Демидовым и др. «Успехи математических наук», т. 49, вып. 4(298), 75-76).

1995 год

1114. Probabilistic Reliability Engineering (and I. Ushakov. John Wiley, New York, 1-518).
1115. О случайных величинах, обусловленных суммами независимых случайных величин (совм. с Э.М. Кудлаевым. «Вестник Московского университета», № 5, 23 – 31).
1116. Предисловие к книге А.Я. Хинчина «Избранные труды по теории вероятностей» (Москва. Научное изд-во ТВП. VII - IX).
1117. Александр Яковлевич Хинчин (19.7.1894 – 18.11.1959) (Москва. Научное изд-во ТВП. В книге А.Я. Хинчина «Избранные труды по теории вероятностей», XI -- XIV).
1118. Александр Яковлевич Хинчин (перевод Ю.С.Хохлова, оригинал смотри № 327 этой библиографии) (Москва. Научное изд-во ТВП. В книге А.Я. Хинчина «Избранные труды по теории вероятностей», XXI – XXXVIII).
1119. Рассказ–воспоминание в книге Б.Н. Рудакова «Много лет пронеслось...» (Изд-во Московского университета, 132 - 136).

1996 год

1120. Random summation: limit theorems and applications (and V.Y. Korolev. New York, CRC Press Boca Raton, 1 – 267).
1121. Theoria de las Probabilidades (Madrid, Rubinos – 1860, Moscu, Euro – Omega, 1-392).
1122. Павел Сергеевич Александров (совм. с А.Н. Колмогоровым. «Математика в школе», № 2, 2 - 4).
1123. О преподавании математики в предстоящем тысячелетии (совм. с Р.С. Черкасовым. «Математика в школе», № 1, 52 - 54).

1997 год

1124. Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitstheorie (Verlag Harri Deutsch, 10 korrigierte Auflage, 1-469).
1125. Развитие теории вероятностей (Изд-во Московского университета. «Очерки по истории математики», 247 - 338).
1126. Мої університетські роки (Киев. «У світі математики», т. 3, вип. 2, 73 - 82).
1127. Викладання і творчість (Киев. «У світі математики», т. 3, вип. 2, 95 - 100).

1998 год

1128. Theory of Probability (Gordon and Breach Science Publishers, New York, sixth ed., 1-497).
1129. Эйлер и Украина (Киев. "У світі математики", т.4, в. 4, 32).

1999 год

1130. Statistical Reliability Engineering (совм. с И.В. Павловым и И.А. Ушаковым. John Wiley, New York, 3-499).
1131. Статистическое мышление и школьное математическое образование («Математика в школе», № 6, 2 – 6).
1132. Учитель в математике, учитель в жизни (Москва. Изд-ва «Фазис» и «Мирос». «Явление чрезвычайное. Книга о Колмогорове», 40 – 48).

2000 год

1133. Математика и жизнь (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». В книге «О математике», 8 - 85).
1134. Об обучении математике в университетах и педвузах на рубеже двух тысячелетий (совм. с Д.Б. Гнеденко. Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». В книге «О математике», 88 – 207).

2001 год

1135. Курс теории вероятностей (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС», 7-е изд., исправленное, 1-318).
1136. Очерк по истории теории вероятностей (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 1-86).

2002 год

1137. Математика и жизнь (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». В книге «О математике», изд. 2-е, 8-85).
1138. Об обучении математике в университетах и педвузах на рубеже двух тысячелетий (совм. с Д.Б. Гнеденко. Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». В книге «О математике», изд. 2-е, 88 – 207).

2003 год

1139. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я. Хинчиным. Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 10-е изд., исправленное, 1-206).
1140. Беседы о математике, математиках и Механико-математическом факультете (Москва. Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ. 1-149).

2004 год

1141. Курс теории вероятностей (Москва. Изд-во "Едиториал УРСС". Серия "Классический университетский учебник", 8-е изд., исправленное, 1-446).
1142. О месте лекции в математическом образовании («Математика в высшем образовании», № 2, 107-120).
1143. Декан механико-математического факультета Андрей Николаевич Колмогоров (в книге "Математики и механики -- ректоры Московского университета и деканы меха-

- нико-математического факультета МГУ". Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ. 101-102).
1144. О некоторых постановках задач и результатах теории массового обслуживания (Москва, изд-во "Едиториал УРСС". В книге А.Я. Хинчина "Работы по математической теории массового обслуживания", 2-е изд., 221-235).
1145. Предисловие редактора (Москва, изд-во "Едиториал УРСС". В книге А.Я. Хинчина "Работы по математической теории массового обслуживания", 2-е изд., 4-6).
1146. Предисловие к книге А. Реньи "Диалоги о математике" (Москва. Изд-во "Едиториал УРСС". 2-е изд., 5-19).
1147. Предисловие к книге А.Я. Хинчина "Цепные дроби" (Москва. Изд-во "Едиториал УРСС". 4-е изд., 3).

2005 год

1148. Введение в теорию массового обслуживания (совм. с И.Н. Коваленко. Москва. Изд-во «КомКнига». 3-е изд., исправленное и дополненное, 1-397).
1149. Очерки по истории математики в России (предисловие ко второму изданию и комментарии С.С. Демидова) (Москва. Изд-во «КомКнига». 2-е изд., исправленное и дополненное, 1-292).
1150. Пять интервью (интервью провел В.Д. Дувакин 19 июня и 12 октября 1976 года, 5 и 9 декабря 1983 года, 16 января 1984 года. Москва. Изд-во «Минувшее». «Математики рассказывают», 37-112).

2006 год

1151. Математика и жизнь (Москва, изд-во «КомКнига». 3-е изд., 1-125).
1152. Об обучении математике в университетах и педвузах на рубеже двух тысячелетий (совм. с Д.Б. Гнеденко. Москва. Изд-во «КомКнига». 3-е изд., 1-158).
1153. Александр Яковлевич Хинчин (Москва. Изд-во МЦНМО. В книге А.Я. Хинчина "Избранные труды по теории чисел", VII-XX).
1154. Александр Яковлевич Хинчин (Москва. Изд-во «КомКнига». В книге А.Я. Хинчина "Педагогические статьи", 2-е изд., 180-196).

2007 год

1155. Курс теории вероятностей (Москва. Изд-во ЛКИ. 9-е изд., исправленное, 1-446).
1156. Введение в теорию массового обслуживания (совм. с И.Н. Коваленко. Москва. Изд-во ЛКИ. 4-е изд., исправленное, 1-397).
1157. Очерки по истории математики в России (комментарии С.С. Демидова) (Москва. Изд-во ЛКИ. 3-е изд., исправленное, 1-292).
1158. Математика и контроль качества продукции (Москва. Изд-во ЛКИ. 2-е изд., исправленное, 1-61).

2008 год

1159. Очерк по истории теории вероятностей (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 2-е изд., 1-86).

2009 год

1160. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. С А.Я.Хинчиным. Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 11-е изд., 1-206).
1161. Беседы о математической статистике (Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2-е изд., исправленное, 1-86).
1162. Беседы о теории массового обслуживания (Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2-е изд., исправленное, 1-68).
1163. Очерки по истории математики в России (комментарии С.С. Демидова) (Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 4-е изд., 1-292).
1164. Беседы о математике, математиках и Механико-математическом факультете МГУ (Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2-ое изд., 1-162).

2010 год

1165. Введение в теорию массового обслуживания (совм. с И.Н. Коваленко. Москва. Изд-во ЛКИ. 5-е изд., исправленное, 1-397).
1166. Курс теории вероятностей (Москва. Книжный дом «Либроком». 10-е изд., юбилейное, исправленное, дополненное, 1-485).
1167. Предисловие к книге Т.Л.Саати «Элементы теории массового обслуживания и её приложения» (Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2-е изд., 5-13).
1168. Курс теорії ймовірностей (Киев. Изд-во Киевского университета. 1-463).

2012 год

1169. Воспоминания. Моя жизнь в математике и математика в моей жизни. (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 1-620).
1170. Введение в теорию массового обслуживания (совм. с И.Н.Коваленко. Москва. Изд-во ЛКИ. 6-е изд., 1-397).
1171. Математические методы в теории надежности (совм. с Ю.К.Беляевым и А.Д.Соловьевым. Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 2-е изд., дополненное и исправленное, 1-582).
1172. Элементарное введение в теорию вероятностей (совм. с А.Я.Хинчиным. Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 12-е изд., 1-206).
1173. Очерк по истории теории вероятностей (Москва. Изд-во «Едиториал УРСС». 3-е изд., 1-86).

2013 год

1174. Principios matemáticos del control de la calidad de la producción (¡Ciencia a todos! Serie de divulgación científica: Matemática. № 33). М.: KRASAND, 152 p. Impreso en España.
1175. Una introducción elemental a la teoría de probabilidades (совм. с А.Я.Хинчиным) (¡Ciencia a todos! Serie de divulgación científica: Matemática. № 34). М.: KRASAND, 224 p. Impreso en España.

2014 год

1176. Очерки по истории математики в России (комментарии С.С. Демидова) (Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 5-е изд., 1-292).

Просьба замечания и возможные добавления
к библиографии присылать по адресу:

Россия,
119991 ГСП – 1 Москва
Воробьевы горы,
МГУ,
механико-математический факультет,
кафедра теории вероятностей

Гнеденко Дмитрию Борисовичу

тел./fax: (095) (495) 939.14.03 (кафедра).

тел. (095) (495) 939.05.44 (дом).

(7) 916.205.47.86 (моб).

fax: (095) (495) 939.20.90 (факультет).

e-mail: dmitry@gnedenko.com

A METHOD OF A PRIORI SOFTWARE RELIABILITY EVALUATION

Dmitry A. Maevsky, Svetlana A. Yaremchuk, Ludmila N. Shapa

Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine
e-mail: Svetlana397@yandex.ru

ABSTRACT

In the given paper a method of a priori evaluation of the amount of latent faults, the estimated latent defect density and their determination probability in Software before testing process is described. The possibility of the method usage for different schemes of the Software development process has been found. The a priori estimation of these reliability indexes makes the management decisions at the stage of testing more effective.

1 INTRODUCTION

The information system association with Software is the most important element of the modern society infrastructure and the necessary foundation of economical and socio-cultural activity of the mankind. The growing computer facilities output allows to meet the higher level requirements of the users to information systems. This promotes the increase of their Software complexity and the number of Software faults introduced by developers, and consequently the reliability reduction. It is of great importance for developers to a priori estimate the reliability indexes, i.e. before the beginning of testing process and at its intermediate stages which gives the opportunity to save time and material resources. That is why the development of a method of a priori software reliability estimation is an urgent and actual task.

2 PURPOSE AND TASKS OF THE RESEARCH

According to the standard [ISO 25010:2010], reliability is one of the eight major characteristics of Software quality. New quality and reliability indexes will be determined in the standards [ISO/IES CD 25022], [ISO/IEC 26023], [ISO/IEC CD 25024] which are being developed at present [www.iso.org 2013]. The functioning standards [ISO 9126-2:2003], [ISO 9126-3:2003] represent the reliability indexes used at the moment. The most demanded in Software Engineering are the following ones:

- the amount of latent faults;
- the fault density in the form of ratio:

$$FD = \frac{N_{open_def}}{Size_{soft}} \quad (1)$$

where N_{open_def} – the number of faults found at the stage of testing, $Size_{soft}$ – the size of the initial program code including thousand lines;

- estimated latent fault density:

$$ELFD = \frac{N_{pred_def}^* - N_{open_def}}{Size_{soft}} \quad (2)$$

where $N_{pred_def}^*$ – the predicted amount of faults contained in the Software;

- the fault revolution degree:

$$FR = \frac{N_{open_def}}{N_{pred_def}^*} \quad (3)$$

To calculate ELFD and FR indexes the predicted amount of faults in Software is necessary. In the paper [Maevsky at al. 2012(1)] a model of fault amount dependence-upon-the Software complexity has been proposed. The model is based on the following assumptions:

1. Complexity is the main objective reason of fault emergence in Software.
2. Software complexity can be numerically represented with vector $\mathbf{M} = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$, which is stated on the basis of finite set value of the statistical complexity metrics of the initial code.
3. Vector \mathbf{M} components are linked with the amount of faults in Software by the linear relationship with the help of relationship coefficients.
4. Other factors influencing on the amount of faults such as developer qualification, developer membership, development conditions, etc. are constant from project to project.

In accordance with these assumptions the predicting estimation of the amount of faults N_d^* in the researched project is defined by the linear relationship

$$N_d^* = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \dots + x_n \cdot M_n \quad (4)$$

where x_1, x_2, \dots, x_n – unknown relationship coefficients. They can be obtained by solving the set of linear algebraic equations using the known values of fault amount and vectors \mathbf{M} for the earlier developed Software projects.

In the paper [Maevsky at al. 2012(2)] the model verification on the experimental data basis of more than thirty Software projects is represented. The average deviation of predicted and actual amount of faults is 11% which is much less than deviation values of known a priori models by Akiyama, Gafniya, Holsted, TRW company (44% to 87%).

In spite of the success achieved there are several unresolved problems that do not give the opportunity to use the model as a basis for developing a practical a priori method of reliability estimation. In particular a developer is to realize: the quantity and types of metrics to be applied for estimating the amount of faults; the ways of increasing the value accuracy of the metrics chosen; the exact testing stages for calculating and using the ELFD and FR indexes.

The purpose of the given paper is to develop an a priori method of reliability estimation on the basis of the model mentioned above. To achieve the purpose a developer is to solve the following problems:

- to determine the most optimal number of metrics for estimated number of faults;
- to develop the sampling of the most informative metrics;
- to develop approaches to metric value calculation taking into account different Software development models and different fault presence probability in Software.

–

3 THE RESULTS OF THE RESEARCH

3.1. DETERMINATION OF OPTIMUM METRIC AMOUNT FOR ESTIMATION OF FAULT AMOUNT

To carry out the research we have chosen forty six object-oriented Software projects with the open initial code published in the Internet resource of the data repository of the International Scientific Conference PROMISE (PRedictOr Models in Software Engineering) [<http://promisedata.googlecode.com> 2013]. In order to provide the sample representativeness the following criteria have been applied to make the extraction: high frequency of quoting the project

name in scientific papers; the functioning of projects in different branches; size tolerances (1000 to 500 000 thousand lines of the code; the number of classes in the project (50 to 13 000 classes). The total code volume of all the chosen projects is more than five million lines. The values of vector **M** components and the amount of faults for each of the classes of Software projects have been taken from the same repository.

With the help of the statistical analysis methods seven metrics – RSC, WMC, LOC, CE, NPM, LCOM and CBO – have been selected of twenty existing ones. They correlate with the amount of faults more than all others. We have used the statistical methods to prove the reliability of the assumption about the closeness to the linear relations between vector **M** components and the amount of faults (significance level 0,01). The chosen metrics have been researched by the factor and discriminant analysis methods, with the usage of the Software package STATGTAPHICS PLUS [<http://www.statgtaphics.com> 2013]. The investigation of correlation relations between the metric values and the amount of faults allows to decrease the number of metrics which are necessary for the vector **M**, variability reflection and to estimate the metric significance. The factor analysis results are represented in the Table below.

Table 1. The Results of the Factor Analysis

№	Metric's Name	Variability, %	Cumulation, %	Significance Index
1	WMC	83,762	83,762	6,700
2	CBO	5,724	89,486	0,457
3	RFC	4,540	94,026	0,363
4	LCOM	3,469	97,495	0,277
5	CE	1,202	98,697	0,096
6	NPM	0,841	99,537	0,067
7	LOC	0,301	100	0,024

The data in Table 1 show that just one metric has got the statistical significance index higher than 1. This metric reflects 84% variability of all metric value set. The next three metrics are less significant and reflect about 14% variability of the vector **M** values. The last three metrics reflect less than 2% variability and have got the minimum statistical significance. The analysis has allowed to reduce the amount of metrics which are necessary for prediction of the number of estimated faults **from seven to four**.

The discriminant analysis has been made for two groups of values. The first one includes the number of faults. The second one includes the values of the seven chosen metrics. The analysis has allowed to find multiple correlations between the amount of faults and metric values. The data represented in Table 2 show the reduction of the multiple correlation values and low multiple correlation value for three metrics.

