

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ӘОЖ 629.3

Әбілдаева С.А., Ундирбаев М.С.

Қазақ ұлттық аграрлық университеті

ГИБРИДТІ АВТОМОБИЛЬДІҢ ТАРТУШЫ АККУМУЛЯТОРЛЫҚ БАТАРЕЯСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Гибридті автомобильдің тартушы NiMH аккумуляторлық батареясының математикалық моделі қарастырылды. Бұл модель тежелу энергиясының қалпына келтіру процесі және электротартуды қолданып автомобильдің қозғалуы кезіндегі тартушы аккумуляторлық батарея мен тартушы электр жетегі арасындағы байланысты зерттеуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: идентификациялау, математикалық модель, тартушы аккумуляторлық батарея, электр қозғаушы күші (ЭҚК), ішкі кедергі, зарядталу дәрежесі, номиналды сыйымдылық.

Кіріспе

Автомобильдің жанармай шығынын үнемдеу мен экологиялық тазалықты жоғарылату мәселесін шешу бағытында тартушы электр жетегін қолдану маңызды болып табылады. Бұл бағыт электромобильдерді жақсарту және құрамалы энергетикалық қондырғымен жабдықталған автокөлік құралдарын жасау үшін маңызды.

Тартушы электр жетегі бар автокөлік құралдарының энергиясын жинақтаушы ретінде көп жағдайда электрохимиялық ток көзі – тартушы аккумуляторлық батареялар қолданылады. Тартушы аккумуляторлық батареялар ретінде қолдануға жарамды аккумуляторлардың бірнеше типі бар. Бірақ олардың бірден бірі тартушы аккумуляторлық батареяларға қойылатын талаптардың бәріне жауап бермейді, сонымен бірге тиімді батареяны таңдаудың бекітілген критерийі жоқ.

Негізгі бөлім

Гибридті автомобильдің аккумуляторлық батареясы энергия мен қуаттың нақты жоғары мәніне, жоғары ПӘК, «заряд-разряд» циклының жоғары санына, төмен баға, пайдаланудағы қауіпсіздік, техникалық қызмет көрсетудің төмен бағасы, зарядтауға уақыттың аз кетуі сияқты талаптарға жауап беруі қажет.

Гибридті автомобильдің және электромобильдің жаңа құрамалы энергетикалық қондырғысын құрастыру кезінде олардың параметрлері мен сипаттамаларын ғылыми негіздеудің қиындығы туындайды. Осы қиындықты шешу үшін сәйкес математикалық модель арқылы есептеу тәжірибелерін жүргізуге негізделген әдістер қолданылады. Тәжірибелер нәтижесі әртүрлі шешімдерге салыстырмалы талдау жасаудың негізі болады. Бұл мақала гибридті автомобильдің тартушы аккумулятор батареясын математикалық модельмен идентификациялауға арналған, яғни тежелудің кинематикалық энергиясын қалпына келтіруді есепке ала отырып, құрамалы энергетикалық қондырғының энергетикалық тепе-теңдігіне әсер ететін ерекшеліктерін қарастыру.

Соңғы жылдары шетелдік зерттеушілердің әртүрлі көлік құралдарының энергиясын қалпына келтіру жүйесі мен энергия жинақтауыш, тартушы электр жетегінің математикалық моделін идентификациялауға арналған көптеген еңбектері жарық көрді. Бұл қарастырып отырған мәселенің өзектілігін көрсетеді. Әртүрлі тарту және жылдамдық режимдерінде тартушы аккумуляторлық батареяның пайдалану көрсеткіштерінің өзгерісін модельдеу өте маңызды екенін атап өткен жөн.

Тартушы электр жетегінде қолданылатын аккумуляторлық батареялардың негізгі типтері төмендегі кестеде көрсетілген.

