

УДК 621.311:004.08:004.92

*А. А. Сулим (младший научный сотрудник, ГП «УкрНИИВ»)  
А. С. Сиора (инженер III категории, ГП «УкрНИИВ»)  
А. А. Мельник (ведущий инженер, ГП «УкрНИИВ»)  
В. В. Федоров (младший научный сотрудник, ГП «УкрНИИВ»)*

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ ЭНЕРГОЕМКОСТИ  
НАКОПИТЕЛЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ  
АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ  
МЕТРОПОЛИТЕНА**

*В статье рассмотрено специализированное программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать расчеты необходимой энергоемкости накопителя при возникновении аварийных режимов в системе энергообеспечения метрополитена. Выполнены расчеты энергоемкости накопителя при заданных входных данных с использованием предложенного программного обеспечения.*

*Ключевые слова: аварийный режим, накопитель, программное обеспечение, интерфейс.*

*У статті розглянуто спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати розрахунки енергоємності накопичувача під час виникнення аварійних режимів в системі енергозабезпечення метрополітену. Виконані розрахунки енергоємності накопичувача при заданих вхідних даних з використанням запропонованого програмного забезпечення.*

*Ключові слова: аварійний режим, накопичувач, програмне забезпечення, інтерфейс.*

**Постановка проблемы.** Метрополитен является наиболее экономичным и экологичным видом транспорта в городах-мегаполисах [1]. Кроме того, метрополитен имеет наибольшие перевозные возможности по сравнению с другими видами городского транспорта. Как следствие, к нему предъявляются особые требования с точки зрения электроснабжения и безопасности движения [2]. Однако, несмотря на то, что метрополитен является потребителем первой категории, в его системе тягового энергообеспечения (СТЭ) все же происходят аварийные режимы работы. Нередко при возникновении аварийных режимов в СТЭ приходится эвакуировать пассажиров из электропоезда метрополитена, находящегося в туннеле, что не является комфортным и безопасным для пассажиров. Эвакуация пассажиров может значительно усложниться при наличии инвалидов в вагонах электропоезда.

© Сулим А. А., Сиора А. С., Мельник А. А., Федоров В. В., 2014

---

## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

В настоящее время электропоезда метрополитена оборудованы резервным источником питания – аккумуляторной батареей, которая обеспечивает питание системы освещения, вентиляции, безопасности движения, а также сигнальные фонари при отсутствии питания на контактном рельсе. Таким образом, резервный источник питания позволяет поддерживать работоспособность систем жизнеобеспечения и безопасности, однако не позволяет осуществить вывод электропоезда из туннеля до ближайшей станции. Возможность формирования силы тяги при возникновении аварийных режимов в СТЭ является актуальной задачей с точки зрения безопасной и комфортной эвакуации пассажиров.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Из работ [1–3] известно, что применение емкостных накопителей энергии (ЕНЭ) при возникновении аварийных режимов в СТЭ метрополитена позволит осуществить вывод электропоезда из туннеля до ближайшей станции. Также известно, что ЕНЭ могут устанавливаться на стороне переменного тока перед тяговой подстанцией (ТП), на выходе тяговой подстанции и непосредственно на электропоезде метрополитена [4]. Более эффективной при возникновении аварийных режимов в СТЭ метрополитена является установка ЕНЭ непосредственно на электропоезде метрополитена. При данной установке накопителя есть возможность движения электропоезда при возникновении аварии на различных участках СТЭ метрополитена до токоємников электропоезда метрополитена включительно. Поэтому актуальным является дальнейшее развитие данного вопроса.

Одним из важных вопросов при возникновении аварийных режимов в СТЭ метрополитена является расчет энергоемкости накопителя с учетом реальных условий эксплуатации. К наиболее значимым условиям, которые влияют на необходимую величину энергоемкости накопителя, относят следующие: профиль пути, загрузка электропоезда, режим движения (ограничение максимальной скорости движения) [1, 3]. Проведенный анализ показал, что в работах других авторов решению этого вопроса уделено недостаточно внимания [3].

