

33. Kim N.V., Krylov I.G. Group application of BLA in problems of observation. *Trudy 9 Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Problemy sovershenstvovaniya robototekhnicheskikh i intellektual'nyh sistem letatel'nyh apparatov»* [Proc. 9th All-Russian scientific and technical conference "Problems of improvement of robotic and intellectual systems of aircraft". Moscow, MAI-PRINT Publ., 2012, pp.59-62.
34. Erofeeva V.A., Ivanskij Yu.V., Kiyayev V.I. Upravlenie roem dinamicheskikh ob"ektov na baze mul'tiagentnogo podhoda [Management of a swarm of dynamic objects on the basis of multiagentny approach]. *Kompyuternye instrumenty v obrazovanii*, 2015, no.6, pp. 34-42.
35. Tareque H., Hossain S., Atiquzzaman M. On the Routing in Flying Ad hoc Networks. *IEEE Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*. ACSIS, 2015, vol. 5, pp. 1–9.
36. Singh S. K. A Comprehensive Survey on Fanet: Challenges and Advancements. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 2015, vol. 6 (3), pp. 2010-2013.
37. Yadav K., Nain A., Maakar S. Routing Protocols in FANET: Survey. *Proceedings of National Conference on Innovative Trends in Computer Science Engineering (ITCSE-2015)*, 2015, pp. 175-177.
38. Leonov A.V., CHaplyshkin V.A. Roevoj intellekt dlya upravleniya BPLA v FANET [Royeva intelligence for management of the UAV in FANET]. *Molodoj uchenyj*, 2016, no. 12, pp.314-317.
39. Alekhin I.N., Burdin V.A., Onishchenko S.G. Sposoby germetizacii opticheskikh muft dlya montazha v ehkstremaal'nyh usloviyah [Methods of sealing of optical sleeves for mounting in extremal conditions]. *Vestnik svyazi*, 2010, no. 1, pp.45-49.
40. TU 3587-005-43925010-98. Kabeli opticheskie marki OKLZH. Samara. ZAO Samarskaya opticheskaya kabel'naya kompaniya, 2006, 37 p.
41. Alekhin I.N., Burdin V.A., Nikulina T.G. Method of measurement of optical cable stiffness at low temperatures. *Proceedings of SPIE*, 2013, vol. 9156, 91560O. doi: doi:10.1117/12.2054261
42. Baucom J.L., Wagman R.S., Quinn C.M. Ice in Stranded Loose Tube and Single-Tube Fiber Optic Cables. *IWCS Proceedings*, 2003, pp. 472-477.
43. Mahieux C.A., Reifsnider, K.L. Property modeling across transition temperatures in polymers: a robust stiffness-temperature model. *Proceedings of Polymer*, 2001, vol. 42, pp. 3281-3291. doi: 10.1016/S0032-3861(00)00614-5
44. Fakirov, S. *Handbook of Thermoplastic Polyesters, Homopolymers, Copolymers, Blends and Composites*. Wiley-VCH, Weinheim. 2002. pp. 390-393.
45. Sutehall, R., Davies, M., Joslin, T., Griffioen, W., Heinonen, J. Blowing Of Mini-Cables In Extreme Ambient Weather Conditions. *IWCS Proceedings*, 2011, pp. 226-232.
46. Alekhin I.N., Burdin V.A., Nikulina T.G. Research of the loose-tube gel-filled optical cable stiffness at low temperatures. *Proceedings of SPIE*, 2014, vol. 9533, 95330L. doi:10.1117/12.2180719
47. Temple, K.D., Bringuier, A., Seddon, D.A., Wagman, R.S. Update: Gel-Free Outside Plant Fiber-Optic Cable Performance Results in Special Testing, *IWCS Proceedings*, 2007, pp. 561-566.

*Received 09.12.2016*

УДК 681.518: 339.13

**ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИМИТАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕРЕФЛЕКТОРНОЙ СИСТЕМЫ.  
ЧАСТЬ 2. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
ПО ВЛИЯНИЮ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИМ-МОДЕЛИ**

*Ваулина К.В., Маслов О.Н.*

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ*

*E-mail: maslov@psati.ru*

Во второй части статьи представлены методика и результаты исследования статистической имитационной модели (СИМ) бизнес-процесса «Предоставление государственных и муниципальных услуг» Многофункционального Центра областного уровня, реализованной в среде AnyLogic.

**Ключевые слова:** нерелекторные системы, статистическое имитационное моделирование, метод Димова-Маслова, неопределенность исходных данных, эффективность модели

## Введение

В первой части настоящей статьи [1] представлена СИМ-модель бизнес-процесса «Предоставление государственных и муниципальных услуг» Многофункционального Центра (МФЦ) областного уровня, выбранная в качестве тестового объекта для исследования влияния неопределенности исходных данных на эффективность СИМ нерелефторной СС социально-экономического типа. Цель второй части статьи – анализ на примере тестовой СИМ-модели влияния неопределенности и кумулятивности (под которой понимается свойство минимального объема информации быть максимально полезной для достижения поставленной цели) исходных данных на эффективность СИМ.

## Методика проведения эксперимента

Идею экспериментального исследования эффективности разработанной СИМ-модели иллюстрирует рис. 1: имеется  $M$  вариантов решения поставленной задачи с применением СИМ-модели, из которых лицом, принимающим решения (ЛПР), для дальнейшего рассмотрения выбирается наилучшее решение  $m$  с результатом  $Y_{mk}$ , где  $m$  [1;  $M$ ] и  $k$  [1;  $K$ ] – соответственно, номер варианта решения и номер результата решения поставленной задачи. Отметим, что на практике ЛПР рассматривает не одно, а минимум два решения: основное и запасное, но в данном случае это несущественно. В состав исходных данных для каждого варианта входят случайные величины (СВ)  $X_n$ ;  $n$  [1;  $M$ ], которые моделируют стохастические факторы и в рамках СИМ «разыгрываются» (далее без кавычек) по методу Монте-Карло.

