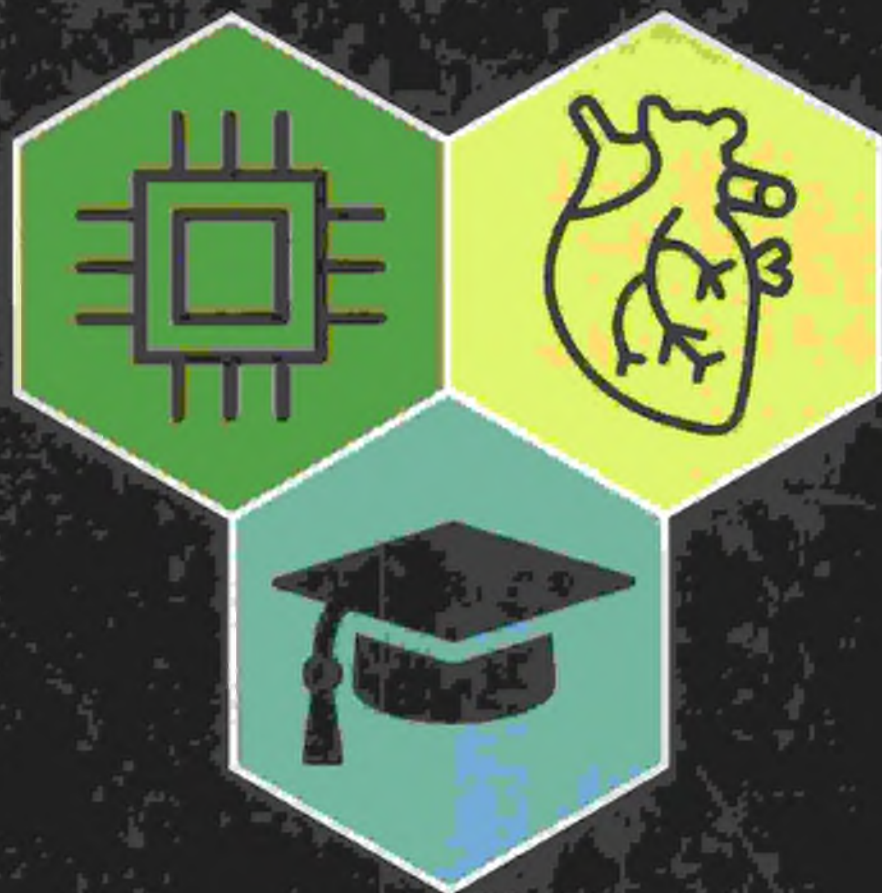


62
К 782
1011075

Г.Я. Красников, Е.С. Горнев,
И.В. Матюшкин

Общая теория технологий и микроэлектроника



Г.Я. Красников, Е.С. Горнев, И.В. Матюшкин

Общая теория технологий и микроэлектроника

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2020



*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 20-17-00013, не подлежит продаже*

УДК 001.5 + 621.3

ББК 32.844.1

К78

К78 Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В.

Общая теория технологий и микроэлектроника

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 434 с. ISBN 978-5-94836-611-1

В книге дается анализ общей теории технологий (ОТТ), ее предьстории и предпосылок возникновения, трудов предшественников с позиций промышленных технологий микроэлектроники, являющихся как наукой, так и системой практической деятельности по организации и управлению процессами полного цикла создания интегральных микросхем с целью минимизации совокупных затрат при максимально возможном полезном эффекте. Книга рассчитана на широкий круг читателей, склонных к теоретическим обобщениям. В первую очередь она адресована исследователям в области теории систем и системной инженерии, будет полезна философам и историкам, занимающимся проблемами техники, технологии и научно-технического прогресса, а также биохимикам, физиологам, медикам, разработчикам методов геномной инженерии, преподавателям – всем, кто способен использовать технологический подход и ОТТ в переосмыслении собственной предметной области.

УДК 001.5 + 621.3

ББК 32.844.1

© Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В., 2020

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2020

Издательство благодарит А.А. Плотникову за помощь в оформлении обложки

ISBN 978-5-94836-611-1

Содержание

Обращение к читателю	6
Введение	7
Глава I. Предыстория и статус общей теории технологий	13
Место ОТТ в рамках общей теории систем	13
«Кибернетическое» направление работ по технологии	15
Технология по Станиславу Лему	17
Естественные технологии академика Уголева	18
ОТТ по В.Н. Романенко и Г.В. Никитиной	20
«Социально-историческое» направление работ по технологии	24
Технология и Мегамашина по Л. Мамфорду	27
Технологии по Д. Сахалу	29
Уровни и аспекты описания технологии	30
Краткий очерк развития технологий в истории человечества	36
Древность	37
Античность	43
Средние века	45
Новое время	49
Новейшее время	52
Роль микро- и нанoeлектроники в формировании современной цивилизации и культуры	54
Выводы к главе I	58
Глава II. Философские и методологические вопросы общей теории технологий	60
Взаимосвязь ОТТ с философией техники. Философия технологии	60
Связь демографического и технологического императивов	62
Представление о Великой Триаде	64
Тезисы авторского варианта ОТТ. Их связь с взглядами Платона и Аристотеля	66
Тезис дескриптивности: абстракция технологии применима к любой технологии, проявленной в реальности (технической, живой или социальной)	66
Тезис иерархичности: технология является сложной системой, требующей многоуровневого и многоаспектного описания	69
Тезис эмерджентности: каждый уровень описания технологии порождает специфичные для него понятия	72
Тезис перечислимости: все технологии могут быть каталогизированы	73
Тезис автономности: ОТТ не влияет на технологии	73
Априорный характер основных понятий ОТТ. Поясняющие примеры	74
Средства формализации. Теория родов структур	78
Классификационные признаки технологий	80
К вопросу о каталогизации технологий в различных сферах	89

Каталог искусственных технологий.....	90
Каталог естественных технологий	92
Каталог социальных технологий.....	95
Обоснования применения ОТТ в биологии. Специфика технологий в различных сферах применения	95
Выводы к главе II	99
Глава III. Уровень технологической операции	100
Существующие подходы к описанию. Идея преобразования.....	101
Тезис двойственности. Компонентно-временная структура технологической операции.....	107
Существующие подходы к формализации. Формальная схема технологической операции	110
Классификация технологических операций	115
Специфика контрольно-измерительных и профилактических ТО	116
Технологические операции в непрерывных технологиях и парадигма технологического потока.....	120
Общая классификация ТО и ее приложение для микроэлектроники	124
Эволюция ТО микроэлектроники на некоторых примерах.....	127
Диалектика развития технологических операций и маршрутов.....	135
Выводы к главе III.....	138
Глава IV. Уровень технологического маршрута	140
Существующие подходы к концептуализации ТМ	141
Многообразные примеры ТМ в различных областях.....	148
Поточные линии в пищевой промышленности (по Панфилову В.А. и др.)	154
Биотехнология: инсулин	159
Дефиниция и концептуальная схема ТМ	161
Изделия и технологические маршруты микроэлектроники	168
Общая характеристика ТМ микроэлектроники.....	168
Технэ микроэлектроники	177
Взаимосвязь структуры изделия и ТМ изготовления.....	191
Представление сборочных изделий упорядоченными множествами	192
Аппарат теории нормальных алгоритмов и его семантика в технологии.....	193
Мера сложности изделия и ТМ его изготовления.....	201
Вопросы качества продукции и теории надежности. Приложения в микроэлектронике	205
Общие понятия дефекта и дефектности	205
Модели выхода годных изделий.....	210
Проведение испытаний для изделий и феноменология надежности.....	215
Существующие подходы в теории надежности	220
Физико-статистический подход и его связь с энтропией	231
Еще раз о диалектике эволюций ТО и ТМ.....	238
Выводы к главе IV	241

Глава V. Уровень производственного процесса	243
Соотношение между производственным и технологическим процессом.....	244
Технологический процесс как расписание.....	248
Технэ уровня ПП и количественные показатели ТП.....	251
Гомеостаз и адаптивность в естественных технологиях.....	254
Адаптивность промышленной технологии.....	261
Производственный процесс микроэлектроники.....	266
Концептуальная схема ТП.....	275
Стадии развития ТП и ПП для микроэлектроники.....	280
Система качества в микроэлектронике.....	286
Общее представление о системе качества.....	287
Обеспечение качества материалов и ультрачистой воды.....	289
Обеспечение качества технологической среды в чистых комнатах.....	294
Обеспечение качества окружающей среды и вопросы экологии.....	298
Выводы к главе V.....	300
Глава VI. Уровень технологии	302
Зарождение технологии.....	303
Зарождение микроэлектроники.....	306
Развитие технологии.....	317
Закономерности зрелого периода развития микроэлектроники.....	318
Первый закон Мура.....	324
Второй закон Мура.....	333
Современное состояние микроэлектроники.....	336
Закат технологии.....	346
Трансфер и диффузия технологий.....	346
Концептуальная схема уровня технологии.....	350
Выводы к главе VI.....	353
Глава VII. Высшие уровни описания: сумма технологий и пантехнология	355
Два краеугольных камня уровня СТ: межотраслевой баланс и гиперцикл.....	356
Гиперциклическая модель научно-технического прогресса.....	362
Происхождение обобщенного закона Мура. Примеры систем технологий.....	372
О принципиальной неполноте ОТТ в описании реальности.....	378
Выводы к главе VII.....	382
Заключение	384
Приложение 1. Становление и развитие производственного процесса на заводе «Микрон» при НИИ молекулярной электроники	386
Приложение 2. Анализ плотности распределения изделий в фазовом пространстве для простейших моделей деградации	401
Список литературы	412
Список сокращений	431