В работе [3] разработана методика, позволяющая выполнять расчеты необходимой энергоемкости накопителя при возникновении аварийных режимов в СТЭ метрополитена, включающая этапы вычислений, суть которых показана ниже.

Задаются оператором параметры, необходимые для расчета энергоемкости ЕНЭ при возникновении аварийного отключения питания в СТЭ метрополитена: в виде массива данных значения коэффициента задания силы тяги (торможения) ( $k_{тяги1...N}$ ), ( $k_{торм1...N}$ ), массива скорости движения ( $V_{1...N}$ ); массива КПД тягового двигателя ( $\eta_{ТД 1...N}$ ); в виде значений – масса электропоезда ( $m$ ), ограничение скорости движения на перегоне ( $V_{max}$ ), наибольший подъем ( $i_{max}$ ), при наличии кривых на максимальном уклоне наименьший радиус кривой ( $R_{min}$ ); КПД тяговой передачи ( $\eta_{тр.}$ ,  $\eta_{инв.}$ ,  $\eta_{ред.}$ ), допустимое отклонение от длины спрямленных участков пути ( $\pm \Delta L$ ), среднее, максимальное и минимальное напряжение на ЕНЭ ( $U_{ен}$ ,  $U_{енmax}$ ,  $U_{енmin}$ ), минимальное ускорение на наибольшем подъеме ( $a_{min}$ ), коэффициенты для расчета основного сопротивления движению ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ), максимальное значение силы тяги (торможения) ( $F_{max}$  ( $B_{max}$ )), коэффициент инерции вращающихся масс ( $I+\gamma$ ).

Кроме того, задаются параметры профиля пути: общая длина перегона ( $S$ ), количество участков ( $N$ ), длина каждого участка ( $L_{1...N}$ ), уклон каждого участка ( $i_{1...N}$ ), наличие кривых на каждом из участков (да/нет), в случае наличия кривых на участке указывается их количество ( $k$ ), для каждой из кривой – длина ( $s_{кр1...N}$ ) и радиус ( $R_{кр1...N}$ ).

---

## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

Рассчитывается основное сопротивление движению ЭПС для максимальной скорости по выражению:

$$W_{осн.} = (aV_{\max}^2 + bV_{\max} + c)9,81m. \quad (1)$$

Вычисляется дополнительное сопротивление движению ЭПС от наибольшего подъема по выражению [5, 6]:

$$W_i = 9,81mi_{\max}. \quad (2)$$

При наличии кривых на наибольшем уклоне рассчитывается дополнительное сопротивление движению электропоезда метрополитена от кривой с наименьшим радиусом по выражению [5, 6]:

$$W_r = \frac{700}{R}. \quad (3)$$

Проверяется условие: « $(F_{\max} > W_{осн.} + W_i + W_r)$ ?». Если условие выполняется, тогда рассчитывается ускорение при движении по наибольшему уклону с максимальной тягой. В противном случае необходимо вводить корректировку входных данных (увеличить максимальную силу тяги).

Выполняется расчет ускорения при движении по наибольшему уклону с максимальной тягой по выражению [3, 5, 6]:

$$a_i = \frac{F_{\max} - W_{осн.} - W_i - W_r}{m(1 + \gamma)}. \quad (4)$$

Проверяется условие « $(a_i > a_{\min})$ ?». Если условие выполняется, тогда рассчитывается среднее значение скорости и силы тяги (торможения).

$$\Delta F_{cpl...N} = \frac{(k_i F_{\max}(B_{\max}) + k_{i+1} F_{\max}(B_{\max}))}{2}; \quad (5)$$

$$\Delta V_{cpl...N} = \frac{(V_i + V_{i+1})}{2}. \quad (6)$$

В противном случае, необходимо вводить корректировку входных данных (увеличить максимальную силу тяги).

Расчет основного сопротивления движению ЭПС для средних скоростей определяется по выражению (1).