В [1] было высказано предположение, что на результаты СИМ достаточно сложным и заранее непредсказуемым образом, но должны влиять способы учета неопределенности знаний ЛПР об указанных факторах, то есть вероятностные законы разыгрывания СВ. Утверждалось, что ранжирование этих способов ведет разработчиков систем управления бизнес-процессами от модели в виде равномерного закона (РЗ) согласно принципу безразличия (что соответствует максимальной неопределенности знаний ЛПР) к конечным устойчивым моделям (включая нормальный закон) в условиях применимости предельных теорем теории вероятностей, и далее – к статистическим моделям, полученным в результате идентификация законов распределения СВ (см. традиционную методику СИМ [2]), и предложению использовать реальные данные, полученные при обследовании объекта СИМ, если такая

возможность имеется, – что соответствует минимальной и неустранимой в принципе неопределенности знаний ЛПР.

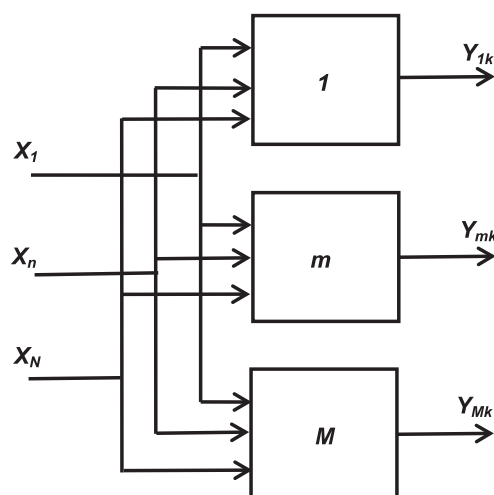


Рис. 1. Схема эксперимента с СИМ-моделью тестового бизнес-процесса

Предполагалось также, что по влиянию на результаты СИМ случайные факторы могут быть разделены на основные и второстепенные, что целесообразно учитывать как при разыгрывании соответствующих им СВ, так и при организации и проведении тестовых и рабочих экспериментов с СИМ-моделью.

Применительно к схеме на рис. 1 изложенное означает выбор решения  $m$  с наилучшим результатом  $Y_{mk}$  по традиционной методике СИМ в качестве эталона, а затем – отступление от этой методики в сторону упрощения и ускорения процедуры СИМ с контролем за получаемым результатом: если решение с номером  $m$  по-прежнему является наилучшим, сделанное отступление от эталона считается допустимым, если оно изменяется – признается недопустимым.

Поскольку число СВ достаточно велико (в [1] для тестовой СИМ-модели  $N = 23$ ), конечное решение поставленной задачи при требуемом многократном прогоне СИМ-модели и реальных значениях  $M$  представляется излишне трудоемким и долгим. Поэтому в качестве первого приближения был рассмотрен случай  $M = 1$ ;  $K = 7$  с оценкой влияния на  $Y_{1k}$  замены законов разыгрывания СВ, полученных по результатам предварительного статистического исследования и моделирования  $X_{1-23}$  [1], на равномерный закон для тех же конечных пределов.

Методика СИМ-эксперимента предусматривала три этапа его проведения.

**Этап I.** Формирование массивов эталонных значений  $Y_{jk}$  путем прогона СИМ-модели с изначально зафиксированными исходными данными, полученными согласно традиционной методике СИМ (фигурируют с обозначением «эталон»).

**Этап II.** Выбор допустимого значения отклонения от эталона. В соответствии с [1] контролируемые данными СИМ-модели считались  $K = 7$  следующих переменных:

- число заявок на оказание услуги;
- число оказанных услуг;
- число отказов на запросы о предоставлении услуг;
- число запросов, отправленных с курьером;
- количество выполненных электронных запросов;
- число невыполненных электронных запросов;
- число запросов в органы государственной власти (ОГВ).

**Этап III.** Подсчет числа минимальных и максимальных (Min и Max) отклонений. Цель данного этапа – определение границ, на основании которых можно сделать выводы о влиянии изменения закона распределения СВ  $X_{1-23}$  на выходные данные СИМ-модели  $Y_{jk}$ ;  $K = 7$ . Границы рассчитывались путем вычитания и суммирования эталона и величины отклонения, они фигурируют с обозначениями «Отклонение Min» и «Отклонение Max» соответственно. Обозначение «Все по P3» соответствует ситуации, когда в одном прогоне все СВ изменялись по P3; «СВn – P3» – когда в одном прогоне одна СВ изменялась по P3.

## Результаты экспериментов с тестовой СИМ-моделью

**Этап IV.** Проведение эксперимента с учетом различных условий.

В ходе экспериментов будет меняться закон распределения следующих случайных величин: СВ1 – длительность приема документов; СВ2 – время ожидания недостающих документов; СВ3 – длительность приема недостающих документов; СВ4 – длительность анализа КД регистратором; СВ5 – длительность анализа поступившего дела; СВ6 – длительность подготовки документов для отправки МВ-запроса в ОГВ; СВ7 – длительность подготовки электронного запроса; СВ8 – длительность подготовки посылки в ОГВ; СВ9 – длительность доставки посылки в ОГВ; СВ10 – длительность анализа КД в ОГВ; СВ11 – время ожидания недостающих документов из МФЦ; СВ12 – длительность оформления результата запроса; СВ13 – длительность перевозки результата запроса; СВ14 – время ожидания заявителя; СВ15 – время выдачи результата услуги заявителю. В экспериментах фигурирует также СВ23 – интенсивность поступления заявок (чел/час), которая изменяется согласно расписанию интенсивности.

Допустимыми считались отклонения от эталона в пределах  $\pm 20\%$ .

Необходимо проследить влияние изменений исходных данных на переменные СИМ-модели (выходные значения): kpost – текущее число поступивших заявок на оказание услуги; kokaz – текущее число ока-

Таблица 1.1. Эксперимент №1. Случайные величины

|                     | СВ1         | СВ2 | СВ3 | СВ4 | СВ5         | СВ6        | СВ7        | СВ8       | СВ9       | СВ10 | СВ11     | СВ12 | СВ13 | СВ14        | СВ15        | СВ23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|------------|------------|-----------|-----------|------|----------|------|------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267        | 195        | 94        | 18        | 90   | 5        | 72   | 68   | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 212        | 156        | 75        | 14        | 72   | 4        | 58   | 54   | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320        | 234        | 113       | 22        | 108  | 6        | 86   | 82   | 3092        | 3089        | 3395        |
| Все по P3           | <b>2674</b> | 0   | 0   | 0   | <b>2511</b> | <b>218</b> | <b>156</b> | <b>97</b> | <b>19</b> | 55   | <b>6</b> | 30   | 30   | <b>2274</b> | <b>2270</b> | <b>2698</b> |

Таблица 1.2. Эксперимент №1. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap | kvelzap | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------|---------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19      | 177     | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263        | 2059        | 20        | 216        | 15      | 142     | 75        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3395        | 3089        | 30        | 325        | 23      | 212     | 113       |
| Все по P3           | <b>2698</b> | <b>2270</b> | <b>28</b> | <b>224</b> | 29      | 127     | <b>97</b> |

занных услуг; kotk – текущее число отказов; kzapogv – текущее число МВ-запросов в ОГВ; knelzap – текущее число невыполненных электронных запросов в ОГВ; kvelzap – текущее число выполненных электронных запросов в ОГВ; kzapkur – текущее число отправленных запросов в ОГВ курьером.