Список литературы

1. Матюшкин И.В. Математическое моделирование технологических процессов на примере автоэпитаксии кремния: дис. – диссертация на соиск. уч. степени канд. физ.-мат. наук по спец. 05.13.18. – Долгопрудный, 2000. – 107 с.
2. Матюшкин И.В., Кузьмин С.Н. Применение нормальных алгоритмов Маркова для описания технологических процессов микроэлектроники // Моделирование процессов управления и обработки информации. Сб. научных трудов. – Долгопрудный: МФТИ, 1998. – С. 90–94.
3. Матюшкин И.В. К вопросу формализации научно-технического прогресса // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2000. – № 20. – С. 282–291. <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-formalizatsii-nauchno-tehnicheskogo-progressa-na-primere-mikroelektroniki>
4. Матюшкин И.В. Концептуализация понятия технологии // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2000. – № 54. – С. 786–797. <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualizatsiya-ponyatiya-tehnologii>
5. Горнев Е.С. Промышленная субмикронная технология СБИС: дис. – диссертация на соиск. уч. степени канд. тех. наук по спец. 05.27.01. – М., 1998. – 81 с.
6. Горнев Е.С. Разработка и внедрение промышленной субмикронной технологии СБИС: дис. – диссертация на соиск. уч. степени док. тех. наук по спец.: 05.27.01. – М., 2000. – 487 с.
7. Романенко В.Н. Принципы общей теории технологий. – Изд. СПбГАСУ, 1994. – 52 с. <http://moikariver.ru/oglavlenie>
8. Романенко В.Н., Никитина Г.В. Общие технологии. – СПб: Изд. ИВЭСЭП, 2011. – 277 с.
9. Егоров Б.В., Косолапов А.А., Ткаченко О.Б. и др. Инновационные подходы к развитию техники и технологий. В 2 кн.: монография. – Одесса: Изд. Куприенко С.В., 2015. – 171 с.
10. Иукурдидзе Э.Ж., Егоров Б.В., Ткаченко О.Б. Современные представления о развитии технологии вина как науки // Инновационные подходы к развитию техники и технологий. В 2 кн.: монография. – Одесса: Изд. Куприенко С.В., 2015. – Гл. 4. – С. 61–75.
11. Лем С. Сумма технологии // Собр. соч. – Т. 13. – М.: Текст, 1996. – 436 с.
12. Уголев А.М. Естественные технологии биологических систем. – Л.: Наука, 1987. – 317 с.
13. Крылов С.М. Формально-технологические модели в общей теории систем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2003. – Т. 5. – № 1. – С. 83–90.
14. Krylov S.M. Formal technology and cognitive processes // International Journal of General Systems. – 1996. – Т. 24. – № 3. – С. 233–243.
15. Крылов С.М. Теория и методы разработки многофункциональных программируемых технологических систем на основе формально-технологического анализа // диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по спец. 05.13.01. – Самара, 2005. – 451 с.
16. Крылов С.М. Математические основы научной метафизики // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. физ.-мат. науки. – 2012. – № 1 (26). – С. 233–242.

17. Андреев Д.А. Способы формализованного описания технологий: попытка обзора // Труды ППИ. Сер. Машиностроение. Электротехника. — 2011. — № 15.3. — С. 291–297.
18. Андреев Д.А. Моделирование темпоральных отношений в онтологиях технологических действий // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. — 2013. — № 3 (299). — С. 40–49.
19. Андреев Д.А. Модели, алгоритмы и показатели качества формализованного описания и анализа технологий производства продукции, автореф. Дисс. на соиск. Уч. степ. к.т.н. по спец. 05.13.01. — Псков, 2016. — 20 с.
20. Булатов Г.Я. Введение в общую теорию технологий (на примере строительства): Учебное пособие. — СПб: Изд-во СПбГТУ, 2002. — 174 с.
21. Чистяков Ю.Д., Райнов Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники. — М.: Металлургия, 1979. — 408 с.
22. Трипольский Р.И. Прологомены к общей теории университета // Вестник МГТУ. — 2014. — Т. 17. — № 4. — С. 790–796 с.
23. Современные образовательные технологии: учебное пособие / Автор-составитель М.Ю. Олешков. — Нижний Тагил: НТГСПА, 2011. — 144 с.
24. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология — М: Высшая школа, 1990. — 520 с.
25. Глазов Г.А. Разработка технологических процессов: учеб. Пособие. — Л.: ЛИТМО, 1985. — 84 с.
26. Соболев С.Ф. Электронный учебник по дисциплине: «Технология приборостроения». http://de.ifmo.ru/bk_netra/select.php
27. Панфилов В.А. Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). — М.: Колос, 1993. — 288 с.
28. Основы общей теории технологий [конспект лекций]. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. edu.vgasu.vrn.ru
29. Экономические основы технологического развития / Сост. Е.П. Никифорова. — Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. <http://www.studfiles.ru/preview/1971379/>
30. Холоша В.И. Теория технических систем (конспект лекций). — Днепрпетровск: Национальный горный университет Украины, 2014. — 104 с.
31. Теория технических систем: конспект лекций / Сос. В.В. Дубинский, А.С. Игнатьев. — Сумы: Сумский государственный университет, 2015. — 48 с.
32. Хубка В. Теория технических систем. — М: Мир, 1987. — 208 с.
33. Кириллов Н.П. Концептуальные модели технических систем с управляемыми состояниями: обзор и анализ // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2011. — № 4. — С. 81–91.
34. Дворников Л.Т. Основы всеобщей (универсальной) классификации механизмов // Теория Механизмов и Машин. — 2011. — Т. 9. — № 2.
35. Чайковский Ю.В. Диатропика, эволюция и систематика. К юбилею С.В. Мейена. — М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2010. — 407 с.
36. Мамфорд Л. Миф машины: техника и развитие человечества / Пер. с англ. Азаркович Т., Скуратов Б. (1 глава). — М: Логос, 2004. — 284 с.
37. Карр Н. Великий переход: что готовит революция облачных технологий. — М: Манн, Иванов и Фербер, 2013. — 272 с.
38. Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 184 с.

39. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. – М.: Эксмо, 2007. – 864 с.
40. Brown M. On the Theory and Measurement of Technological Change, Cambridge University Press. – London, 1966. – 214 p.
41. Murray B., de Cani J.S. A Measure of Technological Employment // The Review of Economics and Statistics. – 1963. – Vol. 45. – No. 4. – P. 386–394.
42. Solow R.M. We'd better watch out // The New York Times, Section: Book Review. – 12 July 1987. – P. 36.
43. Arya I.C. On measuring technological change in cement industry in India // Artha Vijnana. – 1981. – Vol. '43 (2). – P. 167–175.
44. Meijer H. On the diffusion of technologies in a vintage framework // Unpublished Ph. D. dissertation. – University of Maastricht, 1994. – 335 p.
45. van Dijk M.F. Technological change and the dynamics of industries: Theoretical issues and empirical evidence from Dutch manufacturing : Ph. D. dissertation. – Maastricht university, 2000. – 207 p.
46. Normaler Z.O. Technological Change, International Trade, and Growth: an evolutionary Multi-agents-based modeling Approach, Ph. D. dissertation. – Universiteit Maastricht, 2006. – 351 p.
47. Jantsch E. Technological forecasting in perspective: A framework for technological forecasting, its technique and organization: a description of activities and an annotated bibliography. – Organisation for Economic Co-operation and Development, 1967. – 399 p.
48. Benoit G. Technological Change: What do Technology and Change stand for? // Project on the Intellectual History of Innovation Working Paper. – 2015. – No. 24. – P. 53.
49. Wilson Ch., Grubler A. Lessons from the history of technology and global change for the emerging clean technology cluster // Background Paper, World Economic and Social Survey, 2011. – P. 43
50. Leibbrandt J.G. Payment Systems and Network Effects: Adoption, Harmonization and Succession of Network Technologies in a Multi-country World / PhD, Universiteit Maastricht, 2004. – 252 p.
51. Bresnahan T.F., Trajtenberg M. General purpose technologies 'Engines of growth'? // Journal of Econometrics. – 1995. – No. 65. – P. 83–108.
52. Jovanovic B., Rousseau P. L. General Purpose Technologies // Handbook of Economic Growth. – 2005. – Volume 1B. – P. 1182–1224.
53. Markus M.L., Robey D. Information technology and organizational change: causal structure in theory and research // Management science. – 1988. – Vol. 34. No. 5. – P. 583–598.
54. Глазьев С.Ю., Львов Д.С., Фетисов Г.Г. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования. – М.: Наука, 1992. – 207 с.
55. Бовин А.А., Чередникова Л.Е., Якимович В.А. Управление инновациями в организации: учеб. пособие по специальности «Менеджмент организации». 3-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2009. – 415 с.
56. Кричевский С.В. Эволюция технологий, «Зеленое» развитие и основания общей теории технологий // Философия и космология. – 2015. – Т. 14. – № 1. – С. 120–139.
57. Миронов А.В. Философия науки, техники и технологий. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 272 с.
58. Статья на сайте методологов. <https://metodolog.ru/node/826>

59. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2 т. – Л.: Машиностроение. – 1985. – Т. 1. – 405 с.
60. Происхождение вещей: из истории культуры человечества / Ю. Липс; пер. В.М. Бахт. – Смоленск: Русич, 2001. – 512 с.
61. Локтев В. Опыт прошлого: самые древние изобретения. Статья на сайте <http://glavkonstruktor.ru/news/opyt-proshlogo-samye-drevnie-izobreteniya>
62. Гончаров Н.П. Доместикация растений // Вавилонский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4/2. – С. 884–899.
63. Даймонд Д. Ружья, микробы и сталь. Судьбы человеческих обществ.
64. Черных Е.Н. Металл – человек – время. – М.: Наука, 1972. – 208 с. <https://topwar.ru/98958-nastoyaschiy-mednyy-vek-ili-ot-staroy-paradigmy-k-novoy-chast-3.html>
65. Рындина Н.В. Древнейшее металлообрабатывающее производство юго-восточной Европы (истоки и развитие в неолите – энеолите), автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. ист. наук. – М: МГУ, 1993.
66. Цыганова Т.Б. Технология хлебопекарного производства: учеб. пособие. – М.: ПрофОбрИздат, 2002. – 432 с.
67. История педагогики и образования: от зарождения воспитания в первобытном обществе до конца XX в.: учеб. пособие для педагогических учебных заведений / Под ред. А.И. Пискунова. – М., 2001.
68. Краткая история стеклоделия // Сайт «Наука и техника». <https://naukatehnika.com/kratkaya-istoriya-steklodeliya.html>
69. Водяная мельница – принцип работы, устройство, история, фото // Сайт «Самые красивые дома». <https://ru.beautiful-houses.net/2010/08/vodjanye-melnicy-foto.html>
70. Немировский Е. Изобретение Иоганна Гутенберга. Из истории книгопечатания. Технические аспекты. М.: Наука, 2000. – 658 с.
71. Неелов В.И. Ткачество: от плетельных рам до многозевных машин. – М.: Легпром-бытиздат, 1986. – 176 с.
72. Уатт и паровой двигатель // Сайт «What This». https://www.what-this.ru/scientists/steam_engine.php
73. Большой энциклопедический политехнический словарь (БСЭ), 2004.
74. Некоторые события из истории микроэлектроники // Александр Анатольевич Васенков / Под ред. Б.М. Малашевича. Сер. Созидатели отечественной электроники. – М.: Техносфера, 2010. http://www.computer-museum.ru/books/vasenkov/vasenkov_3-1.htm
75. Любимов Б. Отставание и зависимость России в компьютерной элементной базе // статья на портале информационного агентства «Красная весна». 16.09.2016; газета «Суть времени». – № 195. <http://rossaprimavera.ru/issue/195>
76. Горохов В.Г. Основы философии техники и технических наук. – М.: Гардарики, 2007.
77. Аль-Ани Н.М. Философия техники: очерки истории и теории: учеб. пособие. – СПб, 2004. – 184 с.
78. Brian Arthur W. The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves. – NY: FreePress, 2009. – 256 p.
79. Brian Arthur's Nature of Technology. <https://www.youtube.com/watch?v=kkbnk9Z39Og>
80. Ulhøi J.P., Gattiker U.E. The Nature of Technological Paradigms: A Conceptual Framework, in The Technology Management Handbook, CRC Press // IEEE Press, New York, 1999. – P. 7-87–7-93.

81. Dosi G., Nelson R.R. The Evolution Of Technologies: An Assessment Of The State-Of-The-Art // *Eurasian Business Review*. – 2013. – No. 1. – P. 3–46.
82. Peine A. Technological Paradigms Revisited – How They Contribute to the Understanding of Open Systems of Technology, 2006. – P. 1–27.
83. Mandel G. N. History Lessons for a General Theory of Law and Technology // *Minn. J. of Law, Sci. & Tech.* – 2007. – P. 551.
84. Feenberg A. Transforming technology: A critical theory revisited. – Oxford University Press, 2002. – 217 p.
85. Olsen J.K.B., Pedersen S.A., Hendricks V.F. A Companion to the Philosophy of Technology. – John Wiley & Sons, 2012. – 65 p.
86. Francis R. D., *The Technological Imperative in Canada: An Intellectual History*, Toronto: UBC Press, 2009, – 357 С.
87. Ozbekhan H. The Triumph of Technology: can Implies ought. – System Development Corporation, 1967. – P. 83– 93.
88. Vernor V. The Coming Technological Singularity // *VISION-21 Symposium*. – March 30–31, 1993. <http://old.computerra.ru/think/205650/>
89. Сингулярность. Образы «постчеловечества». Сб. под ред. К. Фрумкин. – М.: ТД Алгоритм, 2016. – 320 с.
90. Heilbroner, Robert L. Technological Determinism Revisited / *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*. Ed. by Merritt Roe Smith and Leo Marx. – The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1994. – P. 67–78.
91. Матрица. Избранные диалоги и монологи. 3. Нео и Советник Хаманн. <https://bigstonedragon.livejournal.com/1116846.html>
92. Капица С.П. Очерк теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество. – М.: Никитский клуб, 2008. – Вып. 33. – 71 с.
93. Акаев А.А., Садовничий В.А. Глобальные демографические модели как основа для стратегического прогноза // *Проекты и риски будущего: Концепции, модели, инструменты, прогнозы*. – КРАСАНД М, 2011. – С. 17–44.
94. Подлазов А.В. Технологический императив как основа теории глобального демографического процесса // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*. – 2015. – № 92. – 32 с. <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-92>
95. Горохов В.Г. Петр Климентьевич Энгельмейер. Инженер-механик и философ техники. 1855–1941. – М.: Наука, 1997. – 223 с
96. Белоусов А. «Пропаганда» Жака Эллюля / Пер. фрагментов «Внешние признаки пропаганды», «Индивид и массы» // *Свободная мысль*. – 2010. – № 4 (1611). – С. 167–182.
97. Эллюль Ж. Триумф абсурда / Глава из книги «Технологический блеф», Это человек. Антология. – М.: Высшая школа, 1995. – С. 265–294. Н. Фоминой. – М.: АСТ: CORPUS, 2013. – 512 с. <http://groh.ru/gro/dawkins/dawkins.html>
98. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. – М.: Мир, 1966. – 352 с.
99. Баранчик Ю.В. Статья «гилеморфизм» / *История философии. Энциклопедия / Сост. Грицанов А.А.* – Минск: Интерпрессервис; Книжный Дом, 2002. – 1376 с.
100. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? – М.: РИМИС, 2009. – 176 с.
101. Красников Г.Я., Гушин О.П., Матюшкин И.В., Морозов А.Д. Концептуализация проблемного поля современной литографии при переходе к проектным нормам 45–22 нм // *Наноинженерия*. – 2014. № 12 (42). – С. 8–19.