Выполняется подпрограмма спрямления профиля пути. Более подробно методика спрямления профиля пути изложена в работах [5, 6].

Выполняется расчет ускорения (замедления) по выражению [3, 5, 6]:

$$a_{cpl...N} = \frac{(F_{cpl...N}(B_{cpl...N}) - W_{осн.1...N} \pm W_{i1...K})}{m(1 + \gamma)}, \quad (7)$$

где  $K$  – количество спрямленных участков.

Проверяется условие « $a_{cpl...N} = 0$ ?». Если условие выполняется, тогда оператором присваивается значение пройденного пути  $\Delta s_{1...N}$ . В противном случае выполняется расчет пройденного пути при изменении скорости, а также текущего пройденного пути по выражениям [3, 5, 6]:

$$\Delta s_{1...N} = \frac{m(1 + \gamma)(V_{i+1...N}^2 - V_{i1...N}^2)}{25,92(F(B)_{cpl...N} - W_{осн.1...N} \pm W_{i1...K})}; \quad (8)$$

$$s_i = s_{i-1} + \Delta s_i. \quad (9)$$


---

## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

Проверяется условие « $(s_i < l_{i=1...K} \pm \Delta L)$ ?». Если условие выполняется, тогда рассчитывается время движения, потребляемый ток, расход и удельный расход электроэнергии ЭПС. Затем расчет выполняется для следующего режима движения.

В противном случае проверяется условие « $(s_i > l_{i=1...K} \pm \Delta L)$ ?». Если условие выполняется, тогда необходимо вводить корректировку входных данных (увеличить допустимое отклонение от длины спрямленных участков пути или изменить режим движения). В противном случае рассчитывается время движения, потребляемый ток, расход и удельный расход электроэнергии ЭПС. После выполнения расчетов для следующего режима движения изменяется участок пути и соответственно присваивается значение сопротивления от уклона следующего спрямленного участка пути. Выполняется расчет времени движения ЭПС при изменении скорости по одному из приведенных выражений [3, 5, 6]:

$$\Delta t_{1...N} = \frac{m(1+\gamma)(V_{i+1=1...N} - V_{i=1...N})}{3,6(F_{cpl...N} - W_{cpl...N} \pm W_{i=1...K})}; \quad (10)$$

$$\Delta t_{1...N} = \frac{(V_{i+1=1...N} - V_{i=1...N})}{3,6a_{cpl...N}}. \quad (11)$$

Выполняется расчет текущего времени в пути по выражению:

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t_i. \quad (12)$$

Рассчитываются средние значения мощности на ободах колес при изменении скорости по выражению:

$$P_{kmcpl...N} = \frac{F_{cpl...N}(B_{cpl...N})\Delta V_{cpl...N}}{3,6}. \quad (13)$$

Осуществляется расчет средних значений токов потребления и рекуперации в накопитель по выражениям [3]:

$$\Delta I_{cpl...N} = \frac{1000P_{kmcpl...N}}{U_{ен}\eta_{тр.}\eta_{инв.}\eta_{ТД}\eta_{ред.}}; \quad (14)$$

$$\Delta I_{cpl...N} = \frac{1000P_{kmcpl...N}\eta_{тр.}\eta_{инв.}\eta_{ТД}\eta_{ред.}}{U_{ен}}. \quad (15)$$

Выполняется расчет расхода электроэнергии и удельных затрат по выражениям [3, 5, 6]:

$$A_{1...N} = \frac{\Delta I_{cpl...N}U_{ен}\Delta t_{1...N}}{3,6 \cdot 10^6}; \quad (16)$$

$$a_{y\delta 1...N} = \frac{\Delta I_{cpl...N}U_{ен}\Delta t_{1...N}}{3,6m\Delta s_{1...N}}. \quad (17)$$

## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Выполняется расчет общего времени движения, среднего потребляемого тока в режимах тяги и рекуперации, расхода и удельного расхода электроэнергии в режимах тяги и рекуперации на заданном перегоне по выражениям [3]:

$$S = s_1 + s_2 + \dots + s_N; \quad (18)$$

$$t = t_1 + t_2 + \dots + t_N; \quad (19)$$

$$I_{\text{ср.тяги(рек)}} = \frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta I_{\text{ср}i} \cdot t_i; \quad (20)$$

$$A_{\text{тяги(рек)}} = A_1 + A_2 + \dots + A_N; \quad (21)$$

$$a_{\text{уд.тяги(рек)}} = \frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^N a_{\text{уд}i} \cdot t_i. \quad (22)$$

Вычисляется необходимая энергоемкость накопителя при аварийном движении ЭПС по заданному профилю пути по выражению [7]:

$$C \geq \frac{7,2 \cdot 10^6 A}{U_{\text{енmax}}^2 - U_{\text{енmin}}^2} = \frac{2I_{\Sigma \text{ср}} U_{\text{ен}} t_{\Sigma}}{U_{\text{енmax}}^2 - U_{\text{енmin}}^2}. \quad (23)$$

Следует отметить, что данные расчеты трудоемкие, и их реализация в ручном режиме приводит к возникновению ошибок. Автоматизация расчетов позволит свести к минимуму количество ошибок, вызванных человеческим фактором, а также сократить время получения результатов.

Кроме того, расчеты необходимой энергоемкости ЕНЭ необходимо выполнять при различных изменяющихся условиях: расстояние между станциями, профиль пути, режим движения электропоезда метрополитена. Как следствие, необходимо проводить отдельно расчеты при изменении этих условий. Таким образом, для многократного выполнения расчетов актуальным является их автоматизация.

**Цель статьи** – разработка программного обеспечения для автоматизации расчетов необходимой энергоемкости ЕНЭ для обеспечения вывода электропоезда из туннеля при возникновении аварийных режимов в СТЭ метрополитена.

**Изложения основного материала исследования.** В условиях ГП «УкрНИИВ» для автоматизации расчетов необходимой энергоемкости ЕНЭ разработана программа «Аварийный режим», которая включает в себя подпрограмму «Спрявление». Подпрограмма «Спрявление» позволяет упростить расчеты и сгладить изменение сил дополнительного сопротивления движению при переходе из одного профиля пути на другой. Суть спрявления пути заключается в замене заданного профиля на эквивалентный, который имеет меньшее количество участков пути и в котором кривые заменены на фиктивные уклоны.

Программы разработаны в среде графического программирования LabVIEW, главными преимуществами которой являются: возможность реализации алгоритмов высокого уровня сложности, наглядность и простота реализации, наличие удобного графического интерфейса.

Внешний вид графических интерфейсов оператора подпрограммы «Спрявление» и программы «Аварийный режим», представлены на рис. 1 – 2.

Интерфейс оператора подпрограммы «Спрявление» состоит из цифровых регуляторов и индикаторов, объединенных в условные группы по логическому

## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

содержанию. Так можно выделить блок задания профиля пути 1, блок спрямленного профиля пути 2, блок отображения заданного и спрямленного профиля пути 3.

В блоке 1 задаются следующие показатели:  $N$ ;  $L_{1...N}$ ;  $i_{1...N}$ ;  $k$ ;  $S_{кр1...k}$ ;  $R_{кр1...k}$ .

Профиль пути задается в ручном или автоматизированном режиме. При задании в ручном режиме в окне «Read from XML file» флаг не устанавливается. После ввода профиля пути имеется возможность сохранить эти данные путем установки флага в окне «Write to XML file». Для задания профиля пути в автоматизированном режиме необходимо установить флаг в окне «Read from XML file», после чего выбрать ранее сохраненный файл с расширением \*.xml. Реализованные функции считывания и записи позволяют сократить время ввода заданного профиля пути.

В блоке 2 выводятся результаты эквивалентного спрямленного профиля пути в виде таблицы.

В блоке 3 отображаются заданный и спрямленный профиль пути в виде диаграмм, на которых изображены уклоны и их длины на перегоне.

Интерфейс оператора программы «Аварийный режим» состоит из набора цифровых регуляторов для ввода параметров расчета и индикаторов для отображения результатов расчета. Элементы интерфейса сгруппированы по логическому содержанию, объединенные в следующие группы: блок входных параметров 1, массив входных значений 2, массив промежуточных вычислений 3, блок выходных параметров 4.

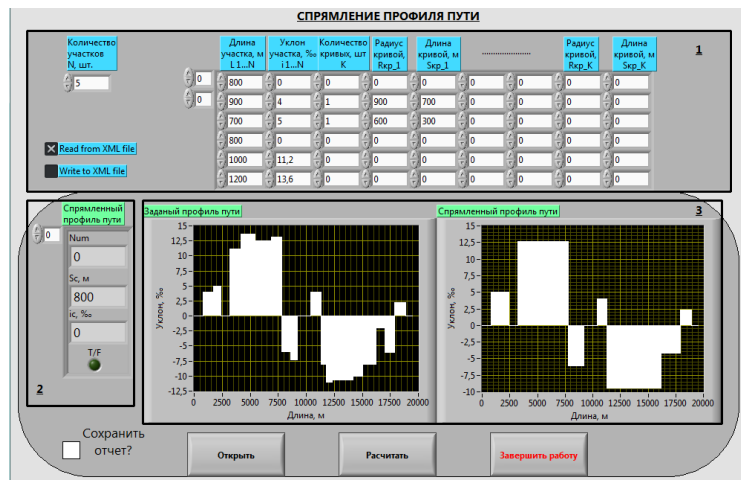
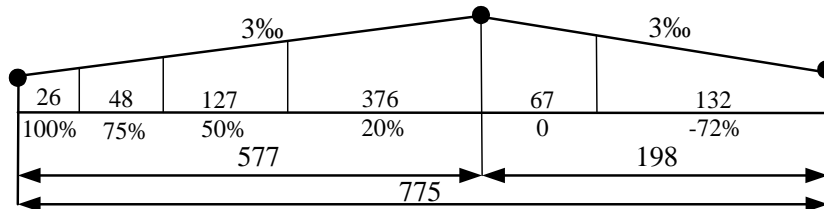


Рис. 1. Внешний вид графического интерфейса подпрограммы «Спрямоление»



## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Аналогичные входные данные использованы для расчетов в программе «Аварийный режим». Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 1. Сравнительный анализ результатов, полученных в ручном режиме и в программе «Аварийный режим», приведен в табл. 2.



**Рис. 3. Профиль пути, который необходимо преодолеть поезду метрополитена для выезда из туннеля**

Анализ расчетов (табл. 1, 2) позволил установить, что для заданного режима движения электропоезда метрополитена и заданного профиля пути необходимая величина энергоемкости должна составлять не менее 34,8 Ф.

**Таблица 1. Результаты расчета необходимой энергоемкости накопителя**

Входные данные		Выходные данные									
К <sub>тяги</sub> , (К <sub>горн</sub> )	V, км/час	F <sub>ср</sub> , кН	V <sub>ср</sub> , км/час	W <sub>осн</sub> , кН	a <sub>ср</sub> , м/с <sup>2</sup>	Δs, м	Δt, с	P <sub>кспр</sub> , кВт	ΔI <sub>ср</sub> , А	A, кВт·час	a <sub>уд.ср</sub> , Вт·час/т·км
1	0-10	50	5	2,71	0,147	26,2	18,8	69,4	192,3	0,4	62,3
0,75	10-15	37,5	12,5	2,97	0,100	48	13,8	130,2	360,6	0,55	46,7
0,5	15-20	25	17,5	3,27	0,053	126,7	26,3	121,5	336,5	0,98	31,2
0,2	20-19,37	10	19,7	3,42	-3·10 <sup>-3</sup>	376,7	68,9	54,7	151,4	1,16	12,5
0	19,37-20	0	19,7	3,42	0,014	67,7	12,4	0	0	0	0
-0,72	20-0	-36	10,0	2,86	-0,116	132,7	47,8	-100	-225,7	-1,2	-36,6
Общие время движения и пройденный путь (s, t)						<b>778</b>	<b>189</b>				
Среднее значение тока, общее количество и среднее значение удельного количества потребляемой электроэнергии (I <sub>ср</sub> , A, a <sub>уд.ср</sub> )									<b>148,2</b>	<b>3,09</b>	<b>18,6</b>
Среднее значение тока, общее количество и среднее значение удельного количества электроэнергии, которое возвращается в накопитель при торможении (I <sub>ср</sub> , A, a <sub>уд.ср</sub> )									<b>-57,4</b>	<b>-1,2</b>	<b>-9,3</b>
Энергоемкость накопителя, Ф								<b>34,8</b>			