**Эксперимент №1.** Все СВ изменялись по РЗ (см. таблицу 1.1). В допустимый интервал вошли отклонения 9 из 15 СВ: СВ1, СВ5, СВ6, СВ7, СВ8, СВ9, СВ11, СВ14, СВ15, СВ23 и отклонения 5 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk, kzapogv, kzapkur (см. таблицу 1.2).

Таблица 2.1. Эксперимент №2. Случайные величины

|                     | СВ1         | СВ2 | СВ3 | СВ4 | СВ5         | СВ6        | СВ7        | СВ8        | СВ9       | СВ10       | СВ11 | СВ12      | СВ13      | СВ14        | СВ15        | СВ23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267        | 195        | 94         | 18        | 90         | 5    | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214        | 156        | 75         | 14,4      | 72         | 4    | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320        | 234        | 113        | 21,6      | 108        | 6    | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| СВ1 по РЗ           | <b>2406</b> | 2   | 2   | 2   | <b>2264</b> | <b>242</b> | <b>164</b> | <b>108</b> | <b>21</b> | <b>105</b> | 9    | <b>84</b> | <b>81</b> | <b>2183</b> | <b>2181</b> | <b>2447</b> |

Таблица 2.2. Эксперимент №2. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap   | kvelzap    | kzapkur    |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19        | 177        | 94         |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2      | 141,6      | 75,2       |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8      | 212,4      | 112,8      |
| СВ1 по РЗ           | <b>2447</b> | <b>2181</b> | <b>21</b> | <b>250</b> | <b>21</b> | <b>143</b> | <b>108</b> |

Таблица 3.1. Эксперимент №3. Случайные величины

|                     | СВ1         | СВ2 | СВ3 | СВ4 | СВ5         | СВ6        | СВ7        | СВ8       | СВ9       | СВ10      | СВ11     | СВ12      | СВ13      | СВ14        | СВ15        | СВ23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267        | 195        | 94        | 18        | 90        | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214        | 156        | 75        | 14        | 72        | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320        | 234        | 113       | 22        | 108       | 6        | 8         | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| СВ2 по РЗ           | <b>2822</b> | 0   | 0   | 0   | <b>2659</b> | <b>262</b> | <b>194</b> | <b>91</b> | <b>17</b> | <b>85</b> | <b>5</b> | <b>72</b> | <b>68</b> | <b>2581</b> | <b>2579</b> | <b>2822</b> |

Таблица 3.2. Эксперимент №3. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap   | kvelzap    | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19        | 177        | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2      | 141,6      | 75,2      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8      | 212,4      | 112,8     |
| СВ2 по РЗ           | <b>2822</b> | <b>2579</b> | <b>25</b> | <b>266</b> | <b>19</b> | <b>175</b> | <b>91</b> |

Таблица 4.1. Эксперимент №4. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2 | CB3 | CB4 | CB5         | CB6        | CB7        | CB8       | CB9       | CB10      | CB11     | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267        | 195        | 94        | 18        | 90        | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214        | 156        | 75        | 14        | 72        | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320        | 234        | 113       | 22        | 108       | 6        | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB3 по P3           | <b>2703</b> | 8   | 8   | 8   | <b>2549</b> | <b>248</b> | <b>180</b> | <b>87</b> | <b>17</b> | <b>85</b> | <b>4</b> | <b>70</b> | <b>70</b> | <b>2493</b> | <b>2487</b> | <b>2710</b> |

Таблица 4.2. Эксперимент №4. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap | kvelzap    | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------|------------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19      | 177        | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2    | 141,6      | 75,2      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8    | 212,4      | 112,8     |
| CB3 по P3           | <b>2710</b> | <b>2487</b> | <b>23</b> | <b>250</b> | 15      | <b>165</b> | <b>87</b> |

Таблица 5.1. Эксперимент №5. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2      | CB3      | CB4      | CB5         | CB6        | CB7        | CB8       | CB9       | CB10      | CB11     | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5        | 5        | 5        | 2664        | 267        | 195        | 94        | 18        | 90        | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4        | 4        | 4        | 2131        | 214        | 156        | 75        | 14        | 72        | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6        | 6        | 6        | 3197        | 320        | 234        | 113       | 22        | 108       | 6        | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB4 по P3           | <b>2828</b> | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>2664</b> | <b>267</b> | <b>196</b> | <b>94</b> | <b>18</b> | <b>90</b> | <b>5</b> | <b>72</b> | <b>68</b> | <b>2577</b> | <b>2574</b> | <b>2829</b> |

Таблица 5.2. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap   | kvelzap    | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19        | 177        | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2      | 141,6      | 75,2      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8      | 212,4      | 112,8     |
| CB4 по P3           | <b>2829</b> | <b>2574</b> | <b>25</b> | <b>271</b> | <b>19</b> | <b>177</b> | <b>94</b> |

Таблица 6.1. Эксперимент №6. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2      | CB3      | CB4      | CB5         | CB6        | CB7        | CB8       | CB9       | CB10      | CB11     | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5        | 5        | 5        | 2664        | 267        | 195        | 94        | 18        | 90        | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4        | 4        | 4        | 2131        | 214        | 156        | 75        | 14        | 72        | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6        | 6        | 6        | 3197        | 320        | 234        | 113       | 22        | 108       | 6        | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB5 по P3           | <b>2825</b> | <b>3</b> | <b>3</b> | <b>3</b> | <b>2644</b> | <b>264</b> | <b>198</b> | <b>88</b> | <b>17</b> | <b>85</b> | <b>2</b> | <b>72</b> | <b>68</b> | <b>2571</b> | <b>2561</b> | <b>2829</b> |