102. Розенталь Р.М. Обманчивая простота причин и следствий // Поволжский вестник качества. – 2009. – № 1.
103. Никаноров С.П. Задачник по концептуальному мышлению. – М: Концепт, 1999. – 61 с.
104. Никаноров С.П., Никитина Н.К., Теслинов А.Г. Введение в концептуальное проектирование АСУ: анализ и синтез структур, 2-е изд. –2007. – 276 с.
105. Иванов А.Ю., Никаноров С.П., Гараева Ю.Р. Справочник по теоретико-системным конструктам. – М.: Концепт, 2008, – 314 с.
106. Пономарев И.Н. Введение в математическую логику и роды структур. М.: МФТИ, 2007. – 244 с.
107. Ивановский И.В., Клепов Ю.В. Разнообразие кооперационных отношений в теории систем процессов с ролями // Сб. тезисов докладов и сообщений научной конференции «Освоение и концептуальное проектирование интеллектуальных систем». – М.: ЦНИИЭУС Госстроя СССР. 1990. – Ч. 1. – С. 102–105.
108. Воеводин Вл.В. Кодизайн суперкомпьютерных центров // Материалы международной конференции ПАВТ-2017. – Казань, 03–07 апреля 2017, презентация. <http://omega.sp.susu.ru/PaVT2017/talks/Voevodin.pdf>
109. Докинз Р. Эгоистичный ген / Пер. с англ. карты. <http://www.drau.ru/meta/index.html>
110. Черникова И.В. Когнитивные науки и когнитивные технологии в зеркале философской рефлексии // *Epistemology & Philosophy of Science*. – 2011. – № 1. С. 101–116.
111. Документационное обеспечение управления. Документооборот и делопроизводство: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / И.Н. Кузнецов. Сер. Бакалавр. Прикладной курс. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 461 с.
112. Красников Г.Я., Горнев Е.С. Развитие полупроводниковой микроэлектроники ОАО «НИИМЭ и Микрон» // Сб.: История отечественной электроники. В 2 т. – М., 2012. – С. 539–563.
113. Классификатор GIC. на сайте Университета Нового Мехико. <http://www.unm.edu/~maj/Security%20Analysis/GICS.pdf>
114. Неофициальный справочник. Метаболические карты. <http://www.drau.ru/meta/index.html>
115. Объединенная сеть важнейших и наиболее общих биохимических реакций («ядро метаболизма»). http://dytiscience.narod.ru/Chemistry/Biochemical_network_quality-4.jpg
116. Лекция «Философия экзистенциализма». https://zinref.ru/000_uchebniki/01200_filosofia/001_lekcii_filosofia_09/326.htm
117. Терешкун О.Ф. Антропологическое осмысление техники (Э. Капп и П. Флоренский) // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 9 (25). – С. 46–53.
118. Горохов В.Г. Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения): монография. – М.: Логос, 2012. – 512 с.
119. Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. Общая теория технологии и микроэлектроника. Ч. 2. Вопросы метода и классификации // *Электронная техника. Сер. 3: Микроэлектроника*. – 2017. – № 4 (168). – С. 16–41.
120. Черкасов Г.Н. Научная организация труда: цели, содержание, методы. – М.: Профиздат, 1967.

121. Богданов В.Д., Дacun В.М., Ефимова М.В. Общие принципы переработки сырья и введение в технологии производства продуктов питания: учебное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2007. – 213 с.
122. Музей электронных раритетов. <http://www.1551a3.ru/k155.htm>
123. Межгосударственный стандарт ГОСТ 3.1109-82. – М.: Стандартинформ, 2012.
124. Руководство пользователя SprutCAM 11. Режим доступа: https://www.sprut.ru/files/SprutCAM11/documentation/index.html?html__277.htm (дата обращения: 30.07.2018).
125. Национальный стандарт Р. ГОСТ Р 56662-2015 / ISO / TS80004-8: 2013. Нанотехнологии: Ч. 8: Процессы нанотехнологического производства. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2016. – С. 35.
126. Симонов Б.М., Заводян А.В. Технологические основы микроэлектроники / Под ред. С.П. Тимошенкова: учебное пособие в 2 ч.: Ч. 1. – М.: МИЭТ, 2008. – 160 с.; Ч. 2 – М.: МИЭТ, 2009. – 156 с.
127. Karttunen J., Kiihamaki J., Franssila S. Loading effects in deep silicon etching // Proceedings of SPIE. – 2000. – Vol. 4174. – P. 90–97.
128. Turchin V.F. The Cybernetic Ontology of Actions // Kybernetes. – 1993. – Vol. 22. – No. 2. – P. 10–30.
129. Найханова Л.В. Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 244 с.
130. Андреев Д.А., Воронов М.В. Метод построения онтологии технологических действий // Вестник СГТУ. – 2012. – № 1 (67). – С. 160–168. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-postroeniya-ontologii-tehnologicheskikh-deystviy> (дата обращения: 15.05.2018).
131. Долгий Н.А. Операторная модель поточной линии производства консервов из обжаренной рыбы // Известия КГТУ. – 2012. – № 27. – С. 69–73.
132. Денисов А.В., Коноплева И.А., Хохлова О.Д. Информационные технологии: эл. книга / Национальный Открытый университет «ИНТУИТ». Режим доступа: https://www.intuit.ru/goods_store/ebooks/9967 (дата обращения: 30.07.2018).
133. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 98 с.
134. Хотяшов Э.Н. Проектирование машинной обработки экономической информации: учебник. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 248 с.
135. Лазарев В.Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности: учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 196 с.
136. Kales P. Reliability: For Technology, Engineering, and Management. – Prentice Hall, 1998. – 392 p.
137. Ефимов А. Потоковый анализ технологических операций. Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/01463/01463.html> (дата обращения: 15.05.2018).
138. Марка Д.А., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования SADT. – М.: Мета-Технология, 1993. – 231 с.
139. Руководство по IDEF. Режим доступа: <http://www.staratel.com/iso/IDEF/IDEF3/Idef3.pdf> (дата обращения: 30.07.2018).
140. Ляпунов А.А. R-множества // Тр. МИАН СССР. – 1953. – Т. 40. – С. 3–68.
141. Ляпунов А.А. О логических схемах программ / 3-й Всесоюзный съезд математиков, Москва, июнь – июль 1956: труды. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1956. – Т. 1: Секционные доклады. – С. 193–195.

142. Марков А.А. Теория алгорифмов. — М.-Л.: изд-во АН СССР. 1954. — 376 с.
143. Поднебесова Г.Б. Теория алгоритмов: практикум. — Челябинск: Изд-во Южно-урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2017. — 91 с.
144. Быков В.А. Кластерное оборудование для создания и исследования элементов наноэлектроники // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2011. — № 4. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasterное-oborudovanie-dlya-sozdaniya-i-issledovaniya-elementov-nanoelektroniki> (дата обращения: 04.07.2018).
145. Бочаров А.В. Метрология как наука о точности информационных измерений // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. — 1999. — Вып. 1 (153). — С. 73–82.
146. Kuhn M., Zhou Y., Johnson K. Opportunities and Challenges for Lab-based Hybrid Metrology for Emerging Technologies // Frontiers of characterization and metrology of nanoelectronics. — March 21–23, 2017, California, Monterey. — P. 38–41.
147. Горнев Е.С. и др. Метрология в микроэлектронике, микросистемной технике и нанотехнологии: учебное пособие. — М.: Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Московский гос. технический ун-т радиотехники, электроники и автоматики», 2012.
148. Максимов С. Проблемы измерений субмикронных размеров в микроэлектронике США // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. — 1997. — № 3–4. — С. 65–68.
149. Максимов С. Измерения ультрамалых размеров в микроэлектронике. Российский метод // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. — 1997. — № 6. — С. 37–40.
150. Волоховский А.Д. Исследование и разработка системы характеристики процессов формирования наноразмерных элементов интегральных схем / Автореф. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук по спец 05.27.01. — М.: МИЭТ, 2018. — 27 с.
151. Ханин В.А. Особенности формирования рельефа при травлении кремния фокусированным ионным пучком // Письма в ЖТФ. — 2006. — Т. 36. — Вып. 21. — С. 38–45.
152. Кошкин Л.Н. Комплексная автоматизация производства на базе роторных линий / Изд. 2-е, переработанное и дополненное. — М.: Машиностроение, 1972. — 354 с.
153. Ермаков Ю. Мы победили в битве умов // Техника — молодежи. — 2000. — № 6. Режим доступа: <http://tmgu.friendlywebshop.com/200006/p18.html> (дата обращения: 30.07.2018).
154. Кошкин Л.Н. Условия осуществления автоматической системы машин в производстве изделий // Автоматика и телемеханика. — 1951. — Т. 12. — Вып. 3. — С. 201–215.
155. Koller R. Konstruktionsmethode fur den Mashinen. — Gerate und Apparatebau. — Springer, Verlag, 1976.
156. Метод поискового конструирования Р. Коллера. <http://karev.narod.ru/koller.htm> (дата обращения: 30.07.2018).
157. Турцевич А.С. Классификация процессов химического осаждения из газовой фазы функциональных слоев // Доклады БГУИР. — 2007. — №3 (19). — С. 156–160.
158. Вакалова Т.В. Диффузионный массоперенос в смесях твердых компонентов. Презентация. <https://en.ppt-online.org/226933>
159. Italyantsev A.G. Solid-phase reaction on silicon surface. Accompanying processes // J. Appl. Phys. — 1996. — V. 79 (5). — P. 2369–2375.
160. Красников Г.Я., Гушин О.П., Литаврин М.В., Горнев Е.С. DSA — комплементарный метод усиления разрешения иммерсионной литографии // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. — 2017. — № 1 (165). — С. 4–17.