**Таблица 2. Сравнительный анализ результатов**

Выполненные расчеты	Выходные и рассчитанные данные								
	S, м	t, с	I <sub>ср.тяги</sub> , А	I <sub>ср.рек</sub> , А	A <sub>тяги</sub> , кВт·час	A <sub>рек</sub> , кВт·час	a <sub>уд.ср.тяги</sub> , Вт·час/т·км	a <sub>уд.ср.рек</sub> , Вт·час/т·км	C, Ф
Ручной	776	189	149	-57	3,13	-1,21	18,7	-9,4	≥ 35,2
Программный	778	189	148,2	-57,4	3,09	-1,2	18,6	-9,3	≥ 34,8
Процентное отношение, %	0,3	0	0,5	0,7	1,3	0,8	0,5	1,1	1,1



## ІНФОРМАЦІЙНІ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

**Висновки.** Розроблено програмне забезпечення «Аварійний режим», яке дозволяє розрахувати необхідну енергоємність ЕНЗ при виникненні аварійних режимів в СТЗ метрополітена. Крім того, розроблена підпрограма «Спряmlення», дозволяюча спряmlяти заданий профіль шляху. Як результат, дана програма дозволяє значно скоротити час отримання результатів розрахунків.

Результати розрахунків, отримані в ручному режимі і в програмі «Аварійний режим» відрізняються не більше ніж на 1,3 %. Різниця, отримана в результатах розрахунків, є незначальною і обумовлена округленням при вирахуваннях, що свідчить про достовірність виконання розрахунків розробленою програмою.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Донченко А.В.* До питання витрат електроенергії на тягу вагонів метрополітену КП «Київський метрополітен» / А.В. Донченко, А.О. Сулим // Збірник наукових праць ДЕУТУ: «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕУТУ, 2013. – Вип. № 22. – С. 5 – 8.
2. *Шевлюгин М.В.* Система накоплення енергії на вагоні метро для аварійного виводу поезда из туннеля / М.В. Шевлюгин // Журнал «Наука и техника транспорта». – Москва, 2006. – Вип. № 3. – С. 29 – 32.
3. *Сулим А.А.* Расчет энергоёмкости накопителя при возникновении аварийных режимов в системе энергообеспечения метрополитена / А.А. Сулим, А.И. Ломонос // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – Луганськ, 2013. – Вип. № 16 (205) 2013. – Ч. 2. – С. 219 – 225.
4. *Сулим А.А.* Обоснование места установки емкостных накопителей энергии в системах тягового электроснабжения метрополитена / А.А. Сулим // Науково-виробничий журнал «Електромеханічні і енергозберігаючі системи». – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2/2013 (22). Ч. 2. – С. 282–285.
5. *Осипов С.И.* Основы тяги поездов. Учебник для студентов техникумов и колледжей ж/д транспорта / С.И. Осипов, С.С. Осипов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.
6. *Слепцов М.А.* Основы электрического транспорта: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.А. Слепцов, Г.П. Долаберидзе, А.В. Прокопович и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 464 с.
7. *Щуров Н.И.* Применение накопителей энергии в системах электрической тяги / Н.И. Щуров, К.В. Щеглов, А.А. Штанг // Сборник научных трудов НГТУ. – Новосибирск, 2008. – Вип. № 1 (51). – С. 99 – 104.