Таблица 6.2. Эксперимент №6. Выходные данные СИМ-модели

|                     | <b>kpost</b> | <b>kokaz</b> | <b>kotk</b> | <b>kzapogv</b> | <b>knelzap</b> | <b>kvelzap</b> | <b>kzapkur</b> |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Эталон              | 2829         | 2574         | 25          | 271            | 19             | 177            | 94             |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2       | 2059,2       | 20          | 216            | 15,2           | 141,6          | 75,2           |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8       | 3088,8       | 30          | 325,2          | 22,8           | 212,4          | 112,8          |
| CB5 по P3           | <b>2829</b>  | <b>2561</b>  | <b>30</b>   | <b>266</b>     | <b>20</b>      | <b>178</b>     | <b>88</b>      |

Таблица 7.1. Эксперимент №7. Случайные величины

|                     | <b>CB1</b>  | <b>CB2</b> | <b>CB3</b> | <b>CB4</b> | <b>CB5</b>  | <b>CB6</b> | <b>CB7</b> | <b>CB8</b> | <b>CB9</b> | <b>CB10</b> | <b>CB11</b> | <b>CB12</b> | <b>CB13</b> | <b>CB14</b> | <b>CB15</b> | <b>CB23</b> |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5          | 5          | 5          | 2664        | 267        | 195        | 94         | 18         | 90          | 5           | 72          | 68          | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4          | 4          | 4          | 2131        | 214        | 156        | 75         | 14         | 72          | 4           | 58          | 54          | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6          | 6          | 6          | 3197        | 320        | 234        | 113        | 22         | 108         | 6           | 86          | 82          | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB6 по P3           | <b>2840</b> | <b>5</b>   | <b>5</b>   | <b>5</b>   | <b>2648</b> | <b>233</b> | <b>164</b> | <b>95</b>  | <b>19</b>  | 70          | <b>6</b>    | 48          | 48          | <b>2570</b> | <b>2568</b> | <b>2843</b> |

Таблица 7.2. Эксперимент №7. Выходные данные СИМ-модели

|                     | <b>kpost</b> | <b>kokaz</b> | <b>kotk</b> | <b>kzapogv</b> | <b>knelzap</b> | <b>kvelzap</b> | <b>kzapkur</b> |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Эталон              | 2829         | 2574         | 25          | 271            | 19             | 177            | 94             |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2       | 2059,2       | 20          | 216            | 15,2           | 141,6          | 75,2           |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8       | 3088,8       | 30          | 325,2          | 22,8           | 212,4          | 112,8          |
| CB6 по P3           | <b>2843</b>  | <b>2568</b>  | 34          | <b>239</b>     | <b>20</b>      | <b>144</b>     | <b>95</b>      |

**Эксперимент №4.** По P3 изменялась CB3 (см. таблицу 4.1). В допустимый интервал вошли отклонения 12 из 15 СВ: CB1, CB5, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CB11, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения 6 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk, kzapogv, kvelzap, kzapkur. (см. таблицу 4.2).

**Эксперимент №5.** По P3 изменялась CB4 (см. таблицу 5.1). В допустимый интервал вошли отклонения всех 16 СВ и отклонения всех 7 переменных (см. таблицу 5.2).

**Эксперимент №6.** По P3 изменялась CB5 (см. таблицу 6.1). В допустимый интервал вошли отклонения 14 из 15 СВ: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения всех 7 переменных (см. таблицу 6.2).

**Эксперимент №7.** По P3 изменялась CB6 (см. таблицу 7.1). В допустимый интервал вошли отклонения 12 из 15 СВ: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CB6, CB7, CB8, CB9, CB11, CB14, CB15, CB23 и отклонения 6 из 7 переменных, а именно kpost, kokaz, kzapogv, knelzap, kvelzap, kzapkur (см. таблицу 7.2).

**Эксперимент №8.** По P3 изменялась CB7 (см. таблицу 8.1). В допустимый интервал вошли отклонения 13 из 15 СВ: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CB8, CB9, CB10, CB11, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения 5 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk, knelzap, kzapkur (см. таблицу 8.2).

**Эксперимент №9.** По P3 изменялась CB8 (см. таблицу 9.1). В допустимый интервал вошли отклонения 10 из 15 СВ: CB1, CB5, CB6, CB8, CB9, CB10, CB12, CB13, CB14, CB15, а также CB23 и отклонения 6 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk, kzapogv, kzapkur (см. таблицу 9.2).

**Эксперимент №10.** По P3 изменялась CB9 (см. таблицу 10.1). В допустимый интервал вошли отклонения 9 из 15 СВ: CB1, CB5, CB8, CB9, CB10, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения 4 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk, kzapkur (см. таблицу 10.2).

**Эксперимент №11.** По P3 изменялась CB10 (см. таблицу 11.1). В допустимый интервал вошли отклонения 11 из 15 СВ: CB1, CB5, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения всех 7 переменных (см. таблицу 11.2).

Таблица 8.1. Эксперимент №8. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2      | CB3      | CB4      | CB5         | CB6 | CB7 | CB8       | CB9       | CB10      | CB11     | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5        | 5        | 5        | 2664        | 267 | 195 | 94        | 18        | 90        | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4        | 4        | 4        | 2131        | 214 | 156 | 75        | 14        | 72        | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6        | 6        | 6        | 3197        | 320 | 234 | 113       | 22        | 108       | 6        | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB7 по P3           | <b>2785</b> | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>2615</b> | 206 | 138 | <b>88</b> | <b>17</b> | <b>85</b> | <b>4</b> | <b>71</b> | <b>71</b> | <b>2557</b> | <b>2531</b> | <b>2794</b> |

Таблица 8.2. Эксперимент №8. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv | knelzap   | kvelzap | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271     | 19        | 177     | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216     | 15,2      | 141,6   | 75,2      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2   | 22,8      | 212,4   | 112,8     |
| CB7 по P3           | <b>2794</b> | <b>2531</b> | <b>23</b> | 210     | <b>16</b> | 122     | <b>88</b> |

Таблица 9.1. Эксперимент №9. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2 | CB3 | CB4 | CB5         | CB6        | CB7 | CB8       | CB9       | CB10      | CB11 | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|------------|-----|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267        | 195 | 94        | 18        | 90        | 5    | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214        | 156 | 75        | 14        | 72        | 4    | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320        | 234 | 113       | 22        | 108       | 6    | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB8 по P3           | <b>2821</b> | 9   | 9   | 9   | <b>2672</b> | <b>217</b> | 149 | <b>93</b> | <b>18</b> | <b>90</b> | 10   | <b>72</b> | <b>72</b> | <b>2549</b> | <b>2549</b> | <b>2822</b> |