161. Моро У. Микролитография. Принципы, методы, материалы. В 2 ч. – М.: Мир, 1990. – 605 + 632 с.
162. Гушин О.П., Матюшкин И.В., Морозов А.Д. Логико-историческая реконструкция литографии в контексте нанотехнологий // Межотраслевой научно-практический журнал «Интеграл». – 2013. – № 3. – С. 30–34.
163. Moshe E. Preil Patterning Challenges in the sub-10 nm Era // Proc. SPIE9780, Optical Microlithography XXIX, 978002, 28 March 2016.
164. Soichi O., Noriyuki H. Expected innovations of optical lithography in the next 10 years // PROCEEDINGS OF SPIE0277-786X. – V. 9780, Optical Microlithography XXIX, 23–25 February 2016, San Jose, California, United States, paper 1.
165. Korczynski, Ed. High-NA EUV Lithography Investment. Semiconductor Manufacturing & Design. November 28, 2016: <http://semimd.com/blog/tag/lithography>
166. Egorov A., Islyaykin A., Kiryushina I., Ranchin S. Nitrogen concentration impact on defectivity during hydrogen peroxide / ammonium hydroxide mixture megasonic cleaning // 39th International Conference on Micro and Nano Engineering: Book of abstracts. London: MNE2013, 2013. – P. 310.
167. Кирюшина И.В., Красавина Л.З., Просий А.Д., Селиванова И.Н., Яснов В.С. Исследование и разработка технологических процессов очистки кремниевых пластин в модифицированных RCA-растворах // Известия ВУЗов. – 2004. – № 1. – С. 53–59.
168. Кирюшина И.В., Красавина Л.З., Просий А.Д., Селиванова И.Н., Яснов В.С. Исследование процесса травления SiO₂ и БФСС в травителе на основе HF в системе рециркуляционной фильтрации // Известия ВУЗов. – 2004. – № 2. – С. 17–22.
169. Кирюшина И.В. Процессы жидкостной химической подготовки кремниевых пластин в производстве СБИС с субмикронными проектными нормами / Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М.: НПЦ «СПУРТ», 2003. – 191 с.
170. Тетельбаум Д.И. 40 лет ионной имплантации: взгляд в историю и перспективы // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Физика твердого тела. – 2001. – № 2. – С. 5–11.
171. Сайт компании Case Technology. Режим доступа: <http://www.casetechnology.com/links.html> (дата обращения: 30.07.2018).
172. Masayasu T., Masao N. History of Ion Implanter and Its Future Perspective // Sei Technical Review. – 2011. – No. 73. – P. 22–30.
173. Седов Е. Информационные критерии упорядоченности и сложности организации структуры систем // Сб.: Системная концепция информационных процессов. Вып. 3. Сборник трудов ВНИИ системных исследований. – М., 1988.
174. Назаретян А.П. Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории: синергетика, психология и футурология. – М.: Пер'сэ, 2001. – С. 183.
175. Ахмедьянова Г.Ф. Креативно-технологический образовательный маршрут развития инженерной компетентности будущих бакалавров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-7. – С. 1522–1526.
176. Ивлев А.А., Артеменко В.Б. Онтология военных технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.milresource.ru/Ontol.html>; Ивлев А.А., Артеменко В.Б. Онтология военных технологий: основы, структура, визуализация и применение. Ч. 1 // Эл. журнал «Вооружение и Экономика». – 2011. – № 4. Т. 1. – С. 36–52.
177. Кириллов Н.П. Концептуальные модели технических систем с управляемыми состояниями: обзор и анализ. // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – № 4. – С. 81–91.

178. Дискуссия «Что такое изделие?» – <http://www.metodolog.ru/node/100>
179. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. Всеобщее управление качеством (TQM): учебник для вузов / Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.
180. Круглова Н.Ю. Основы менеджмента. – М.: Кнорус, 2016. – 500 с.
181. Андреев Д.А., Воронов М.В. Метод построения онтологии технологических действий // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2012. – № 1 (67). <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-postroeniya-ontologii-tehnologicheskikh-deystviy> (дата обращения: 07.02.2019).
182. Курносов Ю.В., Конотопов П.Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. – М.: Русаки, 2004. – 550 с.
183. Васильева И.Н. Экономические основы технологического развития. – М.: Банки и Биржи, 1995. – 165 с.
184. Правила и примеры выполнения технологических схем: Методические указания к курсовому проектированию по процессам и аппаратам химических и пищевых производств / Воронеж. гос. технол. акад. Сост. А.В. Логинов, М.И. Слюсарев. – Воронеж, 1999. – 28 с.
185. Технологические карты. <http://исполнительнаядокументация.рф/tehnologicheskie-karty/>
186. Презентация «Мультимедиа технологии». <https://en.ppt-online.org/174837>
187. Как организовать производство линолеума? <http://promtu.ru/linii-proizvodstva/proizvodim-linoleum-doma>
188. Производство гофрокартона. <http://promtu.ru/linii-proizvodstva/proizvodstvo-gofrokartona>
189. Сайт компании Милеста. Основные технологические операции производства вин. https://milesta.ru/news/oborudovaniye_dlya_pererabotki_vinograda4/
190. Долгий Н.А. Операторная модель поточной линии производства консервов из обжаренной рыбы // Известия КГТУ. – 2012. – № 27. – С. 69–73.
191. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Борисенко А.Б. Проектирование многоассортиментных химических производств: определение аппаратурного оформления химико-технологических схем.
192. Альбом технологических схем химических производств по дисциплине «Прогрессивные химические технологии» / Сост. Л.Л. Ромашкина – М.: Государственный Университет Управления, 2001. – 43 с.
193. Данюшин Л.М., Игнатенко Н.Л. Альбом технологических схем получения полимеров по реакциям полимеризации и пластических масс на их основе / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2010. – 107с.
194. Бутковский В.А., Мельников Е.М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства (с основами экологии). – М.: Агропромиздат, 1989. – 464 с.
195. Калинин Ю.Т., Ураков Н.Н., Иванов В.Т. и др. Способ получения рекомбинантного инсулина человека. Патент на изобретение RU 2141531 от 26.05.99. – см. также <http://www.findpatent.ru/patent/223/2232813.html>
196. Шелкунов С.Н. Генетическая инженерия. – Новосибирск: Сибирское университетское издание, 2004. – 496 с.
197. Apostolidis G. et. al. Design and Simulation of 6T SRAM Cell Architectures in 32 nm Technology // Journal of Engineering Science and Technology Review, 2016.

198. ГОСТ Р 58406.10–2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Правила проектирования. – М.: Стандартиформ, 2020.
199. Шилин А.С. Правила проектирования реляционных баз данных методом сущность-связь в случаях связей порядка выше второго // Информатика и прикладная математика (Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина). – 2014. – № 20. – С. 141–158.
200. Анас И., Тарануха Н.Л. Методика проектирования железобетонных колонн в соответствии с сирийскими нормами и правилами. // Фотинские чтения. – 2018. – № 1 (9). – С. – 244–246.
201. Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем: учебно-методическое пособие. Ч. I / Сост.: А.В. Тучин, Е.Н. Бормونت, К.Г. Пономарев. – Воронеж, Издательский дом ВГУ, 2017. – 111 с.
202. Xu X. et al. Standard Cell Library Design and Optimization Methodology for ASAP7 PDK // arXiv:1807.11396v1 [cs.AR] 30 Jul 2018.
203. Фазылханов О.Р., Пушница И.С., Стрельников С.И., Калякин М.А., Филаретов А.Г. Методология и практика верификации инструментов проектирования (PDK) к стандартным технологическим процессам. // Материалы 27-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КРЫМИКО'2017)». – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2017. – С. 143–149.
204. Викулов И. Технологическая база GaN СВЧ-микродэлектроники: компании, процессы, возможности // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2017. – № 1 (00161). – С. 106–115.
205. Bailey B. The Evolution of Digital Twins. Semiconductor Engineering, August 3, 2020: <https://semiengineering.com/the-evolution-of-digital-twins/>
206. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / Пер. с англ. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
207. Тимковский В.Г. Дискретная математика в мире станков и деталей: Введение в математическое моделирование задач дискретного производства. Сер. Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения. – М.: Наука, 1992. – 144 с.
208. Божко А.Н. Автоматизированный структурный анализ и синтез проектных решений в технической подготовке сборочного производства сложных изделий / Дисс. на соиск. уч. степени д.т.н. Специальность ВАК РФ05.13.12. – М.: МГТУ им. Баумана, 2019. – 442 с.
209. Технические средства автоматизации и управления : учебник для академического бакалавриата. Серия : Бакалавр. Академический курс / Под общ. ред. О.С. Колодова. – М. : Юрайт, 2017. – 291 с.
210. Марков А.А., Нагорный Н.М. Теория алгоритмов. – М.: Наука, 1984. – 432 с.
211. Рустамов Н.Т., Малаев Л.Н., Ахметов К.А., Пак В.Г. Управление многопараметрическими технологическими процессами с помощью методов распознавания. // Изв. АН УзССР. Сер. техн. наук. – 1989. – № 1. – С. 6–9.
212. Цветков И.А. Обращающие и удваивающие самополняемые алгоритмы. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 288 с.
213. Егоров Ю.Л. Сложность: сущность, подходы и методы исследования // Известия ВУЗов. Электроника. – 2000. – № 4–5. – С. 179.

214. Вьюгин В.В. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность: учеб. пособие. — М.: МФТИ : ИППИ АН, 2012. — 140 с.
215. Колмогоров А.Н. Три подхода к определению понятия количество информации // Проблемы передачи информации. — 1965. — Т. 1 (1). — С. 3–11.
216. Ухманьски Я.З. Об алгоритмической сущности биологии // Компьютерные исследования и моделирование. — 2020. — Т. 12. — № 3. — С. 641–652.
217. Волков А.В. Энтропийные модели микро- и наноструктур: учеб. пособие / А.В. Волков, И.Н. Еремина, А.Г. Саноян. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. — 80 с.
218. Vakili-Nezhaad G.R., Mansoori G.A. An Application of Non-Extensive Statistical Mechanics to Nanosystems // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. — 2004. — Vol. 1 (2). — P. 227–229.
219. Лицкевич А.П., Лобов Б.Н., Лицкевич С.А. Энтропийный подход к анализу надежности технических объектов // Транспортное дело в России. — 2017. — № 3. <https://cyberleninka.ru/article/n/entropiynyy-podhod-k-analizu-nadezhnosti-tehnicheskikh-obektov> (дата обращения: 18.10.2020).
220. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. О взаимосвязи статистической и информационной энтропии при описании состояний сложных систем // Прикладная математика & Физика. — 2016. — №20 (241). <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vzaimosvyaz-statisticheskoy-i-informatsionnoy-entropii-pri-opisanii-sostoyaniy-slozhnyh-sistem> (дата обращения: 18.10.2020).
221. Fleetwood D.M. 1/f noise and defects in microelectronic materials and devices // IEEE Transactions on Nuclear Science. — 2015. — Vol. 62. — No. 4. — P. 1462–1486.
222. Мишанов Р.О. Исследование признаков, видов, причин и механизмов отказов микросхем, выполненных по КМОП-технологии // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество», 2017. — Т. 2.
223. Руднев А.В. Статистические модели контроля выхода годных и технологических потерь в производстве СБИС, автореф. дисс. к.т.н., 2003.
224. Богданов Ю.И., Куварзин Н.А., Лысак Л.В., Руднев А.В. Многоуровневая кластерная модель для оценки и прогнозирования выхода годных в полупроводниковом производстве. — М.: ОАО «Ангстрем» им А.И. Шокина.
225. Блохина В.Б. Оценка выхода годных микросистем на кремниевых пластинах // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2000. — № 3.
226. Тишин Ю.И., Адамов Д.Ю., Сомов О.А. Проектирование для возможностей производства // Труды МФТИ. — 2010. — Т. 2. — № 1 (5). — С.43–51.
227. Ушаков И. Жива ли еще теория надежности? // RT&A. — 2007. — №1 (5). <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiva-li-esche-teoriya-nadezhnosti>
228. Патент SU 1 022 082 A1. Тестовая ячейка для контроля качества МДП-БИС (Домнин Лев Петрович). https://yandex.ru/patents/doc/SU1022082A1_19830607
229. Харламов М.С. и др. Деградационные процессы устройств микросистемной техники // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. — 2018. — Т. 5. — Вып. 3. — С. 87–96.
230. Сыноров В.Ф. и др. Физические основы надежности интегральных схем / Ред. Миллер Ю.Г. — М.: Советское радио, 1976. — 320 с.
231. Bensoussan A. Microelectronic reliability models for more than moore nanotechnology products // Facta universitatis — series: Electronics and Energetics. — National Library of Serbia. — 2017. — Vol. 30. — No. 1. — P. 1–25.

232. Black J.R. Electromigration – A brief survey and some recent results // *IEEE Transactions on Electron Devices*. – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). – 1969. – Vol. 16. – No. 4. – P. 338–347.
233. Yoder M.N. Ohmic contacts in GaAs // *Solid-State Electronics*. – Elsevier BV. – 1980. – Vol. 23. – No. 2. – P. 117–119.
234. Peck D. Stewart Comprehensive Model for Humidity Testing Correlation // *24th International Reliability Physics Symposium*. – Anaheim: IEEE, 1986.
235. Chen I.C., Holland S. and Hut C. A quantitative physical model for time-dependent breakdown in SiO₂ // *23rd International Reliability Physics Symposium*. – Orlando: IEEE, 1985.
236. Dai M. et al. A Model With Temperature-Dependent Exponent for Hot-Carrier Injection in High-Voltage nMOSFETs Involving Hot-Hole Injection and Dispersion // *IEEE Transactions on Electron Devices*. – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). – 2008. – Vol. 55. – No. 5. – P. 1255–1258.
237. Ciappa M., Carbognani F. and Fichtner W. Lifetime modeling of thermomechanics-related failure mechanisms in high power IGBT modules for traction applications // *ISPSD 03. 2003 IEEE 15th International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs, 2003. Proceedings*. – IEEE. – P. 295–298.
238. Schroder D.K. and Babcock J.A. Negative bias temperature instability: Road to cross in deep submicron silicon semiconductor manufacturing // *Journal of Applied Physics*. – AIP Publishing. – 2003. – Vol. 94. – No. 1. – P. 1–18.
239. Zhurkov S.N. Kinetic concept of the strength of solids // *Int. J. Fracture Mechanics*. – 1965. – Vol. 1. – No. 4. – P. 311–323.
240. Laidler K.J. and King M.C. Development of transition-state theory // *The Journal of Physical Chemistry*. – American Chemical Society (ACS). – 1983. – Vol. 87. – No. 15. – P. 2657–2664.
241. Suhir E. et al. Probabilistic design for reliability in electronics and photonics: Role, significance, attributes, challenges // *2015 IEEE International Reliability Physics Symposium*. – Monterey (CA): IEEE, 2015.
242. McInn J.A. Constant failure rate – a paradigm in transition? // *Quality and Reliability*. – 1990. – Vol. 6. – P. 237–241.
243. Pecht M.G. and Nash F.R. Predicting the reliability of electronic equipment // *Proceedings of the IEEE*. – 1994. – Vol. 82. – No. 7. – P. 992–1004.
244. Denson W. The history of reliability prediction // *IEEE Transactions on Reliability*. – 1998. – Vol. 47. – No. 3. – P. SP321–SP328.
245. Morris S.F. and Reilly J.F. MIL-HDBK-217-A favorite target // *Annual Reliability and Maintainability Symposium 1993 Proceedings*.
246. MIL-HDBK-217F Reliability Prediction of Electronic Equipment. – Department of Defense, 1991.
247. Han J., Taylor E., Gao J., and Fortes J. Faults, Error Bounds and Reliability of Nanoelectronic Circuits // *2005 IEEE International Conference on Application-Specific Systems, Architecture Processors (ASAP'05)*. – Samos : IEEE, 2005.
248. Marin J.J. and Pollard R.W. Experience report on the FIDES reliability prediction method // *Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2005. Proceedings*. – Alexandria, 2005.
249. Oates S. Electromigration failure distribution of contacts and vias as a function of stress conditions in submicron IC metallizations // *Proceedings of International Reliability Physics Symposium RELPHY-96*. – Dallas, 1996.