*Andriy A. Sulym*

*(junior researcher, SE «Ukrainian Research Car Building-Institute»)*

### SOFTWARE FOR CALCULATIONS AUTOMATION OF THE STORAGE DEVICE CAPACITY IF EMERGENCY OPERATIONS IN THE METRO SUPPLY SYSTEM OCCUR

*The article considers the specialized software that allows you to automate the calculations necessary drive energy consumption in case of emergency regimes in power supply system underground. The calculations of the energy intensity of the drive at the given input data using the proposed software.*

*In the article it is proposed to use auxiliary supply source – a capacitive storage if emergency operations in the traction power system occur. It is determined that, an*

---

*important and topical issue is an automation of a storage device capacity taking into account field operating conditions of the metro, that are track profile, electric train load, traffic condition. A calculation methodology of the storage device capacity taking into account above mentioned conditions was given. Principle of the methodology is in checking of the electric train traffic condition on the greatest down grade with minimum acceleration, and in the storage capacity determination taking into account a specified track profile and traffic condition. Software for calculations automation of the necessary storage device capacity was developed based on the methodology. An operator interface of the developed program and its main blocks was considered. A calculation of the storage device capacity at a specified track profile and traffic condition was performed. A comparative analysis of calculations results, performed manually and using the software was represented. Conclusions were made according to software development results and comparative analysis of the calculations.*

**Keywords:** emergency operation, storage device, software, interface.

## REFERENCES

1. Donchenko A.V., Sulym A.O. Do pyttannya elektroenerhii na tyagu vagoniv metropolitenu KP «Kyivskiy metropoliten» [The issue of power consumption for traction subway cars KP «Kyiv metro»]. *Zbirnyk naukovykh prats DETUT* [Proceedings of the State Economy and Technology University of Transport], 2013, issue 22, pp. 5 – 8.
2. Shevliugin M.V. Sistema nakopleniia energii na vagonie metro dlia avariinogo vyvoda poezda iz tunnelia [The system of energy storage on the subway car for emergency output trains out of the tunnel]. *Zhurnal «Nauka i tekhnika» – The magazine «Science and technology of transport»*, 2006, issue 3, pp. 29 – 32.
3. Sulym A.A. Raschet energoyemkosti nakopitelia pri vozniknovenii avariynykh rezhimov v sisteme energoobespechenia metropolitena [Calculation of energy consumption drive in case of emergency regimes in power supply system of underground]. *Visnyk Shidnoukrayinskogo natsionalnogo universytetu imeni V. Dalya* [Herald the Institute of East Ukraine V. Dahl National University], 2013, issue 16 (205), part 2, pp. 219 – 225.
4. Sulym A.A. Obosnovanie mesta ustanovki emkostnykh nakopiteley energii v sistemakh tyagovogo energosnabzheniya metropolitena [The rationale for the place of installation of the capacitive energy storage systems traction power supply underground]. *Naukovo-vyrobnychiy zhurnal «Elektromekhanichni i energozberigaiuchi systemy – Scientific and production journal «Electromechanical and energy saving systems»*, 2013, vol. 22, no. 2, pp. 282 – 285.
5. Osipov S.I., Osipov S.S. Osnovy tyagi poezdov [Basics traction trains]. Moscow, UMK MPS Russian Publ., 2000. – 592 p.
6. Sleptsov M.A., Dolaberidze G.P., Prokopovich A.V. Osnovy elektricheskogo transporta [Fundamentals of electric transport]. Moscow, «Academy» center Publ., 2006. – 464 p.
7. Shchurov N.I., Shcheglov K.V., Shtang A.A. Primenenie nakopitelei energii v sistemakh elektricheskoy tyagi [The use of energy storage systems of electric traction]. *Zbornik nauchnykh trudov NGTU* [Proceedings of the NSTU], 2008, vol. 51, no. 1, pp. 99 – 104.