Таблица 9.2. Эксперимент №9. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap | kvelzap | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------|---------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19      | 177     | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2    | 141,6   | 75,2      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8    | 212,4   | 112,8     |
| CB8 по P3           | <b>2822</b> | <b>2549</b> | <b>26</b> | <b>226</b> | 15      | 134     | <b>93</b> |

Таблица 10.1. Эксперимент №10. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2 | CB3 | CB4 | CB5         | CB6 | CB7 | CB8       | CB9       | CB10      | CB11 | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267 | 195 | 94        | 18        | 90        | 5    | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214 | 156 | 75        | 14        | 72        | 4    | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320 | 234 | 113       | 22        | 108       | 6    | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB9 по P3           | <b>2753</b> | 9   | 9   | 9   | <b>2597</b> | 200 | 138 | <b>77</b> | <b>15</b> | <b>75</b> | 7    | <b>63</b> | <b>63</b> | <b>2486</b> | <b>2486</b> | <b>2754</b> |

Таблица 10.2. Эксперимент №10. Выходные данные СИМ-модели

|                     | <b>kpost</b> | <b>kokaz</b> | <b>kotk</b> | <b>kzapogv</b> | <b>knelzap</b> | <b>kvelzap</b> | <b>kzapkur</b> |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Эталон              | 2829         | 2574         | 25          | 271            | 19             | 177            | 94             |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2       | 2059,2       | 20          | 216            | 15,2           | 141,6          | 75,2           |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8       | 3088,8       | 30          | 325,2          | 22,8           | 212,4          | 112,8          |
| CB9 по P3           | <b>2754</b>  | <b>2486</b>  | <b>30</b>   | 206            | 9              | 129            | <b>77</b>      |

Таблица 11.1. Эксперимент №11. Случайные величины

|                     | <b>CB1</b>  | <b>CB2</b> | <b>CB3</b> | <b>CB4</b> | <b>CB5</b>  | <b>CB6</b> | <b>CB7</b> | <b>CB8</b> | <b>CB9</b> | <b>CB10</b> | <b>CB11</b> | <b>CB12</b> | <b>CB13</b> | <b>CB14</b> | <b>CB15</b> | <b>CB23</b> |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5          | 5          | 5          | 2664        | 267        | 195        | 94         | 18         | 90          | 5           | 72          | 68          | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4          | 4          | 4          | 2131        | 214        | 156        | 75         | 14         | 72          | 4           | 58          | 54          | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6          | 6          | 6          | 3197        | 320        | 234        | 113        | 22         | 108         | 6           | 86          | 82          | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB10 по P3          | <b>2791</b> | 8          | 8          | 8          | <b>2637</b> | <b>250</b> | <b>177</b> | <b>103</b> | <b>20</b>  | <b>100</b>  | 8           | <b>79</b>   | <b>78</b>   | <b>2573</b> | <b>2563</b> | <b>2804</b> |

Таблица 11.2. Эксперимент №11. Выходные данные СИМ-модели

|                     | <b>kpost</b> | <b>kokaz</b> | <b>kotk</b> | <b>kzapogv</b> | <b>knelzap</b> | <b>kvelzap</b> | <b>kzapkur</b> |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Эталон              | 2829         | 2574         | 25          | 271            | 19             | 177            | 94             |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2       | 2059,2       | 20          | 216            | 15,2           | 141,6          | 75,2           |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8       | 3088,8       | 30          | 325,2          | 22,8           | 212,4          | 112,8          |
| CB10 по P3          | <b>2804</b>  | <b>2563</b>  | <b>30</b>   | <b>258</b>     | <b>22</b>      | <b>155</b>     | <b>103</b>     |

Таблица 12.1. Эксперимент №12. Случайные величины

|                     | <b>CB1</b>  | <b>CB2</b> | <b>CB3</b> | <b>CB4</b> | <b>CB5</b>  | <b>CB6</b> | <b>CB7</b> | <b>CB8</b> | <b>CB9</b> | <b>CB10</b> | <b>CB11</b> | <b>CB12</b> | <b>CB13</b> | <b>CB14</b> | <b>CB15</b> | <b>CB23</b> |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5          | 5          | 5          | 2664        | 267        | 195        | 94         | 18         | 90          | 5           | 72          | 68          | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4          | 4          | 4          | 2131        | 214        | 156        | 75         | 14         | 72          | 4           | 58          | 54          | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6          | 6          | 6          | 3197        | 320        | 234        | 113        | 22         | 108         | 6           | 86          | 82          | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB11 по P3          | <b>2905</b> | 9          | 9          | 9          | <b>2729</b> | <b>218</b> | 155        | <b>86</b>  | <b>17</b>  | <b>85</b>   | 11          | 52          | 52          | <b>2604</b> | <b>2604</b> | <b>2908</b> |

Таблица 12.2. Эксперимент №12. Выходные данные СИМ-модели

|                     | <b>kpost</b> | <b>kokaz</b> | <b>kotk</b> | <b>kzapogv</b> | <b>knelzap</b> | <b>kvelzap</b> | <b>kzapkur</b> |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Эталон              | 2829         | 2574         | 25          | 271            | 19             | 177            | 94             |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263         | 2059         | 20          | 216            | 15             | 142            | 75             |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3395         | 3089         | 30          | 325            | 23             | 212            | 113            |
| CB11 по P3          | <b>2908</b>  | <b>2604</b>  | <b>26</b>   | <b>229</b>     | 12             | <b>143</b>     | <b>86</b>      |

**Эксперимент №12.** По P3 изменялась CB11 (см. таблицу 12.1). В допустимый интервал вошли отклонения 8 из 15 CB: CB1, CB5, CB6, CB8,

CB9, CB10, CB14, CB15, CB23 и отклонения 6 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk, kzapogv, kvelzap, kzapkur. (см. таблицу 12.2).



Таблица 13.1. Эксперимент №13. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2 | CB3 | CB4 | CB5         | CB6        | CB7 | CB8        | CB9       | CB10      | CB11 | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|------------|-----|------------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267        | 195 | 94         | 18        | 90        | 5    | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214        | 156 | 75         | 14        | 72        | 4    | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320        | 234 | 113        | 22        | 108       | 6    | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB12 по P3          | <b>2857</b> | 9   | 9   | 9   | <b>2690</b> | <b>233</b> | 155 | <b>104</b> | <b>20</b> | <b>95</b> | 10   | <b>65</b> | <b>65</b> | <b>2547</b> | <b>2547</b> | <b>2858</b> |

Таблица 13.2. Эксперимент №13. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap | kvelzap | kzapkur    |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------|---------|------------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19      | 177     | 94         |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263        | 2059        | 20        | 216        | 15      | 142     | 75         |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3395        | 3089        | 30        | 325        | 23      | 212     | 113        |
| CB12 по P3          | <b>2858</b> | <b>2547</b> | <b>29</b> | <b>243</b> | 16      | 139     | <b>104</b> |

Таблица 14.1. Эксперимент №14. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2 | CB3 | CB4 | CB5         | CB6 | CB7 | CB8 | CB9 | CB10 | CB11 | CB12 | CB13 | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5   | 5   | 5   | 2664        | 267 | 195 | 94  | 18  | 90   | 5    | 72   | 68   | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263        | 4   | 4   | 4   | 2131        | 214 | 156 | 75  | 14  | 72   | 4    | 58   | 54   | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6   | 6   | 6   | 3197        | 320 | 234 | 113 | 22  | 108  | 6    | 86   | 82   | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB13 по P3          | <b>2918</b> | 9   | 9   | 9   | <b>2733</b> | 194 | 139 | 74  | 14  | 65   | 7    | 43   | 43   | <b>2617</b> | <b>2617</b> | <b>2920</b> |

Таблица 14.2. Эксперимент №14. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv | knelzap | kvelzap | kzapkur |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271     | 19      | 177     | 94      |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263        | 2059        | 20        | 216     | 15      | 142     | 75      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3395        | 3089        | 30        | 325     | 23      | 212     | 113     |
| CB13 по P3          | <b>2920</b> | <b>2617</b> | <b>28</b> | 197     | 12      | 127     | 74      |

**Эксперимент №13.** По P3 изменялась CB12 (см. таблицу 13.1). В допустимый интервал вошли отклонения 10 из 15 СВ: CB1, CB5, CB6, CB8, CB9, CB10, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения 5 из 7 переменных, а именно kpost, kokaz, kotk, kzapogv, kzapkur (см. таблицу 13.2).

**Эксперимент №14.** По P3 изменялась CB13 (см. таблицу 14.1). В допустимый интервал вошли отклонения 4 из 15 СВ: CB1, CB5, CB14, CB15, CB23 и отклонения 3 из 7 переменных: kpost, kokaz, kotk. (см. таблицу 14.2).

**Эксперимент №15.** По P3 изменялась CB14 (см. таблицу 15.1). В допустимый интервал вошли отклонения 13 из 15 СВ: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CB12, CB14, CB15, CB23 и отклонения всех 7 переменных (см. таблицу 15.2).

**Эксперимент №16.** По P3 изменялась CB15 (см. таблицу 16.1). В допустимый интервал вошли отклонения 14 из 15 СВ: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CB12, CB13, CB14, CB15, CB23 и отклонения всех 7 переменных (см. таблицу 16.2).

Таблица 15.1. Эксперимент №15. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2      | CB3      | CB4      | CB5         | CB6        | CB7        | CB8        | CB9       | CB10       | CB11     | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|------------|------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5        | 5        | 5        | 2664        | 267        | 195        | 94         | 18        | 90         | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4        | 4        | 4        | 2131        | 214        | 156        | 75         | 14        | 72         | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 226         |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6        | 6        | 6        | 3197        | 320        | 234        | 113        | 22        | 108        | 6        | 86        | 82        | 309         | 3089        | 3395        |
| CB14 по P3          | <b>2857</b> | <b>6</b> | <b>6</b> | <b>6</b> | <b>2688</b> | <b>261</b> | <b>184</b> | <b>105</b> | <b>21</b> | <b>105</b> | <b>8</b> | <b>82</b> | <b>82</b> | <b>2570</b> | <b>2570</b> | <b>2858</b> |

Таблица 15.2. Эксперимент №15. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap   | kvelzap    | kzapkur    |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19        | 177        | 94         |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2      | 141,6      | 75,2       |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8      | 212,4      | 112,8      |
| CB14 по P3          | <b>2858</b> | <b>2570</b> | <b>25</b> | <b>269</b> | <b>20</b> | <b>164</b> | <b>105</b> |

Таблица 16.1. Эксперимент №16. Случайные величины

|                     | CB1         | CB2      | CB3      | CB4      | CB5         | CB6        | CB7        | CB8       | CB9       | CB10      | CB11     | CB12      | CB13      | CB14        | CB15        | CB23        |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Эталон              | 2828        | 5        | 5        | 5        | 2664        | 267        | 195        | 94        | 18        | 90        | 5        | 72        | 68        | 2577        | 2574        | 2829        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2262        | 4        | 4        | 4        | 2131        | 214        | 156        | 75        | 14        | 72        | 4        | 58        | 54        | 2062        | 2059        | 2263        |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394        | 6        | 6        | 6        | 3197        | 320        | 234        | 113       | 22        | 108       | 6        | 86        | 82        | 3092        | 3089        | 3395        |
| CB15 по P3          | <b>2804</b> | <b>6</b> | <b>6</b> | <b>6</b> | <b>2655</b> | <b>228</b> | <b>163</b> | <b>92</b> | <b>18</b> | <b>85</b> | <b>7</b> | <b>68</b> | <b>67</b> | <b>2590</b> | <b>2590</b> | <b>2808</b> |

Таблица 16.2. Эксперимент №16. Выходные данные СИМ-модели

|                     | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap   | kvelzap    | kzapkur   |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Эталон              | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19        | 177        | 94        |
| $\mathcal{E}_{min}$ | 2263,2      | 2059,2      | 20        | 216        | 15,2      | 141,6      | 75,2      |
| $\mathcal{E}_{max}$ | 3394,8      | 3088,8      | 30        | 325,2      | 22,8      | 212,4      | 112,8     |
| CB15 по P3          | <b>2808</b> | <b>2590</b> | <b>29</b> | <b>232</b> | <b>20</b> | <b>143</b> | <b>92</b> |