Table 2. The Results of the Discriminant Analysis

Amount of Metrics	Multiple Correlation	Significance Index	P-value
1	0,89875	43,7049	0,0000
2	0,73871	1,20115	0,0000
3	0,67443	0,834368	0,0000
4	0,55939	0,455426	0,0000
5	0,36029	0,149174	0,5113
6	0,18535	0,355768	0,9065
7	0,16195	0,0269353	0,7505

The statistical significance index is more than 1 only for two metrics. P-value at $P < 0.05$ reflects the statistical reliability of the result for 95% confident level which is demonstrated in four metrics.

Thus, on the basis of the results of the performed factor and discriminant analysis we can claim that two to four metrics are enough to be used as vector \mathbf{M} components for the reliable estimation of the amount of faults.

3.2. THE SEQUENCE OF CHOICE PROCEDURE OF THE MOST INFORMATIVE METRICS

We cannot assert that it is possible to specify the most informative metrics for estimated fault complexity and amount in every specific case because in different Software there can exist their own types of complexity. To choose the metrics a developer needs to use statistical metric and fault data promoted in the earlier compiled Software projects according to the following technique:

Table 3. Correlation Matrix

Metrics	WMC	CBO	RFC	LCOM	CE	NPM	LOC	Amount of faults
WMC	1	0,7007	0,8978	0,8784	0,7958	0,9636	0,8570	0,8285
CBO	0,7007	1	0,7180	0,7019	0,7173	0,6637	0,7224	0,6994
RFC	0,8978	0,7180	1	0,8483	0,9202	0,8285	0,9671	0,8650
LCOM	0,8784	0,7019	0,8483	1	0,7193	0,8718	0,8905	0,8965
CE	0,7958	0,7173	0,9202	0,7193	1	0,7038	0,8677	0,7381
NPM	0,9636	0,6637	0,8285	0,8718	0,7038	1	0,7913	0,7935
LOC	0,8570	0,7224	0,9671	0,8905	0,8677	0,7913	1	0,8851
Amount of faults	0,8205	0,6994	0,8650	0,8965	0,7381	0,7935	0,8851	1

1. For every earlier compiled project:

1.1. Form Person's correlation coefficient matrix between R_{M_i, M_j} metric value and the amount of faults R_{N_d, M_i} . The example of such a matrix is represented in Table 3;

1.2. Analyze values R_{N_d, M_i} . Exclude metrics with $R_{N_d, M_i} < 0.2$, because there is no necessity to use such kind of metrics for obtaining the estimation of the amount of faults;

1.3. Analyze R_{M_i, M_1} remaining metrics. The metrics with $R_{M_i, M_1} > 0.8$ are multi-collinear. Then choose the collinear metric with the highest value R_{N_d, M_i} of each pair of ones. As a result a developer will obtain from two to four metrics with the highest R_{N_d, M_i} and the lowest R_{M_i, M_1} .

2. For each of the chosen metrics:

2.1. Rank for the choice frequency with assigning each of the metrics $rank_{M_i}^1$;

2.2. Rank for the average \bar{R}_{N_d, M_i} with assigning each of the metrics $rank_{M_i}^2$;

2.3. Choose metrics with the highest total ranks $rank_{M_i}^{sum} = rank_{M_i}^1 + rank_{M_i}^2$.

3. For the researched project:

3.1. Form the matrix $R_{M_i M_j}$ and analyze its multi-colinearity;

3.2. Finish the metric choice if the metric multi-colinearity was not established.

3.3. Choose a metric with the highest $rank_{M_i}^{sum}$ of each of the pair of collinear metrics if the metric multi-colinearity was established. Choose the missing metric according to p.2.3. with the next highest value rank $rank_{M_i}^{sum}$.

The proposed technique is easy to implement (for example with the help of Microsoft Excel analysis package) and allows to choose from two to four complexity metrics that are the most informative for estimating the amount of faults in the researched Software.

3.3. APPROACH TO METRIC CALCULATION FOR DIFFERENT SCHEMES OF SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS

The main peculiarity of the model of Software complexity-upon-fault amount dependence is that it is only to be used for a single a priori estimation of the amount of faults in Software. If in finding and correcting the faults the vector \mathbf{M} component values do not change then the corresponding estimation of the amount of faults will not change as well. This peculiarity is to be taken into account in calculating the metrics for different schemes of Software development process. The most popular schemes are Waterfall, Iteration and Spiral ones.

The Waterfall Scheme means a strictly sequential execution of all development stages without repeating already passed stages and missing any subsequent stage. If a developer uses the Waterfall Scheme the calculating of vector \mathbf{M} components for all Software project constituents (modules, classes) should be carried out after the completion of coding stage.

The Iteration Scheme using an agile technique divides the Software development process into separate iterations. At the end of each of the iterations a developer is to obtain an intermediate (but not necessarily functional) Software version and at the same time create a new or complete a previously created Software modules. As the amount of faults in a newly created and completed codes may be significantly different it is necessary to distinguish three types of iterations: 1) iteration of newly created Software code; 2) iteration of existing Software code completion; 3) iteration of simultaneous code creation and completion. Naturally for every iteration the relationship coefficient in a model of Software complexity- upon-fault amount dependence is different. That is why a developer is to use the data of the corresponding iterations of the previously created or newly developed project in order to calculate these coefficients. Assumption 4 is automatically performed for iterations of the developed project.

Spiral Scheme assumes at every spiral turn a developer creates a Software fragment or version using either Waterfall or Iteration model. In this case a developer is to combine the techniques of relationship coefficient calculation in the model of Software complexity-upon-fault amount dependence. But the obligatory condition is to calculate different coefficients for different iterations.

In using any Software development model a developer always creates a new Software code that can probably contain some faults. We call it a fault code. But he simultaneously uses the previously developed and already tested Software components as well as the code automatically generated by the medium of development. Such kind of a Software code has been called a faultless code. For the faultless code the probability of the fault presence tends to zero. So we can logically assume that in order to increase the accuracy of estimation of the amount of faults a developer is to calculate metric values just for a fault code.

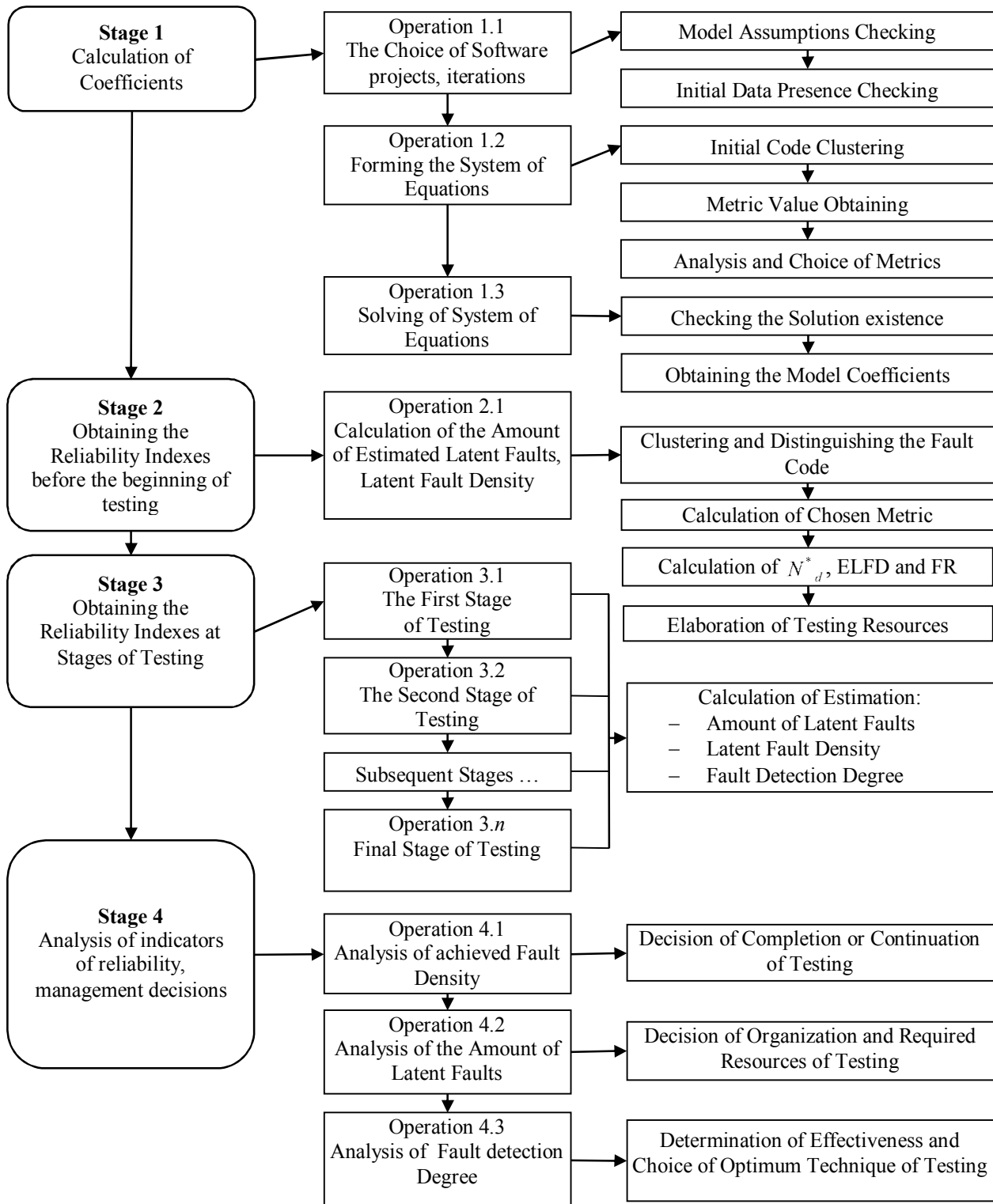


Figure 1. Method of a priori Software reliability evaluation

To do this a binary sign (fault or faultless) is to be assigned to each of the initial code components. The purpose of the sign can be formulated by developers knowing in detail the created Software component origin.

Thus as a result of the described analysis we have found the possibility to use the model of Software complexity-upon-fault amount dependence for different schemes of the development

process. To increase the predicting estimation accuracy of the amount of faults the metric values should be calculated only for faultless code.

3.4. THE A PRIORI METHOD OF RELIABILITY EVALUATION

The essence of the method based on the model of Software complexity-upon-fault amount dependence and using the proposed techniques and approaches is the sequential performing of four stages (Fig.1).

At the **first stage** the model coefficient calculation is carried out. To do this in *Operation 1.1* the choice of the previously developed Software projects or their iterations is carried out taking into account the model tolerances. *Operation 1.2* produces the initial code division into fault and faultless ones in order to calculate metrics only for fault code. Then according to the technique proposed the analysis of correlation dependence of metric values and the amount of faults is carried out. From two to four the most informative metrics are chosen on its basis. Using the chosen metric values and the known amount of faults a system of equations which calculates the model coefficients is formed. *Operation 1.3* performs checking the existence of this system solution. The system solution existence conditions have been researched in the work [Yaremchuk 2013]. If the system has got a solution then the model coefficient calculation is produced. If it has not got a solution the return to *Operation 1.1* occurs in order to choose other complexity metrics.

At the **second stage** performed before testing the division of the initial code of the researched Software project into fault and faultless ones is performed in *Operation 2.1*. Then the chosen metric value calculation only for the fault code, the predicted estimation of the amount of faults according to (4) and the estimated latent fault density are carried out. On the basis of the estimations obtained the previously planned resources of testing are defined more exactly.

At the **third stage** during the testing process *Operations 3.1 ...3.n* the reliability metric calculation is produced taking into account the amount of detected faults: the amount of undetected faults, estimated latent fault density, degrees of fault detection. The obtained index monitoring allows to manage the process of achievement of the necessary Software reliability degree.

At the **fourth stage** on completion of testing process *Operation 4.1* performs comparing the achieved latent fault density to the required index and the decision about completion or continuation of testing process is made. In *Operation 4.2* on the basis of the predicted amount of the remaining latent faults the scheduling of the required resources for Software maintenance is made. *Operation 4.3* performs the detection fault degree analysis at the stages of testing. The analysis allows to estimate the effectiveness of testing processes of the given Software and choose the optimum testing techniques.

So the proposed method unites in a single procedure:

- the model of Software complexity-upon-fault amount dependence;
- the technique of determination of the optimum complexity metric amount;
- the technique of the choice of metrics which are the most informative for estimation of the amount of faults;
- approaches to metric value calculation which take into account both different Software development models and different fault presence probability in the Software components.

The method does not use experts' estimations and expensive Software. It uses simple algebraic and statistical calculations which are included in the standard set of functions of all electronic tables. All these characteristics make possible the usage of the method by the staff of software companies.

4 CONCLUSIONS

In the given paper a method of a priori Software reliability evaluation is proposed. It allows to obtain:

- estimation of latent fault amount and fault density before the beginning of testing process. These indexes promotes estimation and necessary resource volume attraction to perform the testing process within the scheduled date and development budget;
- estimation of latent fault amount, fault density and fault detection degree at the stages of testing. The analysis of obtained indexes and their dynamics allows to optimize the testing processes to achieve the required reliability within the scheduled date and development budget;
- reliability indexes after the completion of testing. Their analysis allows to estimate the achieved Software reliability, make a decision of testing completion or continuation, estimate the testing process effectiveness, organize the required resources for the Software maintenance.

The given method is used in Software developing by the Software companies in the city of Izmail, Ukraine. The estimated reliability indexes in various Software projects differed not less than 13% on the average from the actual values. The sufficient accuracy of reliability estimation provided timely decisions about the testing completion. Knowing the amount of latent faults allowed to determine the required number of specialists in the Software technical support group and schedule a new Software version issue.

During the testing process of one of the researched projects the estimation of latent fault amount exceeded 38% of the expected value performed on the basis of the previous projects. The reliability indexes were recalculated. In order to specify them a group consisting of the necessary number of testers was organized to achieve the required latent fault density within the scheduled date and development budget. The fault detection degree monitoring at the stages of testing allowed to determine and eliminate the defects of testing. The testing optimization promoted the developed Software improvement.

The practical usage of the method confirmed that it could be successfully embedded in Software Engineering. Along with the amount of faults a developer is to know their sites in modules/classes of Software. That is why the further research will concern the method of obtaining the Software module fault list ranked for the amount of faults.

5 REFERENCES

- ISO/IEC 25010:2011. *Systems and Software engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluations (SQuaRE) – System and Software Quality models.*
- ISO/IEC CD 25022 *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of quality in use.*
- ISO/IEC CD 25023 *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of system and software product quality.*
- ISO/IEC CD 25024 *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of data quality.*
- ISO standards. <http://www.iso.org-20-11-2013>.
- ISO/IEC TR 9126-2:2003 *Software engineering – Product quality – Part 2: External metrics.*
- ISO/IEC TR 9126-3:2003 *Software Engineering – Product Quality – Part 3: Internal metrics.*
- Maevisky D.A., Yaremchuk S.A. (2012) *A priori Estimation of the Amount of Faults in Information System Software.* Radio Electronic and Computer Systems № 4(56) . – Kharkiv : KHAI , p. 73 – 80.

Maevsky D.A., Yaremchuk S.A. *The Estimation of the Amount of Software Faults on the Complexity Metric Basis*. Electrical Engineering and Computer Systems. – № 07(83). – Kiev: Tehnika, p. 113–120.

Yaremchuk S.A. (2013) *The Problems of A priori Reliability Index Estimation of Dependable Critical Purpose Software*. Radio Electronic and Computer Systems. – № 5(64). – Kharkiv: KHAI, p. 414–420.

The PROMISE Repository of empirical software engineering data.
<http://promisedata.googlecode.com> – 20-11-2013.

Statgraphics Statistical Analysis and Data Visualization Software. <http://www.statgraphics.com> – 20-11-2013.

COMPARISON PARAMETERS AVERAGE AND INDIVIDUAL RELIABILITY EQUIPMENT OF ELECTROPOWER SYSTEMS

E.M.Farhadzadeh, Y.Z.Farzaliyev, A.Z.Muradaliyev

Azerbaijan Scientific-Research and Design-Prospecting Institute of Energetic
AZ1012, Ave. H.Zardabi-94, e-mail:fem1939@rambler.ru

ABSTRACT

Existing comparison criteria average values of random variables of general population cannot be used at comparison of average random variables of multivariate data. The method, algorithm and an example of calculation of critical values recommended statistics offered.