250. Drenick R.F. Mathematical Aspects of the Reliability Problem // Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics. – Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM). 1960. – Vol. 8. – No. 1. – P. 125–149.
251. Kuo W. Challenges Related to Reliability in Nano Electronics. IEEE Transactions on Reliability. – 2006. – Vol. 55. – No. 4. – P. 569–570.
252. Triebel O. Reliability issues in high-voltage semiconductor devices: Diss. Doctor of technical science. Vienna, 2012. <http://www.iue.tuwien.ac.at/phd/triebel/> (accessed 16.06.2019).
253. Matic Z., Struk V. The Physics-of-Failure approach in reliability engineering. 30th International Conference on Information Technology Interfaces «ITI 2008», 2008. – IEEE, 2008. – P. 745–750.
254. Azzam M.M., Awad A.M. Entropy measures and some distribution approximations // Microelectronics Reliability. – 1996. – Vol. 36. – No. 10. – P. 1569–1580.
255. Aleksanyan I.T., Chernyaev N.V. Expression for fundamental numerical ratio of reliability in the hysic-statistical approach. Peterburgskiy zhurnal elektroniki // Petersburg Electronics Journal. – 1994. – Vol. 1. – No. 4. – P. 56–58 (in Russian).
256. Pearson K. Method of moments and method of maximum likelihood // Biometrika. – 1936. – Vol. 28. – No. 1/2. – P. 34–59.
257. García O. Simplified method-of-moments estimation for the Weibull distribution // New Zealand Journal of Forestry Science. – 1981. – Vol. 11. – P. 304–306.
258. Tikhonov A.N., Vasilyeva A.B., Sveshnikov A.G. Differential equations. – Moscow, Nauka Publ., 1985. – 232 p. (in Russian).
259. David W. Price, Douglas G. Sutherland and Jay Rathert. Process Watch: Baseline yield predicts baseline reliability. Блог Solid State Technology. – <https://sst.semiconductor-digest.com/2018/03/process-watch-baseline-yield-predicts-baseline-reliability/>
260. Рубин М.С., Кияев В.И. Основы ТРИЗ и инновации. Применение ТРИЗ в программных и информационных системах: учебное пособие. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2011. – 278 с.
261. Форд Г. История моего успеха. – М.: АСТ, 2015.
262. Минаев Э.С., Агеева Н.Г., Аббата Дара А. Управление производством и операциями. – М.: Инфра-М, 2000.
263. Большой энциклопедический словарь. – М., Большая российская энциклопедия; СПб: Норинт, 1997.
264. Sperling, Ed. Variation Spreads At 10/7 nm // Semiconductor Engineering. – November 16, 2017. <http://semiengineering.com/variation-spreads-at-107nm/>
265. Бондаренко И.Б., Иванова Н.Ю., Сухостат В.В. Управление качеством электронных средств. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 211 с.
266. Бир С. Мозг фирмы / Пер. с англ. М.М. Лопухина. – М. : Радио и связь, 1993. – 413 с.
267. Sergeev A., Tribolet J. Extended Viable System Model // Lecture Notes in Business Information Processing. – 2016. – Vol. 252. – P. 132-147.
268. Panagiotakopoulos P.D., Espinosa A. and Walker, J. Sustainability management: insights from the Viable System Model // Journal of Cleaner Production. – 2016. No 113. – P. 792–806. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.11.035
269. Puche J., Ponte B., Costas J., Pino R. and De la Fuente D. Systemic approach to supply chain management through the viable system model and the theory of constraints // Production Planning & Control. – 2016. – No 27 (5) – P. 421–430. DOI: 10.1080/09537287.2015.1132349

270. Hildbrand S. and Bodhanya S. Guidance on applying the viable system model // *Kybernetes*. – 2015. – Vol. 44. – Iss. 2. – P. 186–201.
271. Прошина А.Е., Савельев С.В. Иммуногистохимическое исследование распределения α - и β -клеток в разных типах островков Лангерганса поджелудочной железы человека // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2013. – Т. 155. – № 6. – С. 763–767.
272. <https://med.wikireading.ru/24986>
273. Самойлов В.Н. Разработка технологии системного моделирования для сложных развивающихся технологических процессов / автореферат дисс. на соиск. на уч. степ. канд. техн. наук. по спец. 05.13.16. – Дубна, 1997. – 23 с.
274. Дубовой Н.Д., Осокин В.И., Очков А.С. и др. Измерения и контроль в микроэлектронике. – М.: Высшая школа, 1984. – 367с.
275. Ishikawa K. What is Total Quality Control? The Japanese way, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1985.
276. Ellis D.O., Ludwig F.J., *Systems Philosophy*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1962.
277. Абрамов А. М. SUB-технология и ее влияние на технико-экономические показатели (ТЭП) современного микроэлектронного производства // *Международный форум «Микроэлектроника-2019» 5-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули»*. Сборник тезисов. – Республика Крым, Алушта, 30 сентября – 05 октября 2019. – М.: Техносфера, 2019. – С. 469–472.
278. Панасюк В.Н., Лукошко Г.К., Королева А.Н. Роль и проблемы стандартизации в управлении рисками при взаимодействии разработчиков и изготовителей ЭКБ // *Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике*. Москва, 11–12 апреля 2019. – М.: Издательство: МИРЭА – Российский технологический университет, 2019. – С. 440–445.
279. Горнев Е.С. Наша цель – лидерство в отечественной микроэлектронике и достойное место на мировом рынке // *Экономика и производство*. – 1999. – № 10–12. – С. 16–22.
280. Горнев Е.С. Анализ особенностей и некоторых тенденций развития и создания субмикронных производств в современных условиях // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. – 1998. – № 3.
281. Горнев Е.С. Развертывание субмикронных производств: особенности и тенденции // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. – 1998. – № 3–4.
282. Жемчугов А.М., Жемчугов М.К. Цикл PDC. Деминга. Современное развитие // *Проблемы экономики и менеджмента*. – 2016. – № 2 (54). <https://cyberleninka.ru/article/n/tsikl-pdca-deminga-sovremennoe-gazvitie> (дата обращения: 17.01.2020).
283. Балашов Е.П., Долженков В.А. Статистический контроль и регулирование качества массовой продукции. – М.: Машиностроение, 1984.
284. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Национальный стандарт Российской Федерации системы менеджмента качества Основные положения и словарь.
285. Гайдуков А.Д., Лернер М.Д., Горнев Е.С. Особенности строительства ЧП высокого класса чистоты в старых зданиях на примере завода «Микрон». «Юбилейная 2-я научно-техническая конференция АООТ «НИИМЭ и Микрон». Разработка, технология и производство полупроводниковых микросхем // *Сб. трудов под ред. член-корреспондента РАН Красникова Г.Я.* – М., Зеленоград, «Микрон-принт», 1999.

286. Пролейко В.М. Системы управления качеством изделий микроэлектроники: теория и применение / В.М. Пролейко, В.А. Абрамов, В.Н. Брюнин. – М.: Сов. радио, 1976.
287. Панасюк В.Н., Шипицин Д.С., Панкратов А.Л., Королева А.Н. Проблемы и задачи развития системы менеджмента качества процессов проектирования СБИС // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. – 2019. – № 3 (175). – С. 61–66.
288. Новые материалы для производства полупроводников (кит. яз). <http://info.ec.hc360.com/2008/08/140925104459.shtml>
289. Некоторые характеристики кремниевых пластин. <http://banksolar.ru/?p=9>
290. Патент (19)SU(11)1080638(13)A1(51) МПК 6 G03C1/72H01L21/312(12). <https://findpatent.ru/patent/108/1080638.html>
291. Ретивов В.М. Проблемы анализа высокочистых веществ // Методы оценки соответствия (Издательство: Рекламно-информационное агентство «Стандарты и качество» (Москва)). – 2010. – № 8. – С. 17–19.
292. Ревельский И.А. Проблемы анализа высокочистых веществ для электроники. Презентация. Устное сообщение.
293. Cleanrooms and Contamination Control in VLSI Manufacturing, Report of «The Information Network» – Р. 3–11.
294. Боднар Д. Новый формат компактных кремниевых фабрик – решение для микроэлектроники России. www.syntezmicro.ru/uploads/files/pub/Article20.pdf
295. Медведев А., Сержантов А., Семенов П. Инженерное обеспечение производства электроники // Технологии в электронной промышленности. – 2006. – № 6 (12). – С. 70–75.
296. Каракеян В.И., Ларионов Н.М., Рябышенков А.С., Дисветова Н.М. Методология системного анализа в исследовании энерго-экологических характеристик чистых помещений // Векторы развития современной науки. – 2016. – № 1 (3). – С. 83–89.
297. фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Либроком, 2010.
298. Варшавский В.И. и др. Однородные структуры. – М.: Энергия, 1973.
299. Кудрявцев В.Б., Подколзин А.С., Болотов А.А. Основы теории однородных структур. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
300. Матюшкин И.В., Заплетина М.А. Обзор по тематике клеточных автоматов на базе современных отечественных публикаций // Компьютерные исследования и моделирование. – 2019. – Т. 11. – Вып. 1. – С. 9–57.
301. Матюшкин И.В. Коннекционистское расширение минимальной модели вычислений. Ч. 1 // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2016. – № 1 (11). – С. 103–120.
302. Google признала провал очков Glass // Сайт «iguides.ru». https://www.iguides.ru/main/gadgets/google/google_priznala_proval_ochkov_glass/
303. Вторая попытка Google: почему «умные» очки рано хоронить // Сайт СМИ РБК. https://www.rbc.ru/own_business/22/08/2017/599bf9879a79471f9d317d21
304. Видеоочки Google Glass Enterprise Edition 2 на треть дешевле первой версии // Сайт «Хабр». <https://habr.com/ru/news/t/452710/>
305. Это провал! «Транспорт будущего» Segway оказался чересчур надежным, а очки Google – никому не нужными // Сайт «tech.onliner.by». <https://tech.onliner.by/2020/07/06/eto-proval-segway-google>