1-кесте. Тартушы электр жетегінде қолданылатын аккумуляторлық батареялардың негізгі типтері

Параметр	Аккумулятор типі						
	қорғасын-қышқылды	темір-никельді	никель-кадмийлі	никель-металлогидридті	натрий-күкіртті	никель-хлоридті	литий-ионды
үлестірілген-ген қуат, Вт/кг	35...300	70...130	100...200	140...200	90...120	150	100
энергия тығыздығы, Вт·сағ/дм ³	50...90	60...100	60...100	100...210	75...110	160	100
үлестіріліген энергия, Вт·сағ/кг	15...45	35...60	30...60	55...80	80...120	100	150
«заряд-разряд» цикл саны	300...600	400...1200	1000...1500	1000	250...500	500	300
бағасы, ш.б./кВт·сағ	70...400	400...500	500	150...800	300	>1000	>1000

Осы уақытқа дейін тартушы электр жетегінде қорғасын-қышқылды тартушы аккумуляторлық батарея қолданылып келген. Олар номиналды электр қозғаушы күші $E_{AK}=2,1$ В және төмен ішкі кедергімен сипатталады. Электр қозғаушы күшінің тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесіне тәуелділігі сызықты түрде жуық мәнге ие. Бұл бірінші жуық мәнді келесі түрде жазуға болады:

$$E_{TAB} = n_{TAB} \cdot E_{AK} = n_{TAB} \cdot (0,15 \cdot \theta_{TAB} + 2,00), (B), \quad (1)$$

Бұл жерде:

n_{TAB} – тартушы аккумуляторлық батарея құрамындағы тізбектеле қосылған аккумуляторлар саны;

$\theta_{TAB} = \frac{C_{TAB}}{C_{TAB\ nom}} = [0,1]$ – тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесі;

C_{TAB} – номиналды разряд режимінде тартушы аккумуляторлық батарея бере алатын сыйымдылық А·сағат саны;

$C_{TAB\ nom}$ – тартушы аккумуляторлық батареяның номиналды сыйымдылығы.

Қорғасын-қышқылды тартушы аккумуляторлық батареяның ішкі кедергісі үшін тиімді жуық мән келесі өрнекте келтірілді:

$$R_{TAB} = n_{TAB} \cdot \frac{0,022}{C_{TAB}}, [Om] \quad (2)$$

Қорғасын-қышқылды тартушы аккумуляторлық батареяның өзіндік разрядталуы күніне шамамен 2%-ды құрайды. Толық зарядталу уақыты – 8 сағат. Сонымен бірге 1 сағатта 90%-ға дейін зарядталуы мүмкін. Салыстырмалы түрде қорғасын-қышқылды тартушы аккумуляторлық батареяның шамалы ғана үлестірілген қуаты мен үлестірілген энергиясы олардың төмен бағасымен өтеледі. Қазіргі уақытта көптеген құрамалы энергетикалық қондырғысы бар гибриді автомобильдерді жасаушылар никель-металлогидридті (NiMH) аккумуляторлық батареяларды таңдайды, бірақ бұл батареялардың қызмет ету мерзімі мен үлестірілген көрсеткіштері жақсы болғандықтан қымбат тұрады. NiMH типіндегі батареяның электр қозғаушы күші $E_{AK} = 1,2$ В тең. Батарея электр қозғаушы күшінің зарядталу дәрежесінен тәуелділігі келесі өрнекпен жуықталады:

$$E_{TAB} = n_{TAB} \cdot E_{AK}(\theta_{TAB}), \quad (3)$$

Ал E_{AK} келесі теңдеумен өрнектеледі:

$$E_{AK} = -8,2816 \cdot (1 - \theta_{TAB})^7 + 23,575 \cdot (1 - \theta_{TAB})^6 - 30,0 \cdot (1 - \theta_{TAB})^5 + 23,7053 \cdot (1 - \theta_{TAB})^4 - 12,558 \cdot (1 - \theta_{TAB})^3 + 4,131 \cdot (1 - \theta_{TAB})^2 - 0,8658 \cdot (1 - \theta_{TAB}) + 1,37, \quad [B]$$

NiMH типтегі тартушы аккумуляторлық батареяның ішкі кедергісі жеткілікті төмен болады және бірінші жуықтауда келесі өрнектен алынады:

$$R_{TAB} = n_{TAB} \cdot \frac{0,06}{C_{TAB\ nom}}, \quad [Om], \quad (4)$$

Никель-металлогидридті тартушы аккумуляторлық батареяның өзіндік разрядталуы күніне шамамен 5%-ды құрайды. Толық зарядталу уақыты – 1 сағат. Сонымен бірге 20 минут ішінде номиналды сыйымдылығы 60%-ға дейін тез зарядтау режимі мүмкін. Сонымен бірге тартушы электр жетегінде литий негізінде (литий-ионды, литий-полимерлі) жасалған аккумуляторларды қолдану да ыңғайлы деп есептеледі. Литий-ионды батареялардың номиналды электр қозғаушы күші төмен, ішкі кедергі кезінде $E_{AK} = 3,5$ В құрайды. Литий-ионды тартушы аккумуляторлық батареяның өзіндік разрядталуы айына шамамен 10%. Толық зарядталу уақыты – 2-3 сағат. Литий-ионды типті батареяны кеңінен қолданысқа енгізу кейбір технологиялық мәселелерді шешпейді және бағасы өте жоғары.

Toyota Prius III (2003 ж. және одан кейінгі жылдар) автомобилінің құрамалы энергетикалық қондырғысында номиналды кернеу $U_{TAB\ nom} = 201,6$ В қамтамасыз ететін, 28 модульдерге жиналған 168 аккумулятордан тұратын NiMH типтегі тартушы аккумуляторлық батарея қолданылады. Toyota Prius II (2000-2003 ж.ж.) автомобилі 38 модульдерге жиналған 228 аккумулятордан тұратын NiMH типтегі тартушы аккумуляторлық батареямен жабдықталған. Номиналды кернеу $U_{TAB\ nom} = 273,6$ В қамтамасыз етеді. Осы типтегі тартушы электр батареяның номиналды сыйымдылығы $C_{TAB\ nom} = 6,5$ А·сағ, разрядтау тогы $I_{TAB\ dis\ max} = 80$ А, ал зарядтың максималды тогы $I_{TAB\ chg\ max} = -50$ А құрайды.

Осы жұмыстың негізгі мақсаты тежелу энергиясын қалпына келтіру процесі және электр жетекті қолдану арқылы автомобиль қозғалысы кезінде тартушы аккумуляторлық батарея мен тартушы электр жетегінің үйлесімділігін зерттеу үшін жарамды гибриді автомобиль батареясының математикалық моделін синтездеу болып табылады. Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндетті атқарған жөн: тартушы аккумуляторлық батарея моделін параметрлік және құрылымдық идентификациялау мәселесін шешу керек.

Модельдің күрделілік деңгейі стандартты жүріс циклындағы автомобиль қозғалысында, құрамалы энергетикалық қондырғыны зерттеу мүмкіндігін қамтамасыз етуі қажет.

Тартушы аккумуляторлық батарея моделін құрылымдық идентификациялау

Құрылымдық энергетикалық қондырғыны модельдеу кезінде тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесін келесі өрнекпен жазуға болады:

$$\theta_{TAB} = \theta_{TAB 0} - \frac{1}{3600 \cdot C_{TAB \text{ ном}}} \cdot \int_0^t I_{TAB} dt, \quad (5)$$

Бұл жерде $\theta_{TAB 0}$ – $t=0$ уақытындағы тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесі.

Егер тартушы аккумуляторлық батареяны алмастырудың эквивалентты схемасын тізбектеле байланысқан эквивалентты электр қозғаушы күші мен эквивалентті ішкі кедергі түрінде ұсынатын болсақ, онда батарея кернеуін келесі өрнектен анықтауға болады:

$$U_{TAB} = E_{TAB} - I_{TAB} \cdot R_{TAB}, \quad (6)$$

Бұл өрнек тартушы аккумуляторлық батареяның динамикалық қасиетін ескермейді, яғни құрамалы энергетикалық қондырғының қасиеттерін зерттеу кезінде осы қасиетті ескермеуге болады. Жалпы жағдайда E_{TAB} және R_{TAB} тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесінің, электролит температурасының (t_{TAB}^0), ток бағыты мен шамасының (I_{TAB}) функциясы болып табылады.

$$E_{TAB} = f \cdot (\theta_{TAB}, I_{TAB}, t_{TAB}^0); \quad (7)$$

$$R_{TAB} = f \cdot (\theta_{TAB}, I_{TAB}, t_{TAB}^0); \quad (8)$$

Аккумуляторлық батареямен қолданылатын немесе берілетін қуат келесі өрнекпен анықталады:

$$P_{TAB} = U_{TAB} \cdot I_{TAB} = (E_{TAB} - I_{TAB} \cdot R_{TAB}) \cdot I_{TAB}$$

Сондықтан

$$I_{TAB} = \frac{1}{2 \cdot R_{TAB}} (E_{TAB} - \sqrt{E_{TAB}^2 - 4 \cdot R_{TAB} \cdot P_{TAB}}); \quad (9)$$

Түбір астындағы өрнектің мәні теріс болуына $P_{TAB} > P_{TAB \text{ max}}$ жағдайы әсер етеді, бұл жерде $P_{TAB \text{ max}}$ – тартушы аккумуляторлық батарея беретін максималды қуат. Сәйкесінше $P_{TAB \text{ max}}$ келесі өрнек түрінде жазылады:

$$P_{TAB \text{ max}} = \frac{E_{TAB}^2}{4 \cdot R_{TAB}}$$

Гибридті автомобильдің тартушы электр жетегі тартушы аккумуляторлық батарея арқылы қоректенетін болса, ал генератор режимінде өндірілетін қуат тартушы аккумуляторлық батареяны зарядтауға кететін болса, онда өрнекті келесі түрде жазуға болады:

$$\begin{cases} P_{TAB} = \frac{P_{VD}}{\eta_{inv}} + P_{dop}, & \text{егер } P_{VD} \geq 0 \\ P_{TAB} = P_{VD} \cdot \eta_{inv} + P_{dop}, & \text{егер } P_{VD} \leq 0 \end{cases}$$

P_{VD} – электр жетегі пайдаланатын қуат.

Егер тартушы электр жетегінің орнына вентильді двигатель қолданылатын болса, өрнек келесі түрде болады:

$$P_{VD} = \frac{3}{2} \cdot (u_d \cdot i_d + u_q \cdot i_q); \quad (10)$$

u_d, u_q, i_d, i_q – айналмалы координаталар жүйесінде ротормен байланысты осьтегі статор тогы мен кернеу векторының проекциялары.

P_{dop} – қосымша электр жабдығымен борт жүйесінде пайдаланылатын қуат.

η_{inv} – ендік-импульстік модуляциясы бар үш фазалы инвертор ПӘК.

Двигатель режимінде $P_{VD} = P_{ptr} > 0$, ал генератор режимінде $P_{VD} = P_{gnr} < 0$ болады. Гибридті автомобильдерде энергияны жинақтауыш ретінде тартушы аккумуляторлық батареялармен қоса суперконденсаторлар қолданылады. Мұндай техникалық шешім аккумуляторлық батареяларға қойылатын кейбір шектеулерді шешуге мүмкіндік береді. Суперконденсаторларды қолдану $T_{SC} = 0,1 \dots 10$ с тұрақты уақыт аралығындағы бірінші ретті апериодикалық байланыстың энергия жинақтауыш математикалық моделіне қосымен эквивалентті.

Тартушы аккумуляторлық батарея моделін параметрлік идентификациялау

Нақты типтегі тартушы аккумуляторлық батареяның математикалық моделін параметрлік идентификациялау кезінде никельден тұратын батареяларға арналған әдістер қолданылады. Бұл әдіс электролит температурасының әртүрлі мәндерінде, берілген амплитуданың тікбұрышты импульс түрлерінде токтың заряд және разряд кезіндегі аккумуляторлық батареяның заряд-разряд сипаттамаларын зерттеуге негізделген. Осы зерттеу нәтижелеріне сәйкес электр қозғаушы күштерінің эквиваленттілігі, батареяның оның зарядталу дәрежесінен ