

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ ТЕПЛОСЕТЕЙ г. СУРГУТА

Л. А. Осипов (Санкт-Петербург), С. Д. Переладов (Сургут), Н. Н. Кузьмин

В структуре затрат, определяющих тарифы на энергоносители, важной составляющей являются ежегодные многомиллиардные затраты на поддержание теплосетей городских жилищно-коммунальных хозяйств (ЖКХ) в нормальном состоянии. Эти затраты должны обеспечивать не только нормативные потери тепловой энергии у потребителя, но и быть научно обоснованными. В связи с этим на сегодня в разработке СТАНДАРТА на организацию служб ЖКХ весьма актуальна задача выбора методик комплексной оценки схем рациональной организации этих служб и, в частности, ремонтной службы городских ЖКХ.

При организации ремонтной службы теплосетей городских ЖКХ обычно учитывается многообразие факторов, но, в конечном счете, при выборе окончательного варианта включается принцип централизации и децентрализации составляющих этой городской службы. Дать стоимостные оценки набору необходимых составляющих того или иного варианта структуры особого труда не составляет, но завершающий экономический анализ требует **оценки поведения** создаваемого варианта системы (оргструктуры) в целом, точного определения эксплуатационных затрат, материальных средств, использования транспорта и рабочей силы. При этом и система управления этой будущей структурой должна обеспечить автоматическое получение нормативов на перечисленные виды затрат, которые в свою очередь должны определять паспортные данные СТАНДАРТА оргструктуры как ремонтной службы, так и ЖКХ в целом.

Методы решения по оценке поведения существующих или вновь создаваемых оргструктур (служб) ЖКХ в настоящее время существенно отягощены материализмом. Эти методы основываются на эмпирическом подходе, порой для научности подкрепленного выводами регрессионного анализа, базирующегося на результатах исторически прошлой практики, и несут существенные для экономики страны погрешности в оценке, как результатов деятельности, так и в разработке годовых планов работы этих служб. Это является одной из главных, скрытых причин реформы ЖКХ.

Если говорить о новых методах, то желательно начать разговор с модельного представления наших объектов. В настоящее время в прогрессивных областях человеческой деятельности используются в противовес эмпирии абстрактные построения, а в среде абстрактных отдают предпочтение математическим теориям и моделям. В свою очередь математические модели, описывающие процессы в окружающем нас физическом и социальном мире, подразделяются на детерминированные и вероятностные (стохастические) модели.

Все достижения новейшей науки и практики базируются на теоретическом знании, напрямую или косвенно связаны с результатами развития теории случайных процессов и являются, в свою очередь, или разделами теории вероятностей или добились статуса самостоятельных математических теорий, в основе которых лежат вероятностные модели. Эти теории впитали в себя и результаты прошлых успехов естествознания (преимущество теорий), и открыли путь завоеваниям новых достижений в практике. Это мы видим в области биологии, атомной энергетики, освоения космоса, развития электроники, средств вычислительной техники, систем телекоммуникаций и даже в президентской программе подготовки управляющих кадров для новой истории страны.

Для описания деятельности участников рыночных процессов на сегодня не только можно, но и нужно воспользоваться выводами теории марковских процессов и таких ее приложений в инженерной практике, как теория массового обслуживания или ее развитие – теория линейных стохастических сетей. Положительными примерами применения этих теоретических схем в социальной практике является разработка вычисли-

тельных машин и комплексов, корпоративных систем управления, локальных и глобальных компьютерных сетей, Интернета, телекоммуникационных систем, навигационных комплексов и т. д.

Известный навигационный прибор **GPS** весом 200 грамм на маршрутах десятки и сотни километров выводит путешественника к намеченной цели с точностью до одного метра! Неужели в социально-экономических системах вида ЖКХ мы не сможем повысить точность расчетов в аналогичных единицах измерения м, г, шт., руб.? Не по той ли это самой причине, по которой мы не сможем достигнуть аналогичных результатов в ЖКХ, у нас официально запрещена торговля навигационным приемником **GPS**? Потому, что этот прибор очень нужен, ну просто необходим, контрабандистам и браконьерам, жуликам и вора, бандитам и новым русским.