306. Как провалился сегвей, один из самых многообещающих видов транспорта начала XXI века // Сайт «Anketolog.ru». <https://blog.anketolog.ru/2017/08/segway/>
307. Вентиль Флеминга – первая радиолампа // Сайт «Radionic.ru». <http://www.radionic.ru/node/3488>
308. История транзистора. Часть 3: многократное переизобретение // Сайт «Хабр». <https://habr.com/ru/post/449760/>
309. 50 лет закону Мура // Сайт «gagadget.com». <https://gagadget.com/50-let-zakonu-mura/>
310. Бургер Р., Донован Р. (ред.). Основы технологии кремниевых ИС: Окисление, диффузия, эпитаксия. – М.: Мир. – 227 с.
311. Шокин А.А. Министр невероятной промышленности СССР. Страницы биографии. – М.: Техносфера, 2007. <http://rufort.info/library/shokin/shokin.html>
312. Носов Ю. О рождении микроэлектроники величайшая научно-техническая революция и современность // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2015. – № 4 (00144). – С. 118–128.
313. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. – 2-е изд., доп. / Г.С. Альшутлер; отв. ред. А.К. Дюнин (СО АН СССР. Сер. Наука и техн. прогресс). – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 224 с.
314. Макушин М. 450-мм «Мегафабрики»: стоит ли овчинка выделки? // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2009. – № 2. – С. 2–7.
315. Zhirnov V.V. and Cavin R.K. Beyond Moore's Law: SRC Views on Nanoelectronics. Презентация NANO-TEC Workshop. – Barcelona, Spain, November 6–7, 2012.
316. Степанова Е.А. Расчет числа слоев многослойной печатной платы // Известия Транссиба. – 2012. – № 2 (10). <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-chisla-sloev-mnogosloynou-pechatnoy-platy> (дата обращения: 18.11.2020).
317. Батушев В.А. и др. Микросхемы и их применение. Справ. пособие (2-е изд.) // Массовая радиобиблиотека (МРБ). – 1983. – Вып. 1070.
318. Новый закон Мура и причем здесь фотоника? // Сайт «Хабр». <https://habr.com/ru/post/512656/>
319. RB28. Закон Гордона Мура и закон Дэвида Мэя // Блог на сайте «Livejournal.com». <https://rbogatyrev.livejournal.com/8264.html>
320. Пять тенденций, меняющих микроэлектронику. // Экспресс-информация по зарубежной электронной технике. – Вып. 21 (6720) от 29 октября 2020. – С. 35–43.
321. Cavin R.K., Lugli P. and Zhirnov V.V. Science and Engineering Beyond Moore's Law // Proc. IEEE 100, 2012. – P. 1720–1749.
322. Сейсян Р.П. Скрытый кризис микроэлектроники на пороге XXI века. <https://docplayer.ru/26783503-Skrytyy-krizis-mikroelektroniki-na-poroge-xxi-go-veka.html> (дата обращения: 24.11.2020).
323. Sharov A.A. Richard Gordon. Life Before Earth. <https://arxiv.org/abs/1304.3381>
324. Scribd reprendra les activités de SlideShare le 1 décembre 2020 // Сайт «slideshare.net». https://fr.slideshare.net/a16z/software-is-eating-bio/6-Beyond_Moores_law_cost_of
325. Новые санкции и старые соперники – электроника за неделю // Колонка Бориса Любимова на сайте ИА «Красная звезда». <https://rossaprimavera.ru/article/b52cb601>
326. Закон Мура против нанометров // Сайт «ixbt.com». <http://www.ixbt.com/cpu/microelectronics.shtml>
327. IoT Chip Market with COVID-19 Impact Analysis by Hardware, Power Consumption, End-use Application and Region – Global Forecast to 2025. ResearchAndMarkets.com

328. MEMS in the Russian semiconductor industry landscape. http://www.semiconrussia.org/en/sites/semiconrussia.org/files/docs/SemiCon2014_MEMS_Pokhlebkina_EN.pdf
329. Влияние пандемии COVID-19 на индустрию схем памяти // Экспресс-информация по зарубежной электронной технике. – Вып. 21 (6720) от 29 октября 2020. – С. 5–13.
330. Цифровизация экономических систем: теория и практика: монография / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб: Политех-пресс, 2020. – 796 с.
331. Имплантация микрочипов: мифы и реальность // Сайт «Хабр». <https://habr.com/ru/company/parallels/blog/347220/>
332. Ермишин А.П. Генетически модифицированные организмы: мифы и реальность. – Мн.: Технология, 2004. – 118 с.
333. Кутырев В.А. Философия трансгуманизма: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2010. – 85 с.
334. Аксенов И.В. Трансгуманизм как проблема философской и религиозной антропологии // Дисс. на соискание ученой степени кандидата философских наук по специальности 09.00.13, Русская Христианская Гуманитарная Академия. – СПб, 2016.
335. Кричевский Г.Е. НБИКС-технологии для Мира и Войны. – М.: 2017. – 597 с.
336. Леонтьев В. Межотраслевая экономика. – М.: Экономика, 1997. – 480 с.
337. Эйген М., Шустер П. Гиперцикл: принципы самоорганизации макромолекул / Под. ред. М.В. Волькенштейна. – М.: Мир, 1982. – 270 с.
338. Зяблюк Р.Т., Титова Н.И. Межотраслевой баланс на основе модели В.В. Леонтьева и проблемы воспроизводства в экономике России // Вестн. Моск. ун-та. – 2012. – № 6. – Сер. 6. Экономика.
339. Ризванова М.А. Применение модели межотраслевого баланса В. Леонтьева в прогнозировании экономики // Вестник Башкирского университета. – 2015. – Т. 20. – № 3. – С. 927–932.
340. Кольцов С.Н. Динамические межотраслевые модели. Презентация. [https://www.hse.ru/data/2014/09/04/1316345039/лекция 4.pdf](https://www.hse.ru/data/2014/09/04/1316345039/лекция%204.pdf)
341. Тарасова В.В., Тарасов В.Е. Динамические межотраслевые модели с памятью, обобщающие модель Леонтьева // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 2–1 (79). – С. 913–924.
342. Gartner Hype Cycle // Сайт «Gartner». <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
343. Анонимная презентация. <https://thepresentation.ru/biologiya/ontogenez-periody-ontogeneza>
344. Мировой кризис 4: трудности управления // Блог Александра Оноприенко. <http://www.aonoprienko.ru/>
345. Красников Г.Я., Зайцев Н.А. Физико-технологические основы обеспечения качества СБИС. Ч. 1. – М.: Микрон-принт, 1999. – 226 с.
346. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. – М.: Экономика, 2002. – С. 400.
347. Кониная Н.Ю. Шестой технологический уклад и менеджмент современных компаний // Вопросы экономики и права. – 2014. – № 3. – С. 43–46.
348. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике: монография / Под ред. ад. РАН С.Ю. Глазьева, проф. В.В. Харитоновна. – М.: Тривант, 2009. – 304 с.

349. Karr J.R., Sanghvi J.C., Macklin D.N., Gutschow M.V., Jacobs J.M., Bolival B., Assad-Garcia N., Glass J.I., Covert M.W. A Whole-Cell Computational Model Predicts Phenotype from Genotype // *Cell*. — 2012. — Vol. 150. — Iss. 2 — P. 389–401.
350. Соколик А.И. Введение в системную биологию. Презентация. <https://ppt-online.org/398138>
351. Рождение виртуальной клеточной биологии // Сайт «biomolecula.ru». <https://biomolecula.ru/articles/rozhdenie-virtualnoi-kletochnoi-biologii>
352. Шаповалов Е.А. Курс лекций по философии техники. — СПб: Изд-во СПбГУ, 1998. — С. 23–26.
353. Вклад в отечественную науку С.Г. Струмилина // Сайт «bstudy.net». https://bstudy.net/715091/sotsiologiya/vklad_otchestvennuu_nauku_strumilina