I. INSTRUCTION

One of the most representative group parameters reliability of the equipment and devices of electro power systems (EPS) are the parameters calculated as an average arithmetic random variables. To them at the characteristic of non-failure operation concern a time between failures and between refusals, at the characteristic of maintainability – averages value of duration of non-working conditions (emergency idle time, being in a reserve, emergency repair at automatic switching-off owing to damage and switching-off under the emergency application owing to defect, capital, average and current scheduled repairs), and at the characteristic of a shelf life– an average idle time at restoration of the adjacent equipment.

Assume, that population is known $\{\tau\}_\Sigma$ from n_Σ multivariate continuous random τ variables, the average arithmetic which is equal $M_\Sigma^*(\tau)$. On some version of an attribute (VA) these data (for example type of the equipment, a class of a voltage, service life and so forth) sample is lead $\{\tau\}_V$ from n_V random variables, an average which arithmetic realizations equally $M_V^*(\tau)$. The expediency of classification of data is defined by probability distinction $M_\Sigma^*(\tau)$ and $M_V^*(\tau)$.

Two methods of the decision of similar problems [1] known. Both of method assumes normal distribution of random variables. In the first method the hypothesis about a casual divergence of average value of random variables is checked τ samples $M_V^*(\tau)$ from a population mean of general population of $M_\Sigma(\tau)$. The dispersion of general population is unknown. The criterion looks like:

$$|t| > t_{1-\alpha/2; n_V-1}$$

$$t = \frac{M_\Sigma(\tau) - M_V^*(\tau)}{\frac{S}{\sqrt{n_V}}}$$

where

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_V} [\tau_i - M_V^*(X)]^2}{(n_V - 1)}}$$

$t_{1-\alpha/2; (n_V-1)}$ - a random variable distributed under law Student with $(n-1)$ by degrees of freedom and a significance value α .

In the second method the hypothesis about equality of average values $M_{V,1}^*(\tau_1)$ and $M_{V,2}^*(\tau_2)$ two samples normally distributed random variables which dispersions are equal is checked, but are unknown. The criterion looks like:

$$|t| > t_{1-\alpha/2; (n_{v1}+n_{v2}-2)},$$

where

$$t = \frac{[M_{V1}^*(\tau_1) - M_{V2}^*(\tau_2)]}{S_{[M_{V1}^*(\tau_1) - M_{V2}^*(\tau_2)]}}$$

$$S_{[M_{V1}^*(X) - M_{V2}^*(X)]} = \frac{S}{(n_1 + n_2)}$$

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{v1}} [\tau_{1,i} - M_{v,1}^*(\tau_1)]^2}{(n_{v1} - 1)}$$

$$S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{v2}} [\tau_{2,i} - M_{v,2}^*(\tau_2)]^2}{(n_{v2} - 1)}$$

Thus, initial preconditions of these methods are the normal law of distribution of random variables of sample of general population. Population of statistical data of maintenance service, repair equipment and devices of EES concerns to group of multivariate data. They depend on set of attributes and their versions, and their distribution, as a rule, dissymmetrical. Therefore, to apply at classification of statistical data the methods noted above certainly it is possible, but reliability of result definitely will not correspond to the set significance α value. Below the algorithm of the decision of a problem of comparison of parameters of average and individual reliability on the basis imitating modeling and the theory of check of statistical hypotheses is resulted.

2. ALGORITHM OF COMPARISON $M_{\Sigma}^*(\tau)$ and $M_V^*(\tau)$

For an illustration of recommended algorithm of comparison $M_{\Sigma,e}^*(\tau)$ and $M_{V,e}^*(\tau)$ (the index «e» allocates the estimation $M_V^*(\tau)$ calculated according to operation) enter following designations:

- $F_{\Sigma}^*(\tau)$ - statistical function of distribution (s.f.d.) random variables of population of multivariate data $\{\tau\}_{\Sigma}$;
- $F_V^*(\tau)$ - s.f.d. not casual sample of random variables $\{\tau\}_V$;
- H_1 and H_2 – assumptions, accordingly, about casual and not casual distinction $M_{\Sigma,e}^*(\tau)$ and $M_{V,e}^*(\tau)$;
- $F^*[M_V^*(\tau)]$ - s.f.d. realizations of average value of sample from n_V modeled random variables τ provided that sample $\{\tau\}_V$ concerning a data population $\{\tau\}_{\Sigma}$ it is representative

$$F^*[M_V^*(\tau)] = 1 - R^*[M_V^*(\tau)]$$
- $F^*[M_V^{**}(\tau)]$ - s.f.d. realizations of average values of sample from n_V the random variables modeled on s.f.d. $F_V^*(\tau)$

Functions of distribution $R^*[M_V^*(\tau)]$ and $F^*[M_V^{**}(\tau)]$ are necessary, first of all, for an estimation of critical values, accordingly, $M_{V,\alpha}^*(\tau)$ for a preset value of a error I type α and $M_{V,\beta}^*(\tau)$ for a preset value of a error II type β .

Algorithm of calculation $M_{V,\alpha}^*(\tau)$ reduced to following sequence of calculations:

1. On a data population $\{\tau\}_\Sigma$ pays off $M_\Sigma^*(\tau)$;
2. For set VA from $\{\tau\}_\Sigma$ sample n_v random variables is spent τ and further pays off $M_{V,e}^*(\tau)$
3. It is modeled s.f.d. $F^*[M_V^*(\tau)]$. For what:
 - 3.1. Method of imitating modeling on s.f.d. $F_\Sigma^*(\tau)$ it is modeled n_v random variables τ . Calculations are spent under the formula recommended in [2]:

$$\tau = \tau_i + (\tau_{i+1} - \tau_i)[n_\Sigma \cdot \xi - (i-1)] \quad (1)$$
 where ξ - a random variable with uniform distribution in an interval $[0,1]$;
 - 3.2. The estimation $M_V^*(\tau)$ pays;
 - 3.3. Items 3.1 and 3.2 repeat N time, where N – number of iterations of modeling $\{\tau\}_v$ and calculation of realizations $M_V^*(\tau)$. The number of iterations N is defined as follows:
 - First are modeled N=500 realizations of casual values $M_V^*(\tau)$ and placed in ascending order;
 - Realization corresponding $F^*[M_V^*(\tau)] = 0,5$ is defined;
 - Relative deviation is calculated:

$$\delta M_{V,e}^*(\tau) = \left| \frac{M_{V;0,5}^*(\tau) - M_{V,e}^*(\tau)}{M_{V,e}^*(\tau)} \right| \quad (2)$$
 - If $\delta M_{V,e}^*(\tau) > 0,01$, the next sample from N=500 random variables $\{M_V^*(\tau)\}_N$ is modeled and on 2N to realizations $M_V^*(\tau)$ the next value $\delta M_V^*(\tau)$ is calculated
 - Modeling $M_V^*(\tau)$ comes to the end at $\delta M_{V,e}^*(\tau) < 0,01$;
 - 3.4. N realizations $M_V^*(\tau)$ are placed in ascending order and to each value $M_V^*(\tau)$ the probability $F^*[M_V^*(\tau)] = \frac{i}{N}$ with $i=1, N$ is appropriated;
 - 3.5. For the fixed value of a error I type $\alpha=0,05$ on s.f.d. $R^*[M_V^*(\tau)] = \{1 - F^*[M_V^*(\tau)]\}$ Critical value $M_{V,\alpha}^*(\tau)$ is defined;
4. If $M_{V,0,05}^*(\tau) < M_{V,e}^*(\tau)$, $H \Rightarrow H_2$, i.e. sample $\{\tau\}_v$ it is unrepresentable. Process of classification proceeds with that distinction that as population of multivariate data unrepresentable sample is accepted. If $M_{V,e}^*(\tau) \leq M_{V,0,05}^*(\tau)$, we pass to check of assumption H_2 ;
5. Modeling s.f.d. $F^*[M_V^{**}(\tau)]$. For what:
 - 5.1. Method of imitating modeling on s.f.d. $F_V^*(\tau)$ modeled n_v random variables τ . Calculations are spent under the formula (1);
 - 5.2. Average value n_v realizations pays off τ , which we shall designate as $M_V^{**}(\tau)$;
 - 5.3. Items 5.1 and 5.2 repeat N time;
 - 5.4. N realizations $M_V^{**}(\tau)$ are placed in ascending order and to each value of some $M_V^{**}(\tau)$ the probability $F^*[M_V^{**}(\tau)] = \frac{i}{N}$ with $i=1, N$ is appropriated;
 - 5.5. On s.f.d. $F^*[M_V^{**}(\tau)]$ critical value $M_V^{**}(\tau)$ for a error II type is calculated $\beta=0,05$.
6. If it will appear, that $M_{V,e}^*(\tau) < M_{V,0,05}^{**}(\tau)$, $H \Rightarrow H_2$, i.e. classification is expedient. Otherwise we pass to comparison of risk of the erroneous decision, accordingly, assumptions H_1 and H_2 , i.e. sizes $Ri^*(H_1)$ and $Ri^*(H_2)$;

7. Risk of the erroneous decision $Ri^*(H_1) = R^*[M_{V,e}^*(\tau)]$; $Ri^*(H_2) = F^*[M_{\Sigma,e}^{**}(\tau)]$. Remind, that $Ri^*(H_2) > \beta$, and $Ri^*(H_1) > \alpha$
8. If
$$\left. \begin{aligned} \frac{Ri^*(H_1) - \alpha}{Ri^*(H_2) - \beta} > (1 + \alpha), \quad \text{to } H \Rightarrow H_1 \\ \frac{Ri^*(H_2) - \beta}{Ri^*(H_1) - \alpha} > (1 + \beta), \quad \text{to } H \Rightarrow H_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

3. REALIZATION OF ALGORITHM

In the illustrative purposes practical realization of algorithm of modeling of distribution $F^*[M_{V,m}^*(X)]$ consider on an example of pseudo-random numbers ξ with uniform distribution in an interval $[0,1]$. Model n_v pseudo-random numbers, define their average statistical value $M_v^*(\xi)$ and absolute value of relative change under the formula

$$\delta M_v^*(\xi) = \frac{|M(\xi) - M_v^*(\xi)|}{M(\xi)} = \left| 1 - \frac{M_v^*(\xi)}{M(\xi)} \right| = |1 - 2M_v^*(\xi)|$$

Further dependence is required to us

$$M_v^*(\xi) = \frac{1 - \delta M_v^*(\xi)}{2} \quad (4)$$

Calculate N realizations $\delta M_v^*(\xi)$, and ranging $\delta M^*(\xi)$ in ascending order, we build s.f.d. $F^*[\delta M_v^*(\xi)]$. Transition from realizations $M_v^*(\xi)$ to realizations $\delta M_v^*(\xi)$ allows to compare distributions $F^*[\delta M_v^*(\xi)]$ not only for different n_v , but also for various $F_{\Sigma}(\xi)$, for example, for uniform distribution in an interval $[0.5; 1]$. In table 1 are resulted quantile s.f.d. $F^*[\delta M_v^*(\xi)]$ for of some n_v and discrete values of probabilities of these distributions. Laws of change s.f.d. $R^*[\delta M^*(\xi)] = 1 - F^*[\delta M^*(\xi)]$ for $n_v=4; 22$ and 150 are resulted on fig.1, and on fig.2. of some critical values quantile distributions $R^*[\delta M^*(\xi)]$ depending on n_v . Regression analysis of these dependences has shown-laws of change, that laws of change $M_{V,m,\alpha}^*(\xi) = f(n_v)$, with high accuracy (factor of determination > 0.999) correspond to following dependence:

$$\delta M_{V,m,\alpha}^*(\xi) = \frac{A}{n_v^{-0,5}} \quad (5)$$

Values of factor A depending on a error I type are resulted in table 2

Under the standard program at $\alpha \leq 0,2$ greatest convergence ($R^2=0.994$) the equations of regress $A=f(\alpha)$ took place for a polynom

$$A = -18,5\alpha^2 - 7,33\alpha + 1,48 \quad (6)$$

Table 2

Experimental estimations of constant factor the equations of regress (6)

Error I type	0,01	0,05	0,1	0,2
Value of A factor	1,42	1,13	0,95	0,75

Thus, dependence $\delta M_{V,\alpha}^*(\xi) = f(\alpha, n_v)$ looks like

$$\delta M_{V,\alpha}^*(\xi) = \frac{(18.5\alpha^2 - 7.33\alpha + 1.48)}{\sqrt{n_v}} \quad (7)$$

Table 3

Quantile distributions $M^*[\delta M^*(\xi)]$

	2	3	4	5	6	7	11	22	29	40	90	150
0.001	0.001	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.01	0.006	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
0.05	0.026	0.022	0.018	0.017	0.015	0.014	0.011	0.008	0.007	0.006	0.004	0.003
0.1	0.05	0.044	0.037	0.033	0.031	0.027	0.023	0.015	0.014	0.011	0.008	0.006
0.15	0.077	0.066	0.056	0.049	0.046	0.041	0.034	0.024	0.02	0.017	0.012	0.009
.02	0.105	0.088	0.076	0.066	0.061	0.056	0.046	0.031	0.027	0.023	0.016	0.012
0.25	0.136	0.111	0.095	0.083	0.076	0.071	0.057	0.040	0.035	0.03	0.02	0.015
0.3	0.166	0.134	0.116	0.101	0.092	0.085	0.069	0.048	0.042	0.036	0.024	0.018
0.35	0.196	0.158	0.136	0.119	0.109	0.101	0.08	0.056	0.05	0.042	0.028	0.022
0.4	0.226	0.182	0.158	0.138	0.125	0.116	0.093	0.065	0.057	0.049	0.032	0.025
0.45	0.259	0.207	0.180	0.158	0.142	0.134	0.106	0.074	0.065	0.055	0.037	0.028
0.5	0.293	0.233	0.202	0.178	0.16	0.151	0.12	0.083	0.073	0.062	0.041	0.032
0.55	0.33	0.259	0.225	0.199	0.179	0.168	0.134	0.093	0.081	0.07	0.046	0.036
0.6	0.369	0.288	0.25	0.223	0.20	0.186	0.15	0.103	0.091	0.077	0.052	0.040
0.65	0.409	0.320	0.277	0.246	0.223	0.206	0.165	0.115	0.101	0.086	0.057	0.045
0.7	0.453	0.353	0.307	0.271	0.247	0.228	0.182	0.127	0.112	0.095	0.064	0.049
0.75	0.5	0.393	0.339	0.301	0.274	0.253	0.202	0.142	0.123	0.105	0.07	0.055
0.8	0.554	0.435	0.374	0.334	0.304	0.282	0.225	0.158	0.137	0.117	0.079	0.061
0.85	0.614	0.489	0.417	0.372	0.339	0.317	0.252	0.177	0.154	0.131	0.088	0.068
0.9	0.687	0.555	0.474	0.423	0.385	0.361	0.287	0.202	0.176	0.15	0.101	0.078
0.95	0.776	0.639	0.557	0.498	0.453	0.425	0.341	0.241	0.210	0.179	0.12	0.093
0.99	0.905	0.785	0.71	0.638	0.59	0.545	0.439	0.311	0.276	0.235	0.157	0.121
0.999	0.969	0.901	0.839	0.769	0.71	0.667	0.56	0.386	0.351	0.296	0.198	0.151
1	0.995	0.958	0.917	0.909	0.872	0.816	0.656	0.467	0.455	0.342	0.244	0.139