Для вероятностных моделей характерно, что помимо среднего значения переменной m_x (норматива для экономистов) есть еще отклонение от среднего σ_x . В случае $\sigma_x=0$ мы имеем дело с традиционными, детерминированными моделями, и результаты новейших теорий с точностью до бесконечно малых совпадают с результатами классических теорий естествознания, в том числе и традиционных, в подавляющем большинстве дореволюционных, производственно-экономических описаний.

Если выполняются предположения теории марковских процессов (или теории массового обслуживания), определяющие наиболее напряженный из возможных режимов работы системы, то по формуле Поллачека-Хинчина мы можем иметь расхождение **системных характеристик** по сравнению с традиционными результатами ровно в два раза, но не более. В связи с этим отклонения выходных характеристик от расчетных на 2–3 порядка и более, что мы наблюдаем в ЖКХ, это или профанация науки, или застой научной мысли, или кто-то не чист на руки и срочно требуется вмешательство Счетной палаты Госдумы РФ.

Для теоретических схем, использующих вероятностные модели, характерно использование небольшого набора входных характеристик, от 3-х до 7. Эти случайные переменные описывают структуру исследуемого объекта и характеристики взаимодействия элементов. Количество выходных характеристик сведено к минимуму, от 1-ой до 5. Они определяют пространственно-временные характеристики объекта, т. е. основополагающие свойства исследуемой системы. Все они связаны простыми соотношениями, и определение одной из них позволяет просто рассчитать остальные.

В теории массового обслуживания вход в систему массового обслуживания (СМО), описывается интенсивностью входного потока заявок λ , количеством обслуживающих приборов (каналов) k , временем обслуживания τ . Выходные характеристики – это или время ожидания обслуживания ω , или длина очереди заявок I , или время пребывания в СМО T , или количество заявок L в СМО и коэффициент загрузки ρ СМО. Обычно в рамках теории СМО исследуется либо длина очереди заявок I на обслуживание, либо время ожидания ω начала обслуживания.

Теоретическое определение этих основополагающих пространственно-временных (системных) характеристик в начале организации протекания производственных процессов позволит разработчикам систем, а также эксплуатационникам видеть **возможности** эксплуатируемых систем. Специалистов экономического профиля может разочаровать такой ограниченный набор естественнонаучных характеристик системы, и они долго будут брюзжать и скулить по этому поводу, не понимая или не желая понять, что экономические показатели являются производными от пространственно-временных характеристик системы. Именно этот набор естественнонаучных характеристик, не смотря на экономические отношения и политический строй разных стран, сделал прорыв в технологии и человеческой истории за последние 50–70 лет.

Определение соответствия схем и характеристик теории СМО разновидностям производственно-экономических систем не требует особого ума и труда не составляет.

Не сложна и организация программ для расчета на ЭВМ выходных характеристик элементов производственной системы и системы в целом. Но, увы, а воз и ныне там.

Единственным выходом из создавшегося положения, ликвидирующим недостаток образования и знания инженерных разделов высшей математики, является применение такого метода научного познания, как метод Монте-Карло или, что то же самое, метода имитационного статистического моделирования. Существенно, в тысячи раз, ускоряя во времени познание объектов, этот метод применяется и для верификации теорий, и для проверки результатов практической деятельности, и не требует знания высшей математики!

Отдаленно метод имитационного статистического моделирования напоминает детские игры в кубики или детскую железную дорогу, где путем многократно повторяемых несложных приемов познаются отклики организации элементов, их наборов и назначение игры в целом. Так, и в научно-практических приложениях путем многократного проигрывания на ЭВМ близких по содержанию ситуаций, за счет изменения по принятым правилам входных характеристик $\{x\}$ и получения путем несложных математических преобразований отклика системы $\{y\}$, накапливается на выходе статистика поведения выходных характеристик $(m_y; \sigma_y)$. В отличие от традиционного, естественного наблюдения поведения наших объектов в течение многих лет и столетий, процесс познания на основе метода Монте-Карло идет со скоростью работы ЭВМ, занимает секунды, иногда минуты, при этом выходные характеристики можно получить с любой степенью точности.

Как пример применения метода имитационного моделирования в системе ЖКХ, рассмотрим службу ремонта теплосетей РТС-2 города Сургута. Модель ремонтной службы РТС-2 была далее положена в основу программы для ЭВМ на проблемно-ориентированном языке имитационного моделирования GPSS. Язык разработан в конце 50-х годов в США и в начале 60-х включен в стандартное математическое обеспечение ЭВМ фирмы IBM. В 2001 г. мировой общественностью там широко отмечалось 40-летие применения этого высокоэффективного языка в научной и практической деятельности.

Составляющие ремонтного хозяйства городской ремонтной службы РТС-2 города Сургута представлены на рис. 1. Мы видим ее разбивку на три района: RAJC – центральный район, RAJZ – западный район, RAJV – восточный район. Каждый район представлен участками (и их номерами) по видам аварийно-восстановительных работ (АВР): внутриквартальные – VK, магистральные – MT, теплопункты и подмешивающие станции – TP. Так, участок № 1 центрального района специализируется на выполнении внутриквартальных АВР и в своем составе содержит 4 бригады.

Структура РТС-2 рис. 1 определила модель ремонтного хозяйства и легко была переведена в программу исследования на языке имитационного моделирования GPSS. Блок-схема программы моделирования представлена на рис. 2.

На верхнем уровне блок-схемы отражены источники заявок на выполнение работ в РТС-2. Этих источников два G1 и G2 (операторы GENERATE в программе). Один из них G1 связан с отказами оборудования теплосети (ТС) и требует в дальнейшем выполнения аварийно-восстановительных работ (АВР). Другой источник G2 – работы, связанные с выполнением планово-предупредительного ремонта (ППР) и капитального ремонта (КР). Периодичность поступления определялась из анализа диспетчерских журналов и для G1 составила 4 ± 2 часа, а для G2 16 ± 8 часов. В программе предусмотрено отключение источника ППР и КР при проведении испытания модели РТС-2 с целью выяснения загрузки участков от разного вида заявок на обслуживание.

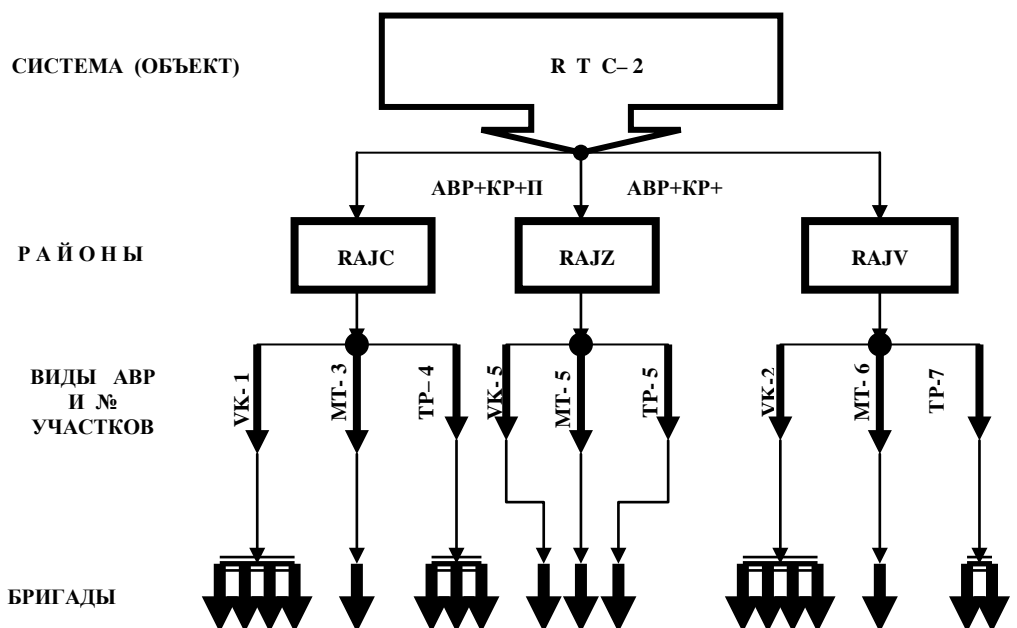


Рис. 1. Уровни иерархии РТС-2, участвующие в имитационной модели на языке GPSS, где RAJ(x) – районы $x=(C,Z,V)$ и участки по видам АВР – VK, MT, PS –внутриквартальные, магистральные, подмешивающие станции

На следующем уровне определяются: сезонность работы, район выполнения заявки, вид аварийно- восстановительных работ (АВР), номер участка.