### Дифференциация стохастических факторов по результатам СИМ

Рассмотрим влияние исходных данных разных СВ на результаты СИМ. В таблице 17 представлены значения  $N_{CB}$  числа СВ, отклонения которых не вошли в допустимый интервал  $\pm 20\%$  при изменении закона распределения «фиксированной» СВ с номером  $n$ :  $CB_n$  на равномерный при прогоне тестовой СИМ-модели (эталонные значения  $N_{CB}$  были изменены при  $N$  прогонах тестовой СИМ-модели более чем на  $\pm 20\%$ ). Из таблицы 17 видно, что исходные данные СВ4 (длительность анализа

КД-регистратором) не влияют на значения других СВ и переменных, следовательно – на результаты СИМ в целом. Аналогичным образом СВ5; СВ14 и СВ15 также сравнительно мало влияют на итоги моделирования – при прогонах СИМ-модели в допустимый интервал  $\pm 20\%$  не входили 1-2 значения СВ и переменных. Напротив, изменение закона распределения СВ13 (длительность перевозки результата запроса) существенно повлияло на значения 15 СВ и переменных – поэтому в данном случае можно говорить о значительном влиянии СВ13 на результаты СИМ.

Таблица 17. Число СВ, не вошедших в допустимый интервал, при изменении закона распределения фиксированной СВ на равномерный

| $CB_n$   | CB1 | CB2 | CB3 | CB4 | CB5 | CB6 | CB7 | CB8 | CB9 | CB10 | CB11 | CB12 | CB13 | CB14 | CB15 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| $N_{CB}$ | 4   | 3   | 4   | 0   | 1   | 4   | 4   | 7   | 9   | 4    | 8    | 7    | 15   | 2    | 1    |

Таблица 18. Число прогонов, в которых значения СВ не входили в допустимый интервал  $\pm 20\%$ 

| $CB_n$   | CB1 | CB2 | CB3 | CB4 | CB5 | CB6 | CB7 | CB8 | CB9 | CB10 | CB11 | CB12 | CB13 | CB14 | CB15 | CB23 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $N_{CB}$ | 0   | 10  | 10  | 10  | 0   | 3   | 6   | 1   | 1   | 3    | 10   | 4    | 5    | 0    | 0    | 0    |

Таблица 19. Итоговые результаты исследования тестовой СИМ-модели

|                         | kpost       | kokaz       | kotk      | kzapogv    | knelzap   | kvelzap    | kzapkur    |
|-------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| Эталон                  | 2829        | 2574        | 25        | 271        | 19        | 177        | 94         |
| $\mathcal{E}_{min}$     | 2263        | 2059        | 20        | 216        | 15        | 142        | 75         |
| $\mathcal{E}_{max}$     | 3395        | 3089        | 30        | 325        | 23        | 212        | 113        |
| Все по P3 (№1)          | 2698        | 2270        | 28        | 224        | 29        | 127        | 97         |
| <b>CB1 по P3 (№2)</b>   | <b>2447</b> | <b>2181</b> | <b>21</b> | <b>250</b> | <b>21</b> | <b>143</b> | <b>108</b> |
| <b>CB2 по P3 (№3)</b>   | <b>2822</b> | <b>2579</b> | <b>25</b> | <b>266</b> | <b>19</b> | <b>175</b> | <b>91</b>  |
| CB3 по P3 (№4)          | 2710        | 2487        | 23        | 250        | 15        | 165        | 87         |
| <b>CB4 по P3 (№5)</b>   | <b>2829</b> | <b>2574</b> | <b>25</b> | <b>271</b> | <b>19</b> | <b>177</b> | <b>94</b>  |
| <b>CB5 по P3 (№6)</b>   | <b>2829</b> | <b>2561</b> | <b>30</b> | <b>266</b> | <b>20</b> | <b>178</b> | <b>88</b>  |
| CB6 по P3 (№7)          | 2843        | 2568        | 34        | 239        | 20        | 144        | 95         |
| CB7 по P3 (№8)          | 2794        | 2531        | 23        | 210        | 16        | 122        | 88         |
| CB8 по P3 (№9)          | 2822        | 2549        | 26        | 226        | 15        | 134        | 93         |
| CB9 по P3 (№10)         | 2754        | 2486        | 30        | 206        | 9         | 129        | 77         |
| <b>CB10 по P3 (№11)</b> | <b>2804</b> | <b>2563</b> | <b>30</b> | <b>258</b> | <b>22</b> | <b>155</b> | <b>103</b> |
| CB11 по P3 (№12)        | 2908        | 2604        | 26        | 229        | 12        | 143        | 86         |
| CB12 по P3 (№13)        | 2858        | 2547        | 29        | 243        | 16        | 139        | 104        |
| CB13 по P3 (№14)        | 2920        | 2617        | 28        | 197        | 12        | 127        | 74         |
| <b>CB14 по P3 (№15)</b> | <b>2858</b> | <b>2570</b> | <b>25</b> | <b>269</b> | <b>20</b> | <b>164</b> | <b>105</b> |
| <b>CB15 по P3 (№16)</b> | <b>2808</b> | <b>2590</b> | <b>29</b> | <b>232</b> | <b>20</b> | <b>143</b> | <b>92</b>  |

**Подверженность СВ влиянию исходных данных.** В таблице 18 представлены значения числа прогонов  $N_{CB}$ , в которых отклонения от эталона СВ с номером  $n$ : СВ $n$  не входили в допустимый интервал  $\pm 20\%$ . Видно, что во всех 16 прогонах такими СВ были СВ1, СВ5, СВ14, СВ15, СВ23. Поэтому можно считать, что указанные СВ в наименьшей степени подвержены влиянию исходных данных для проведения СИМ. К ним близки СВ8 и СВ9, отклонения которых не вошли в

допустимый интервал лишь в одном прогоне. Напротив, отклонения СВ2, СВ3, СВ4 и СВ11 не вошли в допустимый интервал в 10 прогонах из 16, поэтому можно сделать вывод о том, что эти СВ в наибольшей степени подвержены влиянию исходных данных для проведения СИМ.

**Итоговые результаты СИМ.** В таблице 19 сведены итоговые результаты исследования СИМ-модели, полученные при изменении законов распределения конкретных СВ.

В экспериментах №2, №3, №5, №6, №11, №15, №16 все 7 переменных вошли в допустимый интервал отклонения в 20%.