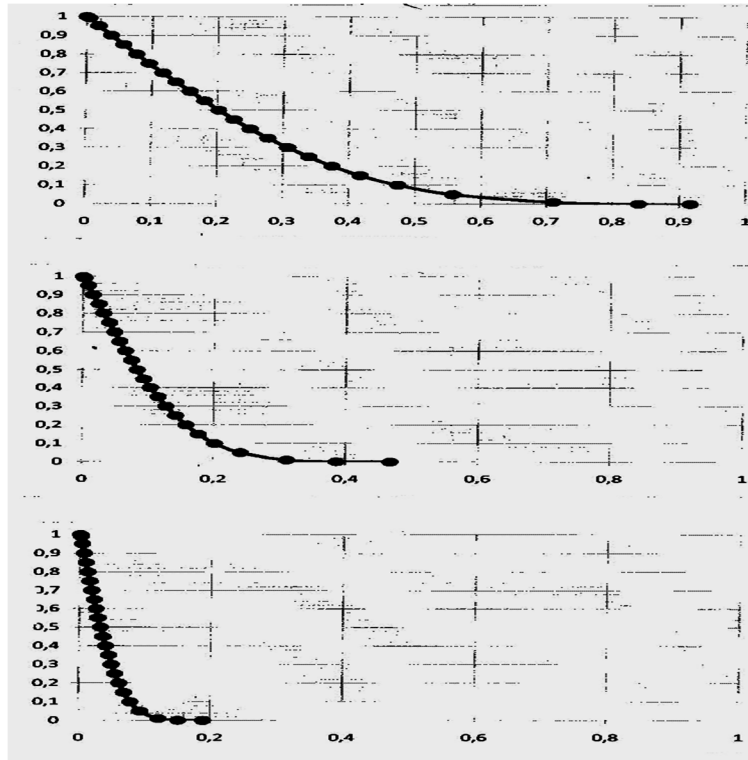


Fig.1. Laws of change s.f.d. $R^*[\delta M^*(\xi)]$ for $n_v=4; 22$ and 150

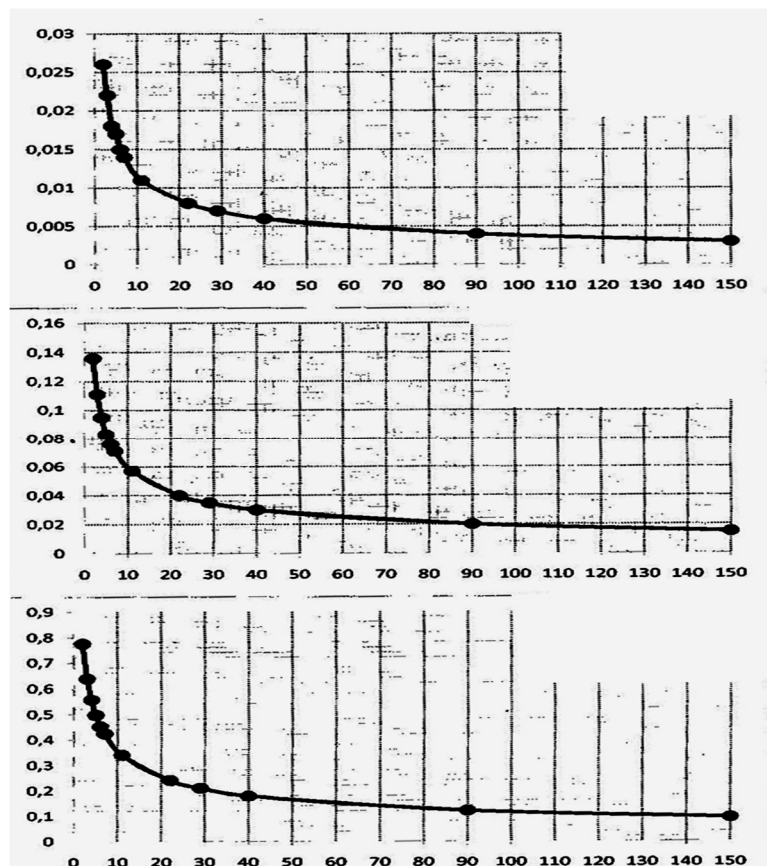


Fig.2. Laws of change of critical values quantile distributions $R^*[\delta M^*(\xi)]$ depending on n_v and a significance value $\alpha=0.05; 0.25$ and 0.95

4. EXAMPLE OF CALCULATION.

In the present example on the basis of the lead researches analytically we shall confirm intuitively clear conclusion: casual character of $M_{\Sigma}(X)$ and $M_{\nu}^*(X)$ it is possible at an essential divergence of corresponding functions of distribution $F_{\Sigma}(X)$ and $F_{\nu}^*(X)$. It is easy to notice, that the example corresponds to the approach at the decision of «return problem», when the result known and efficiency of the approach is checked.

Let $F_{\Sigma}(X)$ is a function with uniform distribution in an interval $[0,1]$. Random variables (y) samples in volume n_{ν} are calculated under the formula:

$$y = a + F_{\Sigma}(y) \cdot (b-a) \tag{8}$$

where $F_{\Sigma}(y)$ – function of distribution of a random variable y .

$F_{\Sigma}(y)$ corresponds to the uniform law of distribution in an interval $[a, b]$, where $a=0,5$, and $b=1$. Hence

$$y = 0.5 [1 + F_{\Sigma}(y)] \tag{9}$$

As realizations $F_{\Sigma}(y)$ take advantage to first four ($n_{\nu}=4$) of random numbers of table 9.1 [3] with uniform distribution in an interval $[0,1]$. This: 0,1009; 0,3754; 0,0842 and 0,9901. Having substituted them in the equation (10), receive accordingly 0,55; 0,688; 0,542 and 0,995. Check of hypothesis about casual divergence $F_{\Sigma}(X)$ and $F_{\nu}^*(Z)$ lead according to table 5 [4], and a hypothesis about a casual divergence of $M_{\Sigma}(X)$ and $M_{\nu}^*(y)$ according to table 1. Results of calculations are resulted in table 3.

Table 3

The data checks of statistical hypotheses

i	X_i	Y_i	Z_i	$F_{\nu}^*(Z_i)$	$ \Delta_i $	
1	0.1009	0.550	0.550	0.25	0.300	$M_{\Sigma}(=0,5; M_{\Sigma}(y) =0.75$ $M_{\nu}^*(Z)=0.694; \delta M_{\nu}^*(Z)=0.075$ $M_{\nu}^*(\Delta)=0.103$
2	0.3754	0.688	0.542	0.50	0.042	
3	0.0842	0.542	0.688	0.75	0.062	
4	0.9901	0.995	0.995	1.0	0.005	
Total			2,775	-	0,409	$R^*[M_{\nu}^*(Z)=0.80$ $R^*[M_{\nu}^*(\Delta)<0.01$

As the hypothesis about casual divergence follows from table 3 $F_{\Sigma}(X)$ and $F_{\nu}^*(y)$ does not prove to be true $R^*[M_{\nu}^*(\Delta)] \ll \alpha$, that completely corresponds to valid parity $F_{\Sigma}(X)$ and $F_{\nu}^*(y)$. A hypothesis about a casual divergence of $M_{\Sigma}(X)$ and $R^*[M_{\nu}^*(\Delta)] \gg \alpha$. In other words, sample $\{y\}_{n_{\nu}}$ from the point of view of distinction of $M(X)$ and $M_{\nu}^*(y)$ proves to be true homogeneous, and classification of data inexpedient.

CONCLUSION.

1. For the parameters of reliability calculated as an average arithmetic multivariate of random variables which distribution differs from the normal law, the method, algorithm and criterion of comparison of estimations of parameters of reliability are developed at classification of multivariate data;
2. Application for these purposes of a method of comparison s.f.d. to multivariate population of initial data and samples of this population leads to unjustified decrease in a significance

value owing to the unreasonable account of characteristics of disorder of random variables.

REFERENCES

1. Ryabinin I.A. Base of the theory and calculation of reliability of ship electro power systems., Shipbuilding. 1971, 454 p.
2. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Rafiyeva T.K., Nazirova U.K. Method of statistical modeling of random variables on empirical distributions. Kazan: News of High schools. Problems of Power №9-10, 2008, 112-120 p.
3. Shor Y.B. Kuzmin F.I. Table for the analysis and the control of reliability. M., publishers «Soviet radio» 1968, 288 p.

UNCERTAINTY OF PROBABILITY COMPONENT OF ACCIDENTAL RISK

Eugeny Y. Kolesnikov

●
Volga state university of technology, Yoshkar-Ola, Russia
e-mail: eykonik@gmail.com

ABSTRACT

Concept of accidental risk is intended to be an objective measure for assessing the risk of accidents in the technosphere. Metric of risk should combine estimation both probability (possibility) of the accident and the damage it caused. For various reasons, any parameter of risk has uncertainty. The problem of uncertainty quantifying arose very early in the study of accidental risk. Often used in practice dotted (scalar) estimation of probabilistic component of risk metric are in most cases inadequate since embody great internal uncertainty

In order to provide maximum objectivity by the hazards of various kinds evaluating in the area of technological safety was proposed and received wide use such a measure as a risk. Despite the wide diversity of opinions of experts concerning the determination of the term "risk", apparently, most of them would agree with the interpretation of risk as "a combination of event probability and its consequences".

Thus, from a mathematical point of view, the accidental risk of any emergency events (or objects, or technologies) can be specified by a vector quantity having two components: PCR and DCR:

- PCR (a component of risk associated with the possibility of an accident) – a quantity, that is quantified the magnitude of subjective probability (possibility) to implement accident. For quantitative estimates the PCR can be axiomatically defined as the quantitative value having the dimension year^{-1} , taking any value in the range 0 ... 1;
- DCR (risk component characterizing damage from an accident) – a quantity, which express the total negative consequences of the accident in terms of money.

Quantitative assessment of the emergency danger in the methodology of risk associated with both performing calculations on mathematical models, and using the methods of expert estimations. Due to various circumstances, which will be discussed below, are obtained result – the value of risk – has uncertainty, which must also be quantified.

The problem of uncertainty existence and uncertainty quantification is inherent in any parameter accidental risk, it is a key problem of risk-methodology on the whole. This problem was first recognized and placed on the agenda at an early stage of technical risk research, when group of prof. Norman Rasmussen prepared report "WASH-1400" on safety of commercial nuclear reactors (US NRC, 1975), and, a little later – when US NRC (special committees of National academy of sciences) published his first report (US National Research Council, 1983). However, twenty five years after these events the same committee stated (US National Research Council, 2009), that the problem of analysis and quantification of uncertainty in risk-methodology is still far from being resolved.

In a quantitative sense, the uncertainty presence means, that instead of the scalar (dotted) values the model parameters of dangerous accidents should be characterized by interval (the range of values), which is a segment of the real number axis. Finally, the result of calculation of risk – risk-metric – will also be an interval. In the quantitative assessment of uncertainty theory by the parameters of accidental risk uncertainty quantification, several alternative approaches have been developed, that were designed:

- a) for the expression of uncertainty parameter;

b) establishing rules, that allow to express the uncertainty of the result of model calculations through the uncertainty of its parameters.

These approaches include:

- probabilistic, that consists in postulating of belonging the parameter value to a particular type of probability distributions;
- "fuzzy" (based on the use of fuzzy sets), according to which the membership function of the parameter is specified on the basis of expert judgment;
- synthetic, using the formalism of Demster-Shafer, allowing to combine probabilistic and expert intervals;
- interval, or boundaries method" of Scott Ferson.

The most popular of these approaches is probabilistic interpretation of uncertainty. Meanwhile, the use of classical frequency interpretation of probability regarding the expression of uncertainty in parameter requires special consideration.

As it is known, the scientific method requires that the subject of study has a set of stable, repeatability and intersubjective properties which allow, in particular, to identify it.

On the other hand, the dialectic of scientific research consist in:

- the analysis and differentiation of primary and secondary properties (parameters) of the object, which is the subject of study;
- the synthesis – designing a model of the object, including all its basic properties.

Furthermore, there are two types of description and prediction of the behavior of macroscopic objects (in the area of classical physics):

1. deterministic;
2. probabilistic.

First type implements in simple models that take into account only a limited number of core (generic) object properties. Deterministic models predict scalar values of the model parameters.

The second ones consider all the existing factors, but not as part of the Laplace determinism, but fundamentally differently, predicting the probability of parameter value in a given interval.

Well known, that in the theory of accidental risk widely used methods of reliability theory, in particular, to predict the probability of failure of elements of technical systems with the potential accident. Let's consider the applicability of probabilistic description to quantify uncertainty for example PCR – predicting the probability of failure of the technical element.

Generally accepted that the operational characteristics of any product, technical elements are determined by the aggregation of:

1. a few determinants of deterministic type;
2. set of substantially weaker factors of random type.

This applies both to the properties of the element, and exposure of external impacts on it.

In other words, each item has a set of:

1. "generic" characteristics, which in fact allow to combine these objects in the group (in other words, to identify them);
2. individual properties.

In turn, the individual characteristics of the element can be divided into two classes:

1. properties, which don't affect performance quality. These parameters do not take into account in the model;
2. characteristics, giving the variability of "generic" qualities in a relatively small range.

Thus, any "generic" parameter of group of similar objects is not a scalar quantity, but has "internal uncertainty" and most adequately could be described by the interval value. In addition, since most of the parameters on the reliability of products are determined during the measurement, always accompanied by measurement uncertainty of types A and B, (JCGM 100:2008), to the internal uncertainty is added measurement uncertainty. As a result, the experimental data of the parameter value will always be an interval, which is usually called confidence interval. However, as it would be shown further, not always probabilistic interpretation of uncertainty interval is adequate.

A complete set of fixed type products forms parent population, and factory tests some of their number give a sample statistics, which characterized by sample mean, variance and other statistical parameters. The sample statistics are subject to Bernoulli theorem, according to which by infinite number of tests the sample mean tends to the expectation value, and the variance tends to zero.

However, generally speaking, parent population of products of the same type made by different plants even immediately after their production, would have different parameters of the probability distribution (probability theory developed by well-known methods of testing statistical hypotheses about the equality of means and variances). Moreover the Bernoulli's theorem is not executed for mixed samples.

Consider, for example, steel storage tanks for oil products. If tanks of horizontal type are manufactured in the factory on standard conditions, tonnage vessels with vertical walls are fabricated outdoors, "on-site" by the sheet assembly using manual welding. In the circumstances, their operational qualities significantly differ immediately after the manufacture.

After the start of the technical operation the differences (load modes, climatic conditions, maintenance, etc.) will only increase this initial spread of properties, including those, which determine their reliability. It is not surprising that published in different reference bases information parameter of reliability about (e.g., failure rate) often are very different, the difference reaches a few orders of magnitude.

Study a typical method for obtaining scalar estimates of reliability parameter of equipment (for example, the frequency of failure of the tank with oil products, year⁻¹), published in the databases (like OGP publications, EIREDA, OREDA, AMINAL, MHIDAS, Technica Det Norske Veritas, etc.). The principle is to collect statistics on failures (often differentiated: on failures on demand, while working for the calendar time of use) for the greater of number possible equipments for greater period of time. Quotient of the number of accidents by number of tanks-year is treated as a result. For example, to assess the frequency of failures tanks of petroleum products in the report (OGP publications, 2010) the following information was used:

1. 122 cases in the world for the period 1965 – 1989 according to a report from Technica 1990. Atmospheric Storage Tank Study, Confidential Report for Oil & Petrochemical Industries Technical and Safety Committee, Singapore, Project No. C1998;
2. 69 such accidents for the period 1981 – 1996 of the report LASTFIRE 1997. Large Atmospheric Storage Tank Fires – A Joint Oil Industry Project to Review the Fire Related Risks of Large Open-Top Floating Roof Storage Tanks;
3. 107 similar emergency events in the period 1951 – 1995 according to the American Petroleum Institute API 1998. Interim Study – Prevention and Suppression of Fires in Large Aboveground Atmospheric Storage Tanks, American Petroleum Institute Publication 2021A.

As a result, numerical estimates presented in such databases should be treated with great caution, because the sum total of the world's operating tanks so varied in quality that could hardly be considered as the parent population. No wonder, that annual statistics of such accidents is extremely variable both in temporal and spatial (geographical) dimension. Thus, although the evaluation and presented a point value, it contains a large latent uncertainty.

In the analysis of accidental risk, as opposed to factory test products, that conducted to determine their reliability, they have to deal with the elements, which typically belong to different parent population. This occurs because they are often produced in different plants, have different and individual history loads and maintaining. Therefore the concept of the mean and variance, as some stable and objective values for arbitrary aggregate of their, is completely meaningless.

Of course, you can always select any number of these elements, calculated for any of the parameter mean and sample variance. But these calculated values from other similar combination of elements likely to be a radical distinguish. Consequently, in this case such essential requirements of the scientific method as the stability and repeatability investigated properties are not met.

Opinions expressed in many (not all) cases, when performing an uncertainty quantification of accidental risk parameters make unsuitable probabilistic approaches and the use of related concepts dispersion. In those cases, when the situation is stable in a statistical sense (e.g., meteorological conditions at a particular site), a probabilistic description is quite adequate

The same objection could be made against the use of fuzzy numbers (fuzzy set) to quantify the uncertainty, because it assumes the existence of a stable membership functions.

CONCLUSIONS

The most universal method to quantify the uncertainty of the risk parameters is interval method. Analysis performed in this article showed that the probabilistic method is not suitable in most cases, because the elements of real technical systems do not meet the basic requirement of their belonging to the same parent population. Therefore, such concepts as mean, variance in this case does not make sense.

It is required further development of interval mathematics methods, which allow obtaining less informative, but more reasonable quantitative estimates of uncertainty

REFERENCES

1. JCGM 100:2008 GUM 1995 with minor corrections Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. 134 p.
 2. OGP publications (2010) Risk Assessment Data Directory. Report № 434-3 Storage incident frequencies. <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-03.pdf> (review data 03.10.2013).
 3. US Nuclear Regulatory Commission (1975). Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (NUREG-75/014). Main report, 226 p.
 4. US National Research Council (1983). Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington, D.C.: National Academy Press, 91 p.
- US National Research Council (2009). Science and decisions. Advanced risk assessment. Washington, DC: National Academy Press, 403 p.

RELIABILITY BASED METHODOLOGY FOR VENDOR SELECTION- A CASE STUDY

Damodar Garg, P S Sarma Budhavarapu, Sudhangshu C

Reliability Centre, Global R&D Centre, Crompton Greaves Ltd, Kanjur Marg (E), Mumbai.

e-mail: damodar.garg@cgglobal.com

ABSTRACT

The objective of every industry is to manufacture and supply products that will perform its intended functions without fail in the actual field. A reliable design (there is a misconception that a reliable design will always give a reliable product) may not necessarily turn out to be a reliable product always. Even if a product having reliable design is manufactured and used in the field its reliability may be unsatisfactory. The reason for this low reliability may be the product was poorly manufactured by using substandard manufacturing processes. Therefore to produce a reliable product, evaluation of manufacturing processes or vendors is necessary. In this work an attempt has been made to formulate a methodology which will help in evaluating the design reliability as well as the vendor selection process. The proposed methodology includes reliability prediction to effectively predict the design reliability and HALT (Highly Accelerated Life Testing) for vendor selection by qualitatively comparing the prototypes of same design manufactured by different vendors. A case study on a power electronic product is included to explain the methodology.

1. INTRODUCTION

Product performance and reliability are essential to success in today's global market. For product's where large development cycle time cannot be afforded because of unavoidable market competition, evaluation of design reliability and vendor selection becomes very important to have significant confidence on the product before it goes to the end customer.

Design reliability also called as Inherent reliability or built in reliability, is a measure of the overall "robustness" of a system or piece of equipment [1]. It is probably the single most important characteristic of any system or piece of equipment in terms of determining overall reliability performance. The Design reliability of a system or device is determined by its configuration and component selection. It provides an upper limit to the reliability and availability that can be achieved. In other words, no matter how much inspection or maintenance we perform, we will never exceed the design reliability unless we change the design of the product. If one can produce, operate, maintain, and inspect a device as required and decided, one will be able to harvest all of the design reliability. On the other hand, if there are gaps in the manufacturing methods, operating, maintenance or inspection practices, one will harvest only part of the design reliability.

Selection of manufacturing processes (or vendor) to produce a product (or component of the product) plays a major role to achieve design reliability. There is a misconception many designers has that if product passes initial testing and inspection, it is reliable. However, if product is produced by non standard or wrong manufacturing processes it may pass the initial inspection and testing phase but it will fail when it goes in the field. As an example, type of solder joint say dry solder joints could pass initial testing at the manufacturer end, but may cause failures in the field as the result of thermal cycling or vibration. This type of failure may not occur due to an improper design, but rather it is the result of an inferior manufacturing process. Therefore the evaluation of the manufacturing processes (or vendor) is required after product design is completed this will help the manufacturer to achieve design reliability. Sometimes it also helps attaining improvement areas in design to achieve higher reliability of the product up on modification.

It is often said, "Reliability must be designed into a product". This emphasizes the fact that nothing can make a poor design reliable. However, it is quite possible, and quite common, for a good design to be compromised by other factors. Therefore, designer has to measure the design reliability of the product at the design stage so that the reliability goal can be met before the product design is completed. A reliability prediction made for a product is based on its design and is an estimate of design reliability, since it assumes part failure rates, manufacturing quality, and

handling factors are all as expected. To assure that the achieved reliability is reasonably close to predicted reliability. Reliability prediction also can be use by designer to select the design from alternatives.

Second way of measuring the reliability of the design qualitatively is by conducting Highly accelerated life test (HALT). HALT is an advanced tool which will be used to identify the weakest links in the product [2]. In HALT to identify the initial strength of the product it is experienced to high level of stresses. It is limit determination test to determine the design margin for specific stresses. It is a method of surfacing design and potential process problems more quickly and effectively in order to undertake corrective action for Reliability improvement. HALT is not to determine the MTBF of a product or to reach a stated Reliability measure.

HALT includes collection of the operational, functional and environmental specifications of the product & identification of the product unique potential operational, functional and environmental stresses. Select the vital few stresses from the trivial many. Identified stresses have to be applied on the product gradually to measure the strength of the product. The critical components which are failed at high stress levels should be identified.

Failure analysis has to be conducted on Critical to Reliability (CTR) components. Root cause of the problems should be identified. Design modifications for further increase in the strength of product have to be suggested. The implementation of this methodology in different fields has been explained in the ref [3, 4, 5 and 6].

In this study, “Circuit Breaker control system” is used for this reliability analysis. The purposes of the study is to find design limit, critical to reliability (CTR) component (or weak link) of the product and vendor evaluation. Failure analysis on the failed sample, in the HALT testing, is conducted to identify sub systems/components and their failure mode. Corrective action identified and implemented to improve destructive limit of the product. To validate the identified corrective action, again HALT is conducted. The HALT done in phase 2 is also used for vendor evaluation. Vendor evaluation is done on the basis of qualitative analysis.

2. PROPOSED METHODOLOGY FOR DESIGN RELIABILITY EVALUATION AND VENDOR SELECTION:

The method proposed for selecting manufacturing processes/vendor is based on qualitative analysis of the product by HALT. Detailed flow chart is shown in Figure 1 followed by the description of each steps in paragraphs.

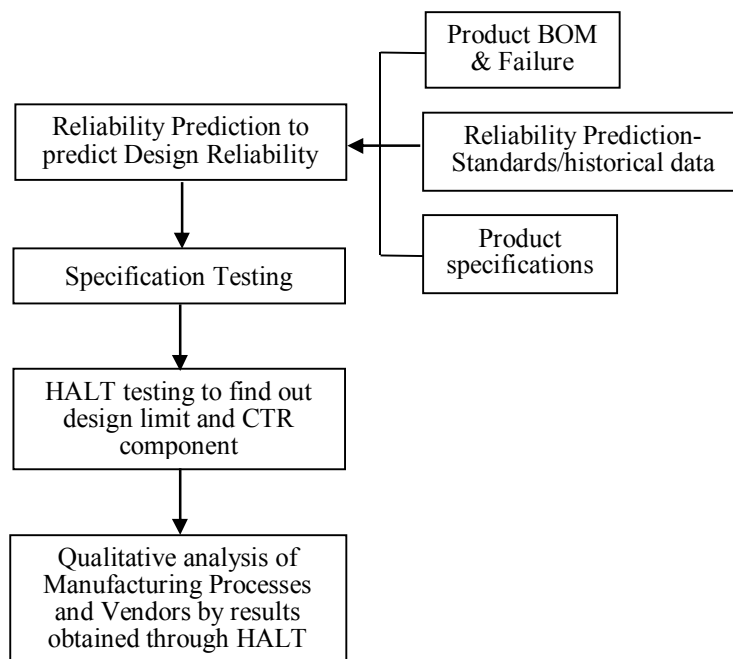


Figure 1: Block diagram of proposed manufacturing processes or vendor selection methodology

Methodology Description

1. First step of the methodology is to predict the reliability of the design. Reliability prediction can be done either by using Mil Standards or by using failure rate obtained by past failure data of similar type of products. The required inputs for conducting reliability prediction are product or sub assembly BOM, product specification, reliability prediction standards. Reliability prediction calculates the MTBF or failure rate by considering the components used in design, their failure data by standards and stress conditions. Therefore, prediction helps in calculating approx design reliability and finding the CTR component based on higher failure rate of the product.
2. Second step of the methodology is specification testing i.e. product is tested with in its specification range to find out the patent failures with respect to the intended functions (features) and environmental conditions.
3. Third step of the methodology involves the identification of the CTR component by highly accelerated life testing (HALT). In this method product is tested above and below the specification range to find out the latent failures which can originate in the due course of time once the product is fielded. The operating limit that the product can withstand is also found in this step.
4. Final step of the methodology involves comparison on the basis of qualitative analysis of the manufacturing processes/vendors by conducting HALT on the products. In this step, the outcome of HALT is compared for the similar design products manufactured by different vendors. The vendor is then selected on the basis of higher operating limits and failures critical to the performance of the product.

3. VENDOR EVALUATION FOR CIRCUIT BREAKER CONTROL SYSTEM – A CASE STUDY

3.1. Product Description

The Circuit breaker control system controls the CLOSE and OPEN operations in circuit breakers by monitoring and analysing incoming signals and user inputs. It recognizes and reports potential circuit breaker operation or maintenance requirements, before they become critical. It monitors and displays: grid phase voltages, line currents and grid frequency. It measures breaker's operation timings, coil currents, pole discrepancy and contact wear out and displays them with the help of HMI unit. Circuit breaker control system provides to drive 3 Close Coils and 6 Trip Coils suitable for breakers with double trip circuits. The circuit breaker control system can be divided into six modules HMI, SMPS board, DSP controller, Analog input card, digital I/O card, Analog digital I/O card. Figure 2 shows the functional block diagram of these modules.

DSP Controller board is main CPU of the system. It receives, preprocesses and analyses the Analog and Digital signals, performs necessary diagnostics calculations and communicates the results to the user through HMI Unit. Analog input (AI) board receives different inputs like grid voltage and current, fault current, coil current etc. It processes these inputs by filter, scales and level shifts and sends to DSP controller. DSP Controller Board collects and measures signals from AI Board through an internal A/D Converter and displays them on LCD of HMI Unit. Digital Input/Output (DIO) Board receives 24V DC command inputs like Remote CLOSE, Remote TRIP, TEST/ SERVICE position, Breaker CLOSE and Breaker OPEN status from Panel. DIO board generates the Breaker CLOSE, Breaker OPEN commands for the R pole of Circuit Breaker. Analog Digital Input Output Board (ADIO) receives 24V commands from 'Remote' Panel or 'Local' HMI and generates the Breaker CLOSE, Breaker TRIP, Auxiliary TRIP commands for Y and B poles of Circuit Breaker. The SMPS Board receives 125V DC supply Input from the station batteries and generates regulated supplies for remaining all units. HMI unit enables the User to operate Circuit Breaker through its front panel keyboard and displays the results.

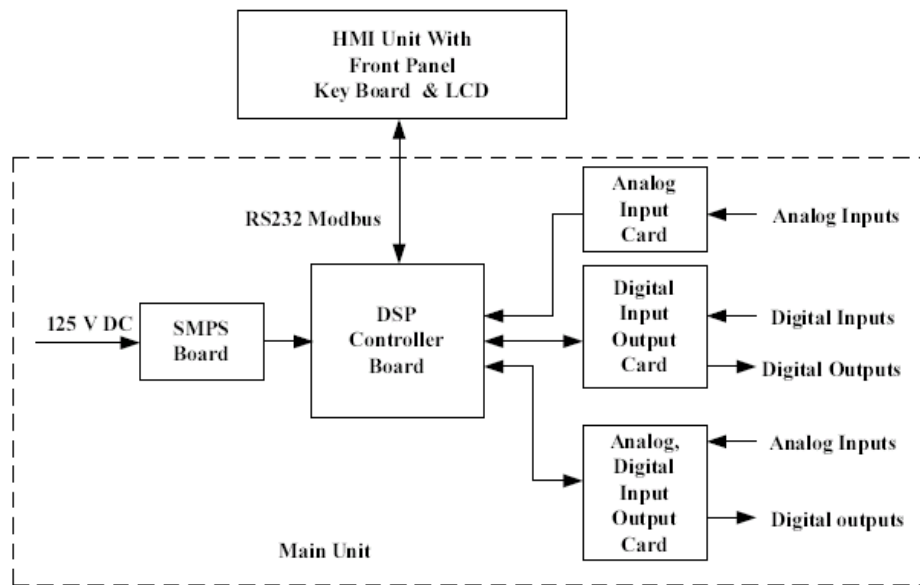


Figure 2: Block diagram of circuit breaker control system

3.2. Test Set-Up

A test setup was prepared for online monitoring of the product during testing. This setup is designed to simulate various functions of circuit breaker control system. Setup include six relays (to simulate open and close conditions of breaker), reset relay, fault signal relay, air pressure relay and Sf6 gas relay. The functions of these relays are as described below.

- Reset relay : Once closed it will send the ON signal to CBCS. Then CBCS supposed to close the three coils of the breaker
- Fault signal relay : Once open it will send the fault signal to CBCS. Then CBCS supposed to trip all six coils of the breaker
- Sf6 gas relay : Once open it will send the SF6 fault signal to CBCS. Then CBCS supposed to trip all six coils of the breaker and will not reset them until unless Sf6 relay is closed again.
- Air Pressure relay : Once open it will send the Air pressure fault signal to CBCS. Then CBCS supposed to trip all six coils of the breaker and will not reset them until unless Air pressure relay is closed again.

3.3. Methodology

Step 1: Reliability Prediction:

Reliability prediction for the control system was done using MIL 217F and Bellcore prediction standards. Required information to conduct reliability prediction i.e. Bill of material (BOM), product specification and BOM component detailed is collected from product designer. The product has 5 electronic boards. The failure rate of each board is calculated separately to arrive at the system failure rate. The failure rate of sub systems is shown in the form of bar chart in Figure 3.

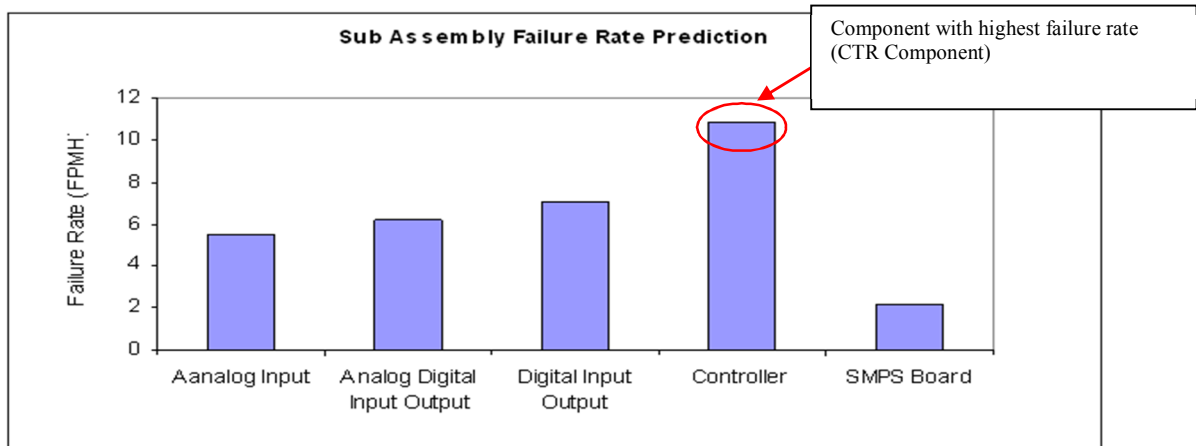


Figure 3: Predicted failure rate of Controller Components by lambda predict

Controller card has the highest failure rate therefore it is our CTR component. Total system failure rate is sum of all component failure rates as all the components are in series.

Step 2: Specification testing:

Specification testing is conducted to verify the performance of the system for the design specifications. Three prototypes were developed by Crompton Greaves ltd. R&D and specification testing was conducted. To monitor performance of the product online, simulation setup is used. In specification testing Dry Heat, Damp Heat test is conducted according to their specification i.e. 0-50°C with 95% RH. Vibration and shock testing is conducted according to IEC standard as applicable to the product. All three samples have passed the specification testing.

Step 3: HALT testing:

HALT stresses on the product simulate failure conditions in quick time. The failure modes obtained here may take several months to be exhibited under normal conditions [6]. For example, IC of the display card failed in 2 weeks at 80°C may take several weeks to be found at 50°C, and may take several months to be exhibited at 30°C. While it is not reasonable to expect the product will ever encounter these intense conditions, the same failure modes will be encountered at lower stress levels in much longer periods of time.

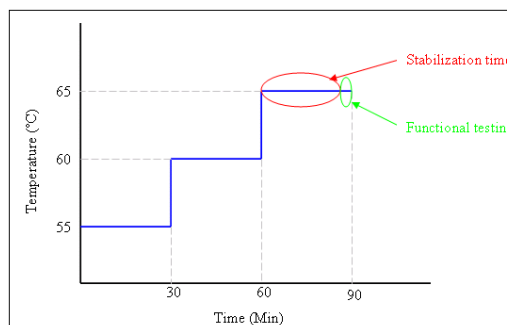


Figure 4: Step stress testing

HALT is conducted on all three prototypes by step stress method shown in Figure 5. In this method stresses are increased in steps and at each step functional testing parameters are checked after stabilization of the stress. Firstly Low temperature step stress was conducted which verified that the product has an operating limit of -40°C. Secondly high temperature step stress was conducted to get the operating limit at high temperature but unfortunately the product started misbehaving at 55° with 95% RH and restored its function when the temperature was brought down to 50°C. The high temperature test concludes that the product is experiencing soft failure at 55° with

95% RH.

The soft failure was found to be related to pole discrepancy. To find out the root cause of the pole discrepancy designers first analyzed DIO card which was found to be working fine. After DIO the controller card was analyzed and it was found that there is a problem with controller coding. Coding software was modified and HALT was re-conducted to validate the modification. Now product is working fine till 110°C. Vibration, Voltage, Damp Heat + voltage HALT is conducted. Operating limit at all condition is shown in Table 1.

Table 1: Operating limits of Circuit breaker control system in HALT

HALT Stress type	Operating limits
Cold Temperature	-40°C
High Temperature	110°C
Vibration	14g , 20-2000Hz
Voltage	75-270Volt
Cold Temperature + Voltage	-40°C with 70 to 270 Volt
High Temperature + Voltage	100°C with 70 to 270 Volt

Step 4: Qualitative analysis of Manufacturing Processes/Vendors by results obtained through HALT

Literature [5-7] says if a product has higher operating limits, it will have higher Reliability than the other product of similar design and features, when used in the same environment. We used this approach to evaluate vendors/manufacturing processes. The limitation of this methodology is that we cannot quantitatively calculate the magnitude of reliability. It is a qualitative approach to find out the best vendor.

Table 2: Operating limits of Circuit breaker control system manufactured by different vendor in HALT

Stress Type	Product from Manufacturer A		Product from Manufacturer B		Product from Manufacturer C	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Voltage Step Stress	75-270Volt	75-270Volt	75-270Volt	75-270Volt	75-270Volt	75-270Volt
Low temperature step stress	-40°C	-40°C	-40°C	-40°C	-40°C	-40°C
High Temperature and Humidity Step Stress*	100°C (Soft Failure)	110°C (Soft Failure)	65°C (Soft failure)	55°C (Hard Failure)	85°C (Soft Failure)	90°C (Soft failure)
Combine Voltage and Low temperature	-40°C with 75-270Volt	-40°C with 75-270Volt	-40°C with 75-270Volt	--	-40°C with 75-270Volt	-40°C with 75-270Volt
Combine Voltage and High Temperature	100°C with 100-270Volt (soft failure at 100°C at 95 Volt)	100°C with 75-270 Volt (soft failure at 105°C)	60°C with 75-270 Volt (Soft failure at 65°C)	--	85°C with 75-270 Volt (Hard failure at 90°C)	85°C with 90-270 Volt (Soft failure at 85°C with 90 Volt)
Vibration testing	14g, 20-2000Hz	14g, 20-2000Hz	14g, 20-2000Hz	--	--	14g, 20-2000Hz

* There is no humidity at 100°C and above.

In our analysis, we selected 3 vendors (Manufacturer A, B and C) and 2 nos. of product were

manufactured by each vendor. Unique identification number were provided as mentioned,

- A1, A2 - manufactured by vendor A,
- B1, B2 - manufactured by vendor B, and
- C1, C2 - manufactured by vendor C.

Same design as well as BOM was provided to all the vendors. Once the products were received following activity were conducted to analyze the vendors.

1. Visual checkup of PCB - All the component were matching with the BOM provided.
2. Functional testing – All 6 products working satisfactory.
3. HALT - Conducted on all sample manufactured by vendor A, B and C. The Operating limit found from HALT is shown in Table 2.

From Table 2 it is clear that the “manufacture A” samples are withstanding more stress than the other manufacturer samples. So “manufacturer A” can be recommended for the mass production.

4. CONCLUSION

In this paper, a methodology for assessing inherent design reliability and sustaining that design reliability by selecting appropriate vendor and manufacturing processes for an electronic system has been proposed. The proposed analysis facilitates the designer to assess the improvement areas which on implementation can help in enhancing the useful life of the product. It also helps designer to understand the importance of vendor/process selection for the improvement of the present and next generation product’s performance in the field. The proposed methodology has been successfully implemented for an electronic system and is presented in detail by taking ubiquitous “Circuit Breaker control system” as a case study.

5. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to express their gratitude to the management of Crompton Greaves Ltd., for providing the necessary authorization and opportunity to present this paper.

6. REFERENCES

- [1]. Charles E. Ebeling (2000), “An introduction to reliability and maintainability engineering”, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2000.
- [2]. Dmitri Kececioglu, “Reliability and life testing handbook”, Volume-2
- [3]. R. Munikoti and P. Dhar (1988), “Highly Accelerated Life Testing (HALT) for Multilayer Ceramic Capacitor Qualification”, IEEE Trans. Component, Hybrids and Manufacturing Technology. 11:342-345
- [4]. R. Confer, J. Canner, T. Irostle and S. Kurtz, “Use of Highly Accelerated Life Test (HALT) to Determine Reliability of Multilayer Ceramic Capacitors”, IEEE
- [5]. Mahesh K. Chengalva, Ron A. Webster and Derek G. Packard (2004), “Simplified Highly-Accelerated Life Testing on Components for Product-level Vibration Reliability Enhancement”, Inter Society Conference on Thermal Phenomena, 231-237.
- [6]. Alvin Hsu, Danny LS Huang, Gerald Chang and Jimmy Yang, “Understanding HALT Application in Desktop, NB and Server”, IEEE

OPTIMUM LIKELIHOOD QUANTIZATION OF THE INFORMATION IN SPACE WITH RESTRICTION OF ZONES OF INFLUENCE OF QUANTA

V.A.Smagin, Dr.Sci.Tech., the professor

●
Military-space academy of A.F.Mozhaiski
Street of the Red Cadet 16, 197082 St.-Petersburg, Russia
E-mail: sbrou17@yahoo.com <<mailto:sbrou17@yahoo.com>>.

ABSTRACT

The model of optimum three-dimensional likelihood quantization of the determined or casual volume space is offered by set of equal quanta at which the probability of representation quantized reaches spaces of the maximum value. The size of optimum quantum is defined by distribution of its zone of influence, values of boundary probability and influence parameter. The model of estimation of quantity of the information or other product in quantization space is entered.

Keywords: volume space, optimum quantization, a zone of influence of quantum, distribution, probabilities, boundary value, influence parameter, estimation of quantity of the information.

1. INTRODUCTION

The first basic results of the decision of problems of optimum quantization of the casual have been received in [1, 2]. In article [1] the problem of the theory of value of the information with the account of its cost is solved. Minimised function is presented in a kind:

$$\Psi(x) = \int_0^{\infty} [x(E(z/x) + 1 - z)]dF(z) + cJ + const, \quad J = \int_0^{\infty} E(z/x)dF(z).$$

The first composed - average losses for the account of distortion of value of size as a result of the quantization, the second composed - losses for the account for the account of use of quantity of the information.

Authors [2], quoting [1], and a minimized function represent in a kind:

$$\Psi(x) = (x + c) \int_0^{\infty} (E(z/x) + 1)dF(z),$$

where x, c size of quantum and interval size between quanta, $E(\alpha)$ the whole part of number α , $F(z)$ distribution function quantized a random variable \hat{Z} , having a final population mean.

A distinctive advantage [2] in comparison with [1] is that authors have offered a simple physical illustration and have developed strict algorithm of the integer decision of a problem.

In article [3] the idea of work [2] for estimation of probability of successful transfer quantized information in the conditions of adversary counteraction is used. Expression for probability of the successful message of full quantity quantized information in not deformed kind, duration transferred in the quanta t with pauses of length dividing them c , is equal:

$$R(t) = \int_0^{\infty} \frac{\int_0^{\infty} \bar{B}(t+u)dA(u)}{\int_0^{\infty} \bar{B}(u)dA(u)} \cdot \bar{P}(c)^{E(\frac{t}{t+c})+1} dF(z).$$

In this formula $B(t)$ – function of distribution of length of quantum of the information, transferred by the first party. $A(t)$ – function of distribution of duration of quantum of the information, deformed by the second party in the course of transfer of quantum of the information by the first party. $F(t)$ – function of distribution of full quantity of the transferred information. $\bar{P}(c)$ – probability of successful realisation of a pause in length between quanta.

The maximum value $R(t)$ and the corresponding size of quantum are numerically. In conclusion of article the example of a game situation and a choice of strategy of the contradictory parties is resulted.

In article [4] simple problems of quantization of the syntactic and semantic information were considered.

In the present article the following problem of volume quantization with likelihood criterion function is considered.

In three-dimensional information field placing of the identical centers of gathering of the information is supposed. Each centre has the volume review of gathering of the information. The density of probability of size of the review of the centre is defined by some distribution. In middle the centre of gathering the density has the maximum value, and in process of removal to its periphery value of density monotonously decreases. Law of decrease of density is identical on three axes. The density of probability except constant maximum value also is characterized by the average quadratic deviation which size can change depending on some constructive conditions. All centers of influence in space of gathering of the information settle down strictly horizontally and vertically on parallel lines, adjoining to each other. Zones of influence of the centers are crossed with zones of influence of the next centers on horizontals and verticals. The size of degree of crossing is that, that between six next zones located round a separate volume zone, should the part of space captured by their influence. It means that each border of a separate zone of influence adjoins to two next zones of other zones of influence as the crow flies. Scope of zones of influence on three axes is identical. The scope size is defined by some boundary probability defining possibility of gathering of the information by the centre in it кубичной of area. This probability depends on constructive technical characteristics of the centre of gathering. Being set by value of boundary probability of the centre and changing size of parameter of its influence - an average quadratic deviation (aqd) - it is possible to find such density of probability of influence of the centre at which the probability of gathering of the information in the limited space reaches the maximum value.

The purpose of given article is search of density of probability of influence of the centre, number of the centers of influence and values of their parameters at which the maximum value of probability of gathering of the information in the set volume space is reached.

2. THE REASON OF EXISTENCE OF THE MAXIMUM OF PROBABILITY

Let's assume that the size of parameter of influence - an average quadratic deviation of three-dimensional density of probability - is small enough. Provided that in space enough considerable quantity of the centers of influence is necessary to arrange. It will lead to that total losses of all centers of influence from not used volumes of zones of influence because of introduction at them borders will be great enough. On the other hand, losses from not used volumes of in addition entered centers of influence for information gathering on space periphery will be rather small.

Now we will assume that the size of parameter of influence (aqd) will be great enough. Arguing how it is stated above, we come to a conclusion that the size of total losses will be defined basically by losses of not used volumes of influence of in addition entered centers.

This inconsistent situation in definition of total volume losses at gathering of the information also is the basis for existence of the optimum decision. At it there is such number of the volume centers of influence, when probability of coverage of the space defined on size will reach the maximum value.

3. MATHEMATICAL FORMALIZATION OF THE PROBLEM OF QUANTIZATION

We assume that we know family of density of probabilities of zones of influence of the centre $f(x, y, z, \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$, where $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ the parameters of influence defining degree of disorder of influence concerning the centre on we rub to its axes. Further for the purpose of simplicity of a statement of a problem we will believe that three-dimensional density of probability it is represented in the form of product of three identical one-dimensional density with population means m and average quadratic deviations σ . It means that one-dimensional random variables are independent and possess identical parameters. Then our formalization will be reduced to consideration only one density of probability $f(x, \sigma)$. We will provide the general boundary probability q , defining size of volume of a zone of the centre of influence – quantum. The there will be a size less q , the it is more size of a zone of influence of the centre, but, on the other hand, the it is less degree of influence of the centre on quantum border. The quantum is represented a cube with an edge $2(m-r)$, where m population mean of an initial zone of influence, and r – an interval from the beginning of co-ordinates to border of a zone of influence. Otherwise it is possible to name it an interval, the unilateral limiting size of a zone of influence of quantum on any of three coordinates. Value of size r is at the set probability q and conditions that six next quanta cover one quantum at which internal borders densely adjoin quanta of six next quanta. Formally value of size r should be in result of the decision of the equation:

$$q = \left(\int_0^r C_\sigma f(z, \sigma) dz \right)^3. \quad (1)$$

The right part (1) is probability of hit of a one-dimensional random variable in a unilateral restrictive zone of quantum. For a restrictive zone on any one co-ordinate it is accordingly received $\int_0^r C_\sigma f(z, \sigma) dz - \sqrt[3]{q} = 0$. In the equation (1) and its consequence a C_σ – constant of rationing of density of probability at the accepted value of parameter of influence σ . Then the probability of hit of a random variable in the field of quantum is as:

$$p(r, \sigma) = \left(\int_r^{2m-r} C_\sigma f(z, \sigma) dz \right)^3. \quad (2)$$

Expression (2) is fair only provided that distribution in the field of quantum is spherical. Expression and for эллипсоидного distributions can be if necessary written down.

Further we will present the sizes of space, on which gathering of the necessary information should be made by the centers of influence. For simplicity of the analysis we assume that it is a rectangle with the parties X, Y, Z , presented in determined sizes. Then the necessary number of the quanta, which had along the parties X, Y, Z , will be accordingly equal:

$$E\left(\frac{X}{2(m-r)}\right)+1, \quad E\left(\frac{Y}{2(m-r)}\right)+1, \quad E\left(\frac{Z}{2(m-r)}\right)+1, \quad (3)$$

where the symbol E means the integer approximated with a lack from the number presented in brackets.

The probability of a covering of volume of space in quanta of the centers of gathering of the information can be defined in the form of following expression:

$$P_{XYZ}(q, \sigma) = \left(\int_r^{2m-r} C_\sigma f(z, \sigma) dz \right)^{3\{E[\frac{X}{2(m-r)}]+1\}\{E[\frac{Y}{2(m-r)}]+1\}\{E[\frac{Z}{2(m-r)}]+1\}}. \quad (4)$$

In that case when sizes are casual, the probability (4) is represented in a kind:

$$P_{XYZ}(q, \sigma) = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \left(\int_r^{2m-r} C_\sigma f(u, \sigma) du \right)^{3\{E[\frac{X}{2(m-r)}]^{+1}\} \{E[\frac{Y}{2(m-r)}]^{+1}\} \{E[\frac{Z}{2(m-r)}]^{+1}\}} dF_X(x) dF_Y(y) dF_Z(z), \quad (5)$$

where $F_X(x), F_Y(y), F_Z(z)$ – functions of distributions of the sizes of the parties of volume space of gathering of the information.

Expressions (4) and (5) can be presented and in other kinds if areas of influence of quanta represent not spheres, and ellipsoids. In them dependences of random variables on all coordinate axes, besides, can be considered.

4. THE EXAMPLE 1

As one objective realization of an example it is possible to present a reservoir of the limited size in which there can be a subject dangerous to stay. It is required to define, how many the detection centers it is necessary to provide and as them to arrange, that with the maximum probability to receive data on a place of its finding. Centre technical characteristics are known and can change in some limits. All three one-dimensional coordinates of a zone of the centre of influence are described by density of probability of normal distribution:

$$f(x, \sigma) = (C_\sigma / \sqrt{2\pi}\sigma) \exp(-(x - m)^2 / 2\sigma^2), \quad (6)$$

$m = 30$ ed., σ – parameter of influence which can change in some limits. We will accept size of boundary probability $q = 0,00000001$, and space of gathering of the information we will present a cube with the party $X = 100$ ed.. It is required to find values of all parameters of quantization provided that the probability of gathering of the information in specified the cubic space reaches the maximum value.

The problem decision. We are set by some value σ from area of admissible values. From the equation (1) we find value for the least border r of quantum. We define value of size of an edge of quantum under the formula $2(m - r)$ under condition of symmetry of curve density of probability to a population mean. We find probability of hit of a random variable of influence in the field of quantum under the formula $p = \left(\int_r^{2m-r} C_\sigma f(z, \sigma) dz \right)^3$. We substitute the received probability p in expression (4) and we calculate value of the received probability $P_{XYZ}(q, \sigma)$.

Arriving in a similar way for other values σ from a range of possible values, we find values of all set of probabilities $P_{XYZ}(q, \sigma)$. Definitively, we choose from this set of values that value which is maximum. Then we define values of all necessary parameters accompanying the decision of a problem of optimization.

In the conditions of our example (the index 0 at symbols of parameters means an accessory of values of parameters to the optimum decision) it is received for $q = 0,00000001$ $\max_{\sigma} P_{XYZ}(q, \sigma) = P_0 = 0,893$, $\sigma_0 = 8,92 - 8,98$ ed., $r_0 = 4,98$ ed., $C_0 = 1$, $n_0 = 8$,

probability of hit of a random variable of influence in the field of quantum $p_0 = 0,986$, length of an edge of quantum $l = 50,04$ ed..

Check of correctness of the decision of an example was carried out by comparison of the total volume covered n_0 in quanta, with the set volume of quantization.

So, as a result of the problem decision the answer is received: it is necessary to have eight quanta - the centers in the form of a cube, forming cubic structure with two quanta in its any edge, completely covering the set volume of supervision and providing performance of the purpose with the specified probability P_0 .

5. THE EXAMPLE 2

In the conditions of the optimum quantization, considered in an example 1, suppose, that in volume кубичном space with length of edges some product is distributed in the form of a spatial suspension. The quantity of a product in a co-ordinate grid of volume is defined by expression:

$$W(x, y, z) = xyz + \left[\frac{(x-2)^2}{2} + \frac{(y-3)^2}{3} + \frac{(z-4)^2}{4} \right]. \quad (7)$$

According to the results received in an example 1, quantization maximizations accompany following numerical values: influence parameter $\sigma_0 = 8,92 - 8,98 e\partial.$, boundary value of quantum $r_0 = 4,98 e\partial.$, a constant of rationing of density $C_0 = 1$, number of quanta $n_0 = 8$, probability of hit of a random variable in volume of quantum $p_0 = 0,986$, length of an edge of quantum $l_0 = 50,04 e\partial.$, the maximum value of probability of quantization (a covering of volume $X \times Y \times Z$ with the party 100 $e\partial.$) $P_0 = 0,893$.

Using necessary values of some of the resulted parameters, we will define average sizes of the product getting to area of each of eight quanta, and also average total size of a product in the field of quantization.

Let's enter a designation of size of an average product for quantum ijk a symbol D_{ijk} . Indexes i, j, k can accept only values 0 or 1. For example, the size D_{101} needs to be defined from following expression:

$$D_{101} = \int_{2m-r_0}^{4m-3r_0} f_Z(z) \int_{r_0}^{2m-r_0} f_Y(y) \int_{2m-r_0}^{4m-3r_0} W(x, y, z) f_X(x) dx dy dz. \quad (8)$$

All density of probability are identical and equal in the given expression

$$f(x) = \frac{C_0}{\sqrt{2\pi\sigma_0}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_0^2}}.$$

Calculating everything D_{ijk} , we receive following numerical values of an average product:

$$D_{000} = 2,746 \times 10^4; D_{001} = 136,764; D_{010} = 3,395 \times 10^{-3}; D_{011} = 0,681; D_{100} = 136,764; D_{101} = 0,684; D_{110} = 0,681; D_{111} = 3,395 \times 10^{-3}.$$

Total value of an average product is defined as $D = \sum_{i,j,k=0}^{1,1,1} D_{i,j,k}$, and it will be equal $2,787 \times 10^4$. For

check of this value we will calculate D under the formula:

$$D = \int_{r_0}^{4m-3r_0} f_Z(z) \int_{r_0}^{4m-3r_0} f_Y(y) \int_{r_0}^{4m-3r_0} W(x, y, z) f_X(x) dx dy dz = 2,774 \times 10^4. \quad (9)$$

The error of calculation of previous value with value (9) will be equal $\approx 0,5\%$.

6. THE CONCLUSION

Task in view of realization of optimum likelihood quantization in sense of filling in three-dimensional space. The important factors defining existence of the given decision, are use of boundary probability and influence parameter. The example of the decision of a problem of quantization is resulted.

Expression for an indicator of criterion function of quantization – probabilities of a covering quantized volume in space is received. The example of estimation of average quantity of the

product placed in the set volume of quantization, both separate quanta, and full quantized is resulted by volume.

The considered questions of quantization can find various practical appendices in three-dimensional space.

REFERENCES

1. Grishanin B. A. The account of value of the information in the theory of value of the information.//News of AS. The USSR. Technical cybernetics. – 1967, № 2.
2. Andronov A.M., Bokoev T.N. Optimum in sense of filling information quantization.// News of AS. The USSR. Technical cybernetics. – 1979, № 3. – PP. 154-158.
3. Smagin V. A. Optimum quantization of the information.// News of High schools. Instrument making. – 2002, № 5. – PP. 10-14.
4. Smagin V. A. Lavrov R.O. Models optimum in sense of filling of quantization of the syntactic and semantic information.//Works Military-space academy of A.F.Mozhaisk. – 2012, № 636. – PP. 63-70 .

EXPERIMENTAL STUDY OF THE REPAIRS OF HYDROPNEUMATIC PARTS OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS

V. I. Boyadjiev

Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, Bulgaria

e-mail: v.boyadjiev@abv.bg

ABSTRACT

Hydropneumatic part of each complex technical object has its own specifics. It determines the specifics of the repair work on that part. Based on possesses collected information from experimental study about the failures in hydropneumatic part of a typical complex technical subject - machine tool by CNC. Synthesized are conclusions and recommendations for enhancing the effectiveness of using recreational events.

Keywords: operational reliability, complex technical object, machine tool by CNC, hydropneumatic part, repair

1. INTRODUCTION

Each user of complex technical objects explores a system called organized restoration measures. Typically, this system can be improved significantly in a direction of advanced its efficiency [3, 4, 5]. For this purpose it is necessary to obtain information on the reliability behavior of objects in a real operation. Obtaining statistics on refusals is long and costly. Process different approaches are used to gathering information about failures - depending on the goals and opportunities of the search [1].

The accumulated information on failures of objects is a unique feedback to consumers of machinery and manufacturers of the objects [2]. The users have the opportunity to improve operations, as well as working efficiency of the machines. Producers have the opportunity to identify corrective activities to improve the operational reliability of the objects.

The aim of the present study is to search for reserves in the organization of repair work hydropneumatic of the machine and to determine certain measures to improve this organization.

2. METHODOLOGICAL FEATURES

The statistical information needed for reliability behavior of objects can be collected in several major directions.

Using service documentation of repair services is a relatively accessible source of such information. The main advantages of this method are that it is relatively inexpensive and the already available documentation does not require significant time resource. The main disadvantage - limited range of information available on the major directions: conditions of breach of the working capacity, the most likely reason for the failure; duration of the individual components of downtime due to failures, the process that led to the failures.

These shortcomings are largely not presented in the other method of gathering information - monitored operation. Object of study is operated in real conditions. The staff is instructed and in special forms reflects records the information for the failures. The main advantage of this method - comprehensiveness of the information collected. Data are collected both for immediate use and for the elements of renovation work. Main disadvantages are - expensive method, prolonged, distortion of information from the staff.

Another method which substantially eliminates these drawbacks is the method of laboratory studies - in laboratory or production conditions, information is collected for the failures by reliable

specialists in strict compliance with the conditions of exploitation. The main advantage is the high credibility. Main disadvantages are the need for diverting objects from real operation, the need of laboratory conditions, and lack of continuous research.

Besides these basic methods of gathering information about failures there are others - eg the accelerated tests. They are used when dealing with specific problems on the reliability of the objects.

In this study, the preferred method is the one of laboratory studies for the following main reasons:

- This method provides the most reliable information about the failures of the objects, in particular - the organization of restoration measures;
- It gives the opportunity to conduct research under production conditions without the machine removed from production. The requirements of the manufacturer's operating are and in the process of testing the machine does not deviate from the production program;
- The effectiveness of the study is increased by the fact that, simultaneously other studies of reliability behavior of the object conducted.

3. STUDY RESULTS

To obtain results in a form convenient for analysis the accumulated statistics on failures is preliminary processed. This statistical information is been affixed in pre-forms in which the data are plotted for each failure: time of occurrence, time of commencement of the recovery time waiting for repair staff, manifestation of failure, the failure location - subsystem and element.

The processed information is presented in Figures 1, 2 and 3.

In Figures 2 and 3 are plotted on the ordinate the relative frequencies of the timing t_R and $t_{D.F.}$

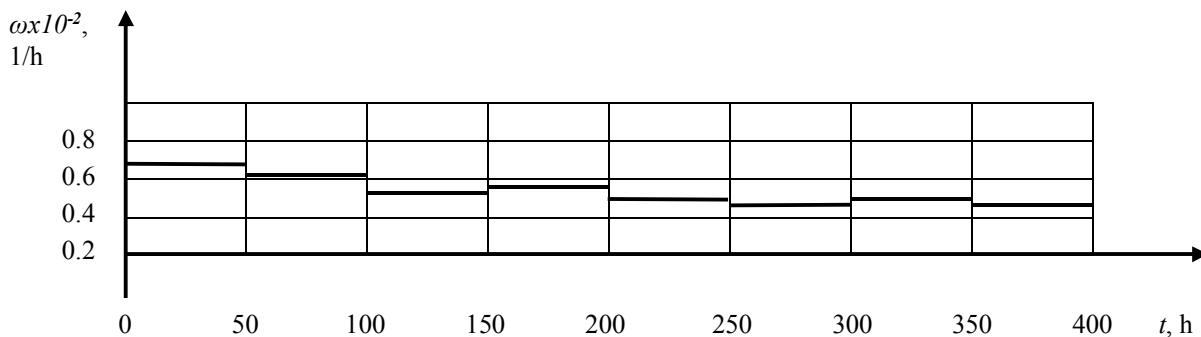


Figure 1. Parameter of flow of failures – ω in the part Hydropneumatic of a complex technical object

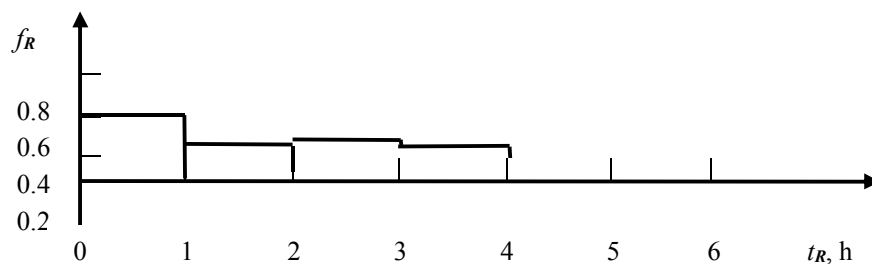


Figure 2. Distribution of the time recovery failures – t_R in the part hydropneumatic of a complex technical object

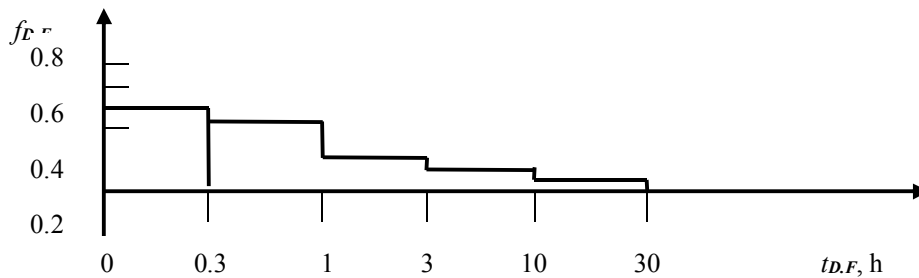


Figure 3. Distribution of the time downtime due to failures – $t_{D,F}$ in the part hydropneumatic of a complex technical object

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Based on the presented results of the study we can point to the following conclusions and recommendations for improving the organization of the restoration measures:

1. As shown in Figure 1 parameter of flow of failures – ω is the failure with relatively uniform distribution. This means that no one or two main factors determine the frequency of occurrence of failures. To increase the mean time between failures (MTBF) there is a necessity of complex activities aimed at the overall organization of repairs, but not its individual elements.

2. In Figure 2 it is shown that there are relatively large periods of time to recover the failure t_R . Make additional analysis shows that the main factors for this are the lack of available spare parts in stock and use of universal tools instead specialized. Available is a substantial margin for increasing the effectiveness of the restoration measures.

3. The shown in Figure 3 downtime because of failures in hydropneumatic part lasts 10 ÷ 30 hours is a sign of considerable reserves for increasing the effectiveness of the restoration measures. This fact is reinforced by registered stays 3 ÷ 10 hours, which are many and relative terms - about 10%. In practice stays of 3 ÷ 10 hours and 10 ÷ 30 hours form many more than half of summary downtime due to failures in hydropneumatic of the machine. The analysis shows that the main reason for this is relatively long periods of waiting for recovery. Because of this main recommendation here is the maintenance of hydropneumatic of the machine to change from external the service, which at the moment of the study performed it, to repair service of the user the it self. The choice of a particular embodiment of this corrective measure is subject for further analysis.

5. CONCLUSION

Within the survey a potential is registered for increasing the effectiveness of the restoration measures of hydropneumatic part of the surveyed machine, respectively - to increase the efficiency of the its exploitation. Apparently serious compromises are made in this direction. Even partial implementation of the above recommendations will make a significant impact.

Finally, the presented approach is applicable also to other complex technical objects different from the machine tool with CNC, since the latter is a typical complex technical object.

REFERENCES

1. IEC 60 300-3-2: 1998; Management reliability. Guide to the application. Section 2: Data collection for reliability in operating conditions
2. IEC 60 812: 1985; Methods for the analysis of fail-safe of systems. Analysis procedure the type of faults and their consequences (FMEA)
3. Mital Anil, Anoop Desai, Anand Subramanian, Aashi Mital (2008); Chapter 8 – Designing for Maintenance; Product Development; Butterworth Heinemann;, Pages 179-239; ISBN: 978-0-7506-8309-8
4. Rommert Dekker (1996); Applications of maintenance optimization models: a review and analysis; Reliability Engineering & System Safety; Volume 51, Issue 3, Pages 229–240; ELSEVIER; ISSN: 0951-8320
5. Sherwin D.J.(1996); A simple general model for echelon overhaul and repair; Reliability Engineering & System Safety; Volume 51, Issue 3, Pages 283–293; ELSEVIER; ISSN: 0951-8320

**SCIENCE AND APPLICATION MEETING
MODERN APPROACHES TO ELECTRIC POWER SYSTEM RELIABILITY SUPPORT**

Syktyvkar, May 22-23, 2013

Organized by

Institute for Social, Economic and Energy Problems of the North, Komi Science Centre of Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences
Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Department for Automated Electrical Systems of Ural Power Engineering Institute, Ural Federal
University
"Komienergo", Branch of Joint Stock Company "MRSK of the Northwest"

RESOLUTION

by Science and Application Meeting

MODERN APPROACHES TO ELECTRIC POWER SYSTEM RELIABILITY SUPPORT

Syktyvkar

22-23 May, 2013

The Meeting was devoted to the 60th Anniversary of the Department of Energy of the Institute of Social, Economic and Energy Problems of the North at the Komi Science Center of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences. The meeting comprised 21 oral presentations and 3 poster presentations (attached); there were 31 actual and 19 distant participants involved, with 16 of them holding Doctor of Science and 12 Candidate of Science Degrees. The participants represented academic organizations, institutions of higher learning, industrial science organizations, and production facilities from the cities of Arkhangelsk, Cheboksary, Haifa (Israel), Irkutsk, Kishinev (Moldova), Moscow, Nizhniy Novgorod, Saint-Petersburg, Seville (Spain), Syktyvkar, Vancouver (Canada), and Yekaterinburg. The Department of Energy team is heartily grateful to all the participants for their actual and distant involvement in the meeting and for their assistance in carrying out the event.

The participants have found it necessary to point out the following.

1. Under the conditions of reforms, for supporting reliability of electric power systems and the United Power System (UPS) of Russia in particular, the following directions are deemed critical:
 - Assessing the power system adequacy in the middle term (from one to seven years) and in the long term (15 years) outlook;
 - Developing the generating supply of the areas within the United Power System of Russia and planning for interconnections between the areas in view of the adequacy level required;
 - Development planning for the transmission network based on the probabilistic analysis of the network reliability and the cost efficiency of power supply to the transmission network nodes;
 - Real-time power system state estimation using synchronized phasor measurements;
 - Utilizing consumers' equipment for global navigation satellite systems GLONASS/GPS in electric power systems;
 - Standardization of intelligent protecting devices and automatics.

2. In 1993–2005, little attention had been given to the issues of power system adequacy assessment in the development of the United Power System of Russia. The reasons for that were related both to the management reorganization of the electric power industry and to the power system redundancy that was caused by a considerable setback in the electric power use. Over the recent years, however, the situation has appeared to be improving. According to the Russian law “*On electric power industry*”, in view of the proposed Technology Regulations for Operating Electric Power Systems², and considering the new edition of the Guides for Power System Design Development³, the System Operator of the United Power System Company (“SO UPS”, JSC) has been assigned with the authority role in assessing the power system adequacy.

The annual issues of the medium-term development documents – “*Schemes and programs for the development of the United Power System of Russia for the next seven years*” and the “*Territorial development programs for the subjects of the Russian Federation for the next five years*” – support the necessity to realize the proposed requirements in carrying out probabilistic assessment of power system adequacy in the areas within the United Power System of Russia. The standard adequacy should be ensured by the UPS System Operator at the level of the United Power System, the Integrated Power System, and within the UPS areas; and at the nodes of the transmission network, the standard adequacy should be realized by the Federal Grid Company of United Energy System (“FGC UES”).

The reports presented at the power system adequacy session have demonstrated that collective efforts are required from the UPS System Operator and the UPS Federal Grid Company, joined by academic institutes, universities, and industrial science organizations, in order to further develop the existing methodical approaches in the following directions:

- Implementation of a model for the design diagram of the United Power System of Russia incorporating up to 120 areas and 250 system-forming interconnections;
- Improvement of methods and software to include process management recording capabilities (e.g., loading variations, primary equipment maintenance schemes, water supply and fuel material availability for hydraulic and thermal power stations, etc.);
- Software development for assessing electric power system adequacy for powering transmission network nodes;
- Theoretical and practical substantiation for power system adequacy indices instrumental for making managerial decisions, including data on practical application of adequacy indices in foreign countries;
- Software development for recording of scheduled and unscheduled outages of primary equipment, for scheduling the energy use for assessment areas and transmission network nodes, etc.;
- User interface development for making assessments of power system adequacy and its integration into the middle-term planning for electric power systems.

3. One which has deserved attention is the North American Electric Reliability Corporation (NERC) that has a valuable experience in annual reliability assessments of the bulk power system

² Approved by the joint session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the problems of reliability and security of large power systems and the Science and Engineering Board at the Non-Profit Partnership “Science and Engineering Council of the United Power System” on the 16th of May, 2011.

³ Developed by the OAO Energosetproekt Institute and approved by Non-Profit Partnership “Science and Engineering Council of the United Power System”, at the Technical Regulation in Electrical Power Engineering section on the 20th of July, 2012.

(BPS) in North America provided for a 10-year reliability outlook. The website of NERC (www.nerc.com) has the reliability assessments presented on display since 1990. The recent assessment conducted in November 2012 reports on the North American BPS reliability for the 10-year period observed from 2013 to 2022. The reserve margin provided for 26 assessment areas of the North American BPS is defined as the difference between the total resource capacity and the system peak demand in the area (measured in MW or as a percent of the system peak demand). The resource capacity in an assessment area equals the one-peak generating capacity available in that area plus the balance of the contractually committed power transfers (both operational and emergency) from the neighboring areas, plus the supply-side load reduction payable in the market. The system peak demand in the assessment area equals the total demand minus the capacity that an operator can reduce in the event of deficiency of resources (by calling back to the customers via mass media, through voltage reductions, using rotating blackouts, and/or by enabling long-term contractual arrangements). In terms of NERC, the power system adequacy corresponds to Capacity Resources Adequacy.

4. Over the recent 25 years, the English-speaking and the Russian-speaking reliability schools of power engineering have to a great extent been developed independently one from the other. Still unavailable are Russian versions of such fundamental books on power system reliability as: Billinton R., Allan R.N. *Reliability Assessment of Large Electric Power Systems*, Boston, Dordrecht, Lancaster, Kluwer academic publishers, 1988. 296 p.; Billinton R., Li W. *Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods*, New York and London, Plenum Press, 1994. 351 p.; Billinton R., Allan R.N. *Reliability Evaluation of Power Systems*, Second Edition, New York and London, Plenum Press, 1996. 509 p.; Li W. *Risk Assessment of Power Systems: Models, Methods and Applications*, IEEE Press, 2005, 325 p.; Li W. *Probabilistic Transmission System Planning*, IEEE Press and Wiley & Sons, 2011. 376 p.

In this regard, it is deemed necessary to seek assistance from the UPS System Operator and the UPS Federal Grid Company in publishing the books by W.Li: *Probabilistic Transmission System Planning (2011)*, and *Risk Assessment of Power Systems: Models, Methods and Applications (2005)*, which have been translated at the Institute of Social, Economic and Energy Problems of the North. The former book in Russian translation can advisably be issued in view of its second revised edition scheduled for 2014.

The report presented by Wenyuan Li at the meeting demonstrated the efficiency of transmission network development planning performed for one of the regional power systems in Canada based on the probabilistic reliability and economic analysis.

5. An urgent issue of improving the monitoring system under the conditions of power system intellectualization can be solved by applying synchronized phasor measurements to power system state estimation. The presentations at the meeting on this issue resulted in the following outcomes:

- To provide efficient security analysis at a high quality level, the corresponding research activities in Russia should be increasingly coordinated in the field of observability analysis methods and synthesis techniques using synchronized phasor measurements in power system state estimation. The Russian UPS System Operator and the UPS Federal Grid Company are envisioned as specific customers interested in the software products to be developed in order to create prototypes having efficient knoware and operational instructions along with skilful software development capabilities for implementing full-fledged applications. An alternative of the UPS System Operator and the UPS Federal Grid Company being oriented to foreign software developments, which also entails

maintenance and upgrading, poses an imminent threat of breaking the national cybersecurity and implies deterioration in domestic power system reliability.

– The presentation reported by the University of Seville from Spain is regarded as a comprehensive overview covering the results obtained in the course of studies in the field of synchrophasor-assisted power system state estimation. The researchers from the University of Seville (Antonio Gómez - Expósito et al.) had participated in the creation of a prototype complex designed for evaluation of the Paneuropean network and its components, with reliability evaluation experiments performed. The presentation demonstrates the efficiency of scientific and practical efforts joined in the course of investigation and probation of the synchronized phasor-assisted methods applied to real objects. Expansion of the contacts between Russian and foreign specialists is deemed beneficial;

– As of today, the poor availability of phasor measurement units for power systems is hindering implementation of all the benefits of PMU-based power system state estimation, and a combined use is therefore employed comprising both traditional and synchronized measurements, which raises strictness of requirements to PMU data validation algorithm. Meanwhile, local estimation is already available for some objects, with bad data detected for noncritical synchronized phasor measurements;

– When applying synchronized phasor measurements to the power systems state estimation and parameter estimation, it is necessary that the systematic errors affecting the estimation results be accounted for, with the sources identified and the set of observed regularities analyzed for such errors;

– Measurement placement reinforcement, which provides topological observability under normal operating conditions, during branch outages and loss of measurements, in view of the observability quality, will considerably reduce the effect of measurement errors on the accuracy of resulted estimations;

– In the challenging conditions of incomplete and inadequate information, modern programs for power system state estimation should allow for the circuit breaker status validation and for determination of the topology of power system network. Research and methodological developments for solving this problem are required, taking into account both the digital substation capabilities and the artificial intelligent techniques available;

– On the basis of Komi power system, a pilot project is advisable to be implemented with the aim of using PMU-based devices of ENIP-3 model developed by ZAO Energoservice Engineering Center (Arkhangelsk), which static and dynamic characteristics are in compliance with the IEEE C 37.118.1 – 2011 Standard; and related applied research can be performed at the Institute of Social, Economic and Energy Problems of the North (Syktyvkar), aimed at utilizing the PMU-based devices in state estimation and parameter estimation of the power systems.

6. Global navigation satellite systems GLONASS/GPS provide widely separated locations of power systems with very accurate time synchronization (100 nanosecond and better) within a common precision time reference. The synchronization systems based on global navigation satellite systems (GNSS) can be found prone to the effect of both deliberate jamming and unintended interference. Noise-immune GNSS equipment providing accurate time synchronization is vitally important for ensuring improved security and high efficiency of power system performances. Solutions offered by Russian specialists are instrumental in providing GNSS customers with the equipment with noise immunity considerably improved.

7. The presentation by V. Gurevich (Israel Electric Corporation) stated that digital protective relays are produced by some tens of large companies in the world, with the lack of standards regulating requirements to their size, internal structure and, partially, software. As a result, relays produced by various companies are not interchangeable, which causes customer dissatisfaction, hinders

competition, hampers improvement in intelligent protecting devices, and causes increased risks of grid blackouts in power systems. Standardization for digital protective relays in their design and software, optimization in the number of functions performed by one module, limited use of free software logic, clearly defined specifications and testing requirements, improved cybersecurity and enhanced stability to deliberate jamming, regulation of reliability evaluations and the basic reliability indices for protective devices, form the important trends in the improved performances of protective intelligent electronic devices.

8. The presentation made by V. Postolati and E. Bykova (the Institute of Power Engineering, the Academy of Sciences of Moldova) illustrates the practicability of compact controllable overhead lines (OHL) to be implemented widely in electricity transmission. Using such lines can reduce power transmission costs by decreasing the ratio of construction capital investments and by utilizing backup equipment more efficiently. Improvement of power system performance and reduction in power loss were demonstrated by example of using compact single-circuit and double-circuit compact 220 kV OHL as compared to 220 kV OHL of conventional design.

APPLICATION

The meeting program

Y.Kucherov (“SO UPS”, JSC, Moscow), *Y.Chukreyev* (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar). The Development of Power System Adequacy Assessment Methods for Russian UPS in the Medium Term

N.Belyaev, A.Egorov, V.Chudniy, («STC UPS», JSC, Saint-Petersburg). Development for the Future Planning of the Power for Computational Models of Russian UPS

I.Medvedev, V.Futjanov. (“Komienergo”, Syktyvkar). The Ensuring of the Reliability of Electric Power Supply for Consumers in the Komi Republic by “Komienergo”

N.Manov (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar). Long-Term Reliability Assessments of North Americas Bulk Power System by NERC

W.Li (BC Hydro, Canada). Probabilistic Reliability and Economic Analysis in Transmission Planning (N.Manov presented the report in Russian)

V. Oboskalov (Ural Federal University, Yekaterinburg). Filled Demand Algorithm for Power System Resource Adequacy Determination

M.Chukreyev. (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar). Power Systems Adequacy Assessment with Usage Computation Software for UPS of Russia

V.Gurevich (Israel Electric Corporation, Haifa, Israel). Actual Problems of Standardization for Digital Protective Relays (the video report in Russian)

A.Mokeev. (“Engineering Centre “Energoservice”, Arkhangelsk). Development, Testing and Introduction Features of Phasor Measurement Units

G.Nudelman, A.Oganesian, P.Golovin (VNIIR, Cheboksary). The Utilizing of Consumers Equipment for Global Navigation Satellite Systems GLONASS/GPS in Power Systems. Problems and Decision Ways (M.Uspensky presented the report)

A. Gómez-Expósito, A. de la Villa Jaén, C. Gómez-Quiles (University of Seville, Spain). Synchrophasor-Assisted Power System State Estimation (the video report in English, the translation into Russian was presented by M.Khokhlov)

I.Golub (ESI SB RAS, Irkutsk). PMU-Based Analysis and Synthesis of Power System Observability

I.Kolosok, E. Buchinsky (ESI SB RAS, Irkutsk). Algorithms for Linear State Estimation of Electric Power Systems by the Test Equation Method Using Synchronized Phasor Measurements

I.Kolosok, E.Korkina, A.Paltsev (ESI SB RAS, Irkutsk). Decomposition of Power System State Estimation Problem Using WAMS Measurements

- A.Glazunova (ESI SB RAS, Irkutsk)*. Studies on the Properties of Measurement Information to Accelerate Dynamic State Estimation of Power Systems (I.Kolosok presented the report)
- E.Korkina (ESI SB RAS, Irkutsk)*. Impact of Instrument Transformer Errors on Synchronized Phasor Measurements
- M.Khokhlov (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar)*. Identifiability of Errors in the Synchronized Phasor Measurements
- G.Shumilova, N.Gotman, T.Startseva (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar)*. Approaches to the Electrical Network Topology Verification based on Artificial Intelligence Technology
- M.Uspensky (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar), S. Smirnov (Komi RDU, Syktyvkar), Y. Zarubin (Syktyvkar)*. Research of Power System Restoration Algorithm after Blackout by Imitating Modelling
- G.Shumilova, N.Gotman, T.Startseva (ISE&EPN KSC RAS, Syktyvkar)*. Search of the Interrelation Between Probability of Unsecurity State and Distance from Dynamic Security Boundary for Regional Power System
- V.Postolatiy, E.Bykova (IPE ASM, Republic of Moldova, Chishinev)*. New Technical Decisions in Construction of Electric Transmission Lines 110, 220 kV with High Capacity and Reliability (N.Manov presented the report)

Poster papers

- B.Papkov, M.Sharygin (State Technical University, Nizhny Novgorod)*. Development of Aggregative Modeling Methods for Production System in Estimation of Power Failure Consequences
- V.Vukolov, B.Papkov (State Technical University, Nizhny Novgorod)*. Reliability Improvement for the Distribution Electrical Network
- V.Zorkaltsev (ESI SB RAS, Irkutsk)*. Long-Year Temperature Changes Investigations in the Context of Heat Supply Reliability

The accepted abbreviations:

ESJ SB RAS - Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
"FGC UES", JSC - "Federal Grid Company of the United Energy System", Joint Stock Company
ISE&EPN KSC RAS - Institute for Social, Economic and Energy Problems of the North, Komi Science Center of Ural Division of the Russian Academy of Sciences
"MRSK of the Northwest", JSC - "Interregional Distribution Grid Company of the Northwest", Joint Stock Company
"SO UPS", JSC - "System operator of the United Power System", Joint Stock Company
"STC UPS", JSC - "Scientific and Technical Centre of the United Power System", Joint Stock Company
VNIIR - the All-Russian Scientific Research Institute of Relay Construction

ISSN 1932-2321