Первое условие проверки позволяет выбрать район работ, где $P1=1$ определяет центральный район (RAJC), $P1=2$ – западный район (RAJZ), $P1=3$ – восточный район (RAJV). Второе условие проверки связано с выбором вида ремонтных работ. Так, если $P2=1$, то заявка связана с внутриквартальными АВР и т. д.

В выбранном районе для поступившей заявки на основе статистических предположений выбираются возможные для этого ремонта значения интересующих нас характеристик, как-то длины труб, вес электродов, времена занятия транспорта. Эти оценки выполнения разовых работ должны попадать в журналы учета (TABLE) с целью их статистической обработки в конце моделирования.

При входе в блок BBB3 производятся отметки времени появления заявок в очередях (QUEUE) разного функционального назначения, от очередей сезонности работ и РТС-2 до очередей районов, видов ремонта и участков. При этом в случае занятости ремонтной бригады заявка на АВР ожидает начала обслуживания в соответствующих очередях. Если обслуживающая бригада не занята, то поступившая заявка немедленно покидает очередь и поступает на обслуживание. Времена ожидания начала обслуживания заявок фиксируются в журнале учета (QTABLE), подсчитывается их число, которое в последствии учитывается при построении гистограммы ω (или l) и определении пары $(m_\omega; \sigma_\omega)$ или $(m_l; \sigma_l)$ среднего и среднеквадратического времени ожидания заявок в очередях или аналогично для длины очереди заявок l .

Попадая на обслуживание в специализированную бригаду, заявка проходит блок ENTER только в случае незанятости бригады. Время обслуживания определяется параметрами блока ADVANCE. После обслуживания заявки немедленно делается отметка об освобождении бригады в блоке LEAVE и очередная заявка, если она ожидает в очереди, поступает на обслуживание.

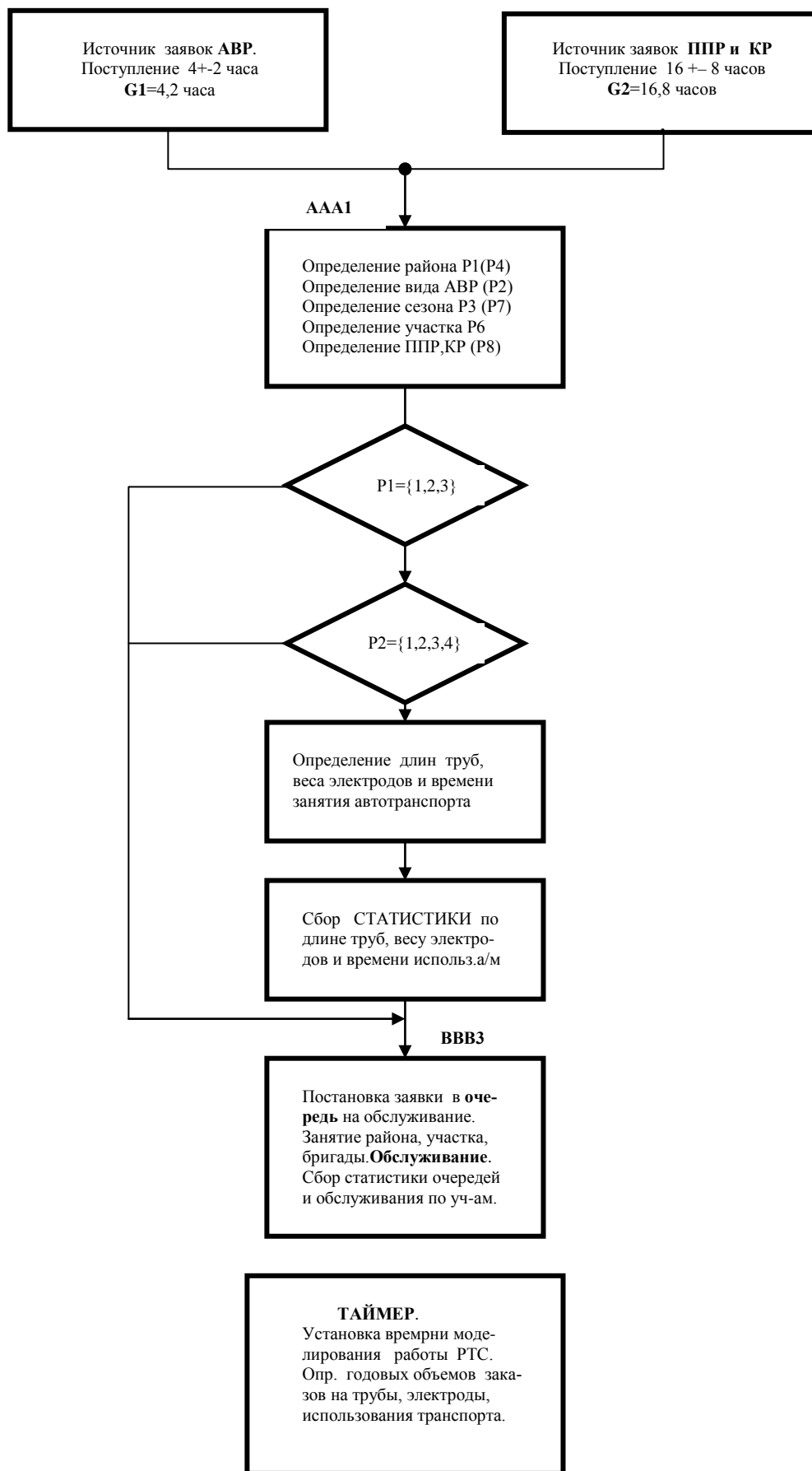


Рис. 2. Блок-схема программы моделирования РТС-2

Многokrатно выполняя операции по обслуживанию заявок, автоматически накапливаются ряды данных по фазам (точкам) процесса обслуживания. Окончательная обработка статистических данных производится в конце моделирования. Эта функция возложена на оператора программы TIMER. Этот блок следит за окончанием процесса моделирования. Он выдает команду статистической обработки накопленных за время моделирования данных. Все это происходит автоматически!

Время прогона 100 лет работы ремонтных служб РТС-2 на персональном компьютере с тактовой частотой работы процессора 1,7 ГГц заняло 9 секунд. Пример расчетов приведен в приложении 1.

Сначала в распечатке результатов моделирования приводятся данные по очередям в разных разрезах представления структуры РТС-2. В этой части интересны значения числа заявок прошедших через районы ремонтного хозяйства и РТС-2 в целом, значения средних и максимального значения заявок по очередям к структурным элементам системы.

Затем представлены результаты работы участков и бригад за 100 лет моделирования их работы. В распечатке отражено количество бригад по участкам в разных разрезах представления структуры РТС-2, максимально возможное число занятых бригад, общее количество ремонтов, среднее число используемых бригад, коэффициент загрузки участков.

Ряд результатов получен путем сведения вычислений по формулам в матрицы (Приложение 2). Так, в матрице DSTRUB для некоторых диаметров труб (57, 108, 500 мм) для Центрального района приведены расчеты нормативов их длины и стоимости на проведение одного аварийно-восстановительного ремонта (АВР), а также нормативные запасы этих размеров труб (в метрах и рублях) на плановый год. Знание значений разбросов этих нормативов позволит обосновать страховые запасы труб.

В матрице REZELE отражены расчеты нормативов в Центральном районе по использованию электродов на разные виды АВР (внутриквартальные – VK, магистральные – MT, центральные теплопункты и подмешивающие станции – TP). Также определены необходимые годовые потребности электродов на основе среднестатистических оценок годового количества этих видов АВР. Годовые планы заказов рассмотренных позиций, а также и труб, возможно производить с поквартальной или сезонной разбивкой, что положительно скажется как на складской, так и финансовой работе организации ремонтного хозяйства.

В матрице REZTRS представлены расчеты по занятости автотранспорта для обслуживания ремонтных бригад в Центральном районе. Мы видим занятость микроавтобусов «Соболь» на разных участках района по ликвидации как внутриквартальных (VK) АВР, так и на ликвидации аварий на тепловых пунктах и подмешивающих станций (TP). Определены временные нормативы занятости автотранспорта на ликвидацию этих видов АВР и, как следствие, стоимостные годовые затраты на содержание транспорта. Определение годового фонда занятости микроавтобусов позволит обосновать их количество на участках. Здесь же представлены аналогичные расчеты по использованию экскаватора при проведении АВР магистральной теплосети (MT) Центрального района.