### Заключение

Изменение закона распределения случайных величин СВ1 «Длительность приема документов», СВ2 «Время ожидания недостающих документов», СВ4 «Длительность анализа КД регистратором», СВ5 «Длительность анализа поступившего дела», СВ10 «Длительность анализа КД в ОГВ», СВ14 «Время ожидания заявителя», СВ15 «Время выдачи результата услуги заявителю» не влияет на итоговые значения СИМ-модели и в меньшей степени влияет на значения других СВ, поэтому можно считать, что данные СВ обусловлены второстепенными статистическими факторами.

### Литература

1. Ваулина К.В., Маслов О.Н. Влияние неопределенности исходных данных на эффективность статистического имитационного моделирования нерелефторной системы. Часть 1. Те-

стовая СИМ-модель // ИКТ. Т.14, №3, 2016. – С. 132-139. doi: 10.18469/ikt.2016.14.4.07

2. Димов Э.М., Маслов О.Н., Пчеляков С.Н., Скворцов А.Б. Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Часть 2. Имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. – 350 с.
3. Ануфриев Д.П., Димов Э.М., Маслов О.Н. и др. Статистическое имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в социально-экономических системах. Астрахань: Изд-во АстИСИ, 2015. – 366 с.
4. Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В. Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования // Информационные технологии. №6, 2014. – С. 51-57.

*Получено 10.02.2017*

**Ваулина Кристина Владимировна**, магистрант Кафедры экономических и информационных систем (ЭИС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 228-00-36, 8-927-016-98-11.

**Маслов Олег Николаевич**, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой ЭИС ПГУТИ. Тел. 8-902-371-06-24. E-mail: maslov@psati.ru

## INITIAL DATA UNCERTAINTY INFLUENCE ON EFFECTIVENESS OF NON-REFLECTIVE SYSTEM STATISTICAL SIMULATION. PART 2. DIFFERENTIATION OF STOCHASTIC FACTORS BASED ON THE EFFECTIVENESS OF SIM-MODEL APPLICATION

*Vaulina K.V., Maslov O.N.*

*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation  
E-mail: maslov@psati.ru*

In this article considers the problem of analysis of the effect of initial data uncertainties on the results of the statistical simulation. The object of study is a complex hierarchical non-reflexive system. The uncertainty of the initial data is taken into account in the formation of random numerical values, modeling the stochastic factors that affect the process of the functioning (working) non-reflexive hierarchical system. In the first part of the article presents the SSM-model of the business process «Provision of state and municipal services» Multifunctional Center (MFC) in Tyumen region. Model has been chosen as a test object for further research. In the second part of the article presents the results of experiments on the example of the selected test model and the analysis of the obtained values. In addition, there have been made findings on the impact of the uncertainty of initial data on the effectiveness of the SIM.

**Keywords:** non-reflexive system, statistical simulation, Dimov-Maslov method, the uncertainty of the initial data, test model

**DOI:** 10.18469/ikt.2017.15.1.08

**Maslov Oleg Nikolayevich**, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, 23 Lev Tolstoy str., Samara 443010, Russian Federation; the Head of Department of Economic Information Systems, Doctor of Technical Science, Professor. Tel.: +79023710624. E-mail: maslov@psati.ru

**Vaulina Kristina Vladimirovna**, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, 23 Lev Tolstoy str., Samara 443010, Russian Federation; student. Tel.: +78462280036, +79270169811.

### References

1. Vaulina K.V., Maslov O.N. Vliyanie neopredelennosti isходnyx dannyx na e'ffektivnost' statisticheskogo imitacionnogo modelirovaniya nereflektornoj sistemy. Chast' 1. Testovaya SIM-model' [Initial data uncertainty influence on effectiveness of non-reflective system statistical simulation. Part 1. Test statistical simulation model]. *Informacionnye tekhnologii*, 2016, vol. 14, no. 3, pp. 132-139. doi: 10.18469/ikt.2016.14.4.07
2. Dimov E.M., Maslov O.N., Pcheljakov S.N., Skvorcov A.B. *Novye informacionnye tehnologii: podgotovka kadrov i obuchenie personala. Ch. 2. Imitacionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v infokommunikacijah* [New information technologies: personnel training. P.2. Simulation modelling and management of business processes in infocommunications]. Samara, SNC RAN Publ., 2008, 350 p.
3. Anufriev D.P., Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Ju.V. *Statisticheskoe imitacionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v social'no-jekonomicheskix sistemah* [Statistical simulation modeling and business process management in the socio-economic systems]. Astrahan, AstISI Publ., 2015. 366 p.
4. Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Ju.V. Snizhenie neopredelennosti vybora upravlencheskix peshenij s pomoshh'ju metoda statisticheskogo imitacionnogo modelirovaniya [Reducing Uncertainty in a Choice of Management Desicions Using Statistical Simulation]. *Informacionnye tekhnologii*, 2014, no. 6, pp. 51-57.

Received 10.02.2017

## ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК 621.396

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДИСТАНЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Горячкин О.В.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ.

E-mail: oleg.goryachkin@gmail.com

Рассмотрены практические технологии получения радиолокационных изображений, в зависимости от вариантов базирования аппаратуры радиолокационных систем землеобзора: авиационные и космические моностатические; комбинированные с наземными системами мультистатические авиационные и космические; мобильные и наземные. Показаны перспективы применения мобильных радиолокационных (МРЛК) систем в целях подповерхностного зондирования с борта летательных аппаратов, многочастотного зондирования, наблюдения замаскированных или укрытых целей. Приводятся основные сравнительные характеристики авиационных радиолокаторов с синтезированной апертурой УКВ диапазона и МРЛК.

**Ключевые слова:** радиолокация, радиолокация с синтезированной апертурой, радиолокационное изображение, радиолокационные системы, дистанционное зондирование Земли, трубопровод, кабель, локация

### Введение

В связи с бурным развитием технологий радиолокационного дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) намечается существенный прогресс в решении ряда актуальных прикладных задач, к которым можно отнести проблемы природно-ресурсного и геологического мониторинга, создания природно-ресурсных кадастров, поиска

полезных ископаемых, дистанционного картографирования и мониторинга протяженных объектов естественного и искусственного происхождения. В частности, можно упомянуть контроль состояния газо-, нефте- и продуктопроводов, воздушных и подземных электросетей, сетей телекоммуникаций, а также поиск трасс и составлении схем подземных коммуникаций.