Этот пример инженерных расчетов на основе имитации процессов работы ремонтной службы позволит единственно грамотно, с высоты последних технологических достижений науки обосновать необходимые нормативы живого и овеществленного труда, с высокой точностью провести расчеты годового и перспективного планирования, дать оценки структурных преобразований хозяйства ЖКХ. Обоснованные варианты организации работы ремонтной службы ЖКХ, всемерное снижение затрат на ее содержание в нужном направлении повлияют на определение тарифов на энергоносители и будут способствовать повышению **доверия** к реформе ЖКХ.

Приложение 1

Результаты моделирования 100 лет работы РТС-2
 GPSS World Simulation Report - GazProm8.134.2
 Вариант 134/2. Без учета Кап.и Пл-Пред.ремонтов
 Центр.р-н. G1=4,2 ч, G2=16,8 ч.Период мод-100лет
 Sunday, April 20, 2003 23:14:08

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	288000.000	107	0	20

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
очереди на	макс тек	ABP	ABP (0)	ср. содерж.	ср. вр. ож	ср. вр. ож-0	
обсл. АБР к	содерж. оч.	прошло	Тож=0	очереди	час.	час.	
RTC2	4	1	71993	69354	0.032	0.128	3.495 0
RAJС Уч-ки ц.р-на	3	0	31743	31043	0.009	0.080	3.606 0
RAJZ Уч-ки з.р-на	3	1	12323	11013	0.016	0.370	3.480 0
RAJV Уч-ки в.р-на	3	0	27927	27298	0.007	0.077	3.403 0
ZIMA	2	1	18181	17530	0.008	0.126	3.528 0
VESNA	2	0	18110	17456	0.008	0.122	3.375 0
LETO	2	0	17805	17131	0.008	0.137	3.622 0
OSEN	2	0	17897	17237	0.008	0.127	3.452 0
VKUCH Уч-к Вн-Кварт	3	1	36314	35448	0.011	0.085	3.575 0
VKUCHC1 центр.р-н	1	0	16098	16098	0.000	0.000	0.000 0
VKUCHZ5 запад.р-н	2	1	6319	5453	0.011	0.490	3.575 0
VKUCHV2 востч.р-н	1	0	13897	13897	0.000	0.000	0.000 0
MTUCH Уч-к Мгстр.ТС	3	0	12329	10982	0.017	0.392	3.584 0
MTUCHC3 центр.р-н	3	0	5439	4739	0.009	0.464	3.606 0
MTUCHZ5 запад.р-н	1	0	2003	1908	0.001	0.151	3.173 0
MTUCHV6 востч.р-н	3	0	4887	4335	0.007	0.410	3.627 0
TPUCH Уч-к ТеплоПункт	2	0	23350	22924	0.005	0.056	3.051 0
TPUCHC4 центр.р-н	1	0	10206	10206	0.000	0.000	0.000 0
TPUCHZ5 запад.р-н	2	0	4001	3652	0.004	0.290	3.328 0
TPUCHV7 востч.р-н	1	0	9143	9066	0.000	0.015	1.799 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE. C.	UTIL.	RETRY	DELAY
---------	------	------	------	------	---------	------	---------	-------	-------	-------

Управл.	Кол-во	своб.	кон.	Макс	Кол. АБР	Ср. колич.	Коэф.			
Участки	бригад	моделир.		бригад		зан. бригад	загр.			
RTC2	18	15	0	6	71993	1	2.034	0.113	0	0
RAJС Уч-ки ц.р-на	8	8	0	4	31743	1	0.891	0.111	0	0
RAJZ Уч-ки з.р-на	3	1	0	3	12323	1	0.358	0.119	0	0
RAJV Уч-ки в.р-на	7	6	0	5	27927	1	0.785	0.112	0	0
ZIMA	18	16	0	5	18181	1	0.513	0.029	0	0
VESNA	18	17	0	4	18110	1	0.511	0.028	0	0
LETO	9	9	0	4	17805	1	0.504	0.056	0	0
OSEN	9	9	0	4	17897	1	0.506	0.056	0	0
VKUCH Вн/кв. уч-ки	9	6	0	5	36314	1	1.020	0.113	0	0
VKUCHC1 №1 ц.р-на	4	4	0	4	16098	1	0.447	0.112	0	0
VKUCHZ5 №5 з.р-на	1	0	0	1	6318	1	0.175	0.175	0	1
VKUCHV2 №2 в.р-на	4	3	0	3	13897	1	0.387	0.097	0	0
MTUCH Уч-ки МагТС	3	3	0	3	12329	1	0.360	0.120	0	0
MTUCHC3 №3 ц.р-на	1	1	0	1	5439	1	0.152	0.152	0	0
MTUCHZ5 №5 з.р-на	1	1	0	1	2003	1	0.056	0.056	0	0
MTUCHV6 №6 в.р-на	1	1	0	1	4887	1	0.136	0.136	0	0
TPUCH Уч-ки ТеплоП	6	6	0	4	23350	1	0.654	0.109	0	0
TPUCHC4 №4 ц.р-на	3	3	0	3	10206	1	0.284	0.095	0	0
TPUCHZ5 №5 з.р-на	1	1	0	1	4001	1	0.111	0.111	0	0
TPUCHV7 №7 в.р-на	2	2	0	2	9143	1	0.255	0.127	0	0

Приложение 2

MATRIX	INDICES	NUMERIC VALUE	
DSTRUB - Расчетная матрица по потребности труб на проведение АВР			
	стр-стлб		
	(1,1)	57.000	диаметр трубы
	(2,1)	260.000	стоим.трубы в руб.
	(3,1)	3.563	ср.дл.трубы на 1АВР в м.
	(4,1)	926.384	стоим. трубы на 1 АВР
	(5,1)	28780.543	год.заказ 57 мм в м
	(6,1)	7482941.230	стоим.год.заказа в руб
	(1,2)	500.000	диаметр трубы
	(2,2)	3500.000	стоим.трубы в руб.
	(3,2)	3.611	ср.дл.трубы на 1АВР в м.
	(4,2)	12637.946	стоим. трубы на 1 АВР
	(5,2)	9899.592	год.заказ 500 мм в м
	(6,2)	34648571.668	стоим.год.заказа в руб
	(1,3)	108.000	диаметр трубы
	(2,3)	550.000	стоим.трубы в руб.
	(3,3)	1.392	ср.дл.трубы на 1АВР в м.
	(4,3)	765.590	стоим. трубы на 1 АВР
	(5,3)	7214.540	год.заказ в м 108 мм
	(6,3)	3967996.983	стоим.год.заказа в руб

REZELE - Расчетная матрица по использованию электродов в Центральном районе
стр-стлб

Вес электр. (кг) на 1VK АВР (1,1)	1.790
Стоим.электр(руб)на1VK АВР (2,1)	58.172
Год.зап.электр(кг)наVK АВР (3,1)	14458.041
Год.затр(руб)электр.VK АВР (4,1)	469886.348
Ср.год.кол-во VK АВР (5,1)	8077.580
Вес в кг электр.на 1MT АВР (1,2)	5.396
Стоим.электр.руб.на1MT АВР (2,2)	175.367
Год.запас элек.кг наMTABP (3,2)	14793.558
Год.затр.руб элек.на MTABP (4,2)	480790.625
Ср.год.кол-во MT АВР (5,2)	2741.630
Вес в кг электр.на 1TP АВР (1,3)	0.758
Стоим.электр.руб.на1TP АВР (2,3)	24.635
Год.зап.элект.кг на1TP АВР (3,3)	3928.697
Год.затр.руб элек.наTP АВР (4,3)	127682.647
Ср.год.кол-во TP АВР (5,3)	5182.930

REZTRS - Расчетная матрица по использованию а/транспорта в Центр. районе
Стр-стлб

Зан.а/м СОБОЛЬ на 1VK АВР (1,1)	70.118	(мин)
Стоим.1поездки на 1VK АВР (2,1)	175.295	(руб)
Год.ф.зан.Соболя наVK АВР (3,1)	9439.710	(час)
Год.затр. Соболя наVK АВР (4,1)	1415956.501	(руб)
Зан.ЭКСКАВАТОРА на 1MT АВР (1,2)	297.145	(мин)
Стоим.одной поездки MT АВР (2,2)	1238.106	(руб)
Год.ф.занят. ЭКСКАВ.МТ АВР (3,2)	13577.709	(час)
Год.затр.содрж.ЭКСКАВАТОРА (4,2)	3394427.366	(руб)
Зан.а/м СОБОЛЬ на 1TP АВР (1,3)	57.289	(мин)
Стоим.1поездки на 1TP АВР (2,3)	143.221	(руб)
Год.ф.зан.Соболя наTP АВР (3,3)	4948.712	(час)
Год.затр. Соболя наVK АВР (4,3)	742306.764	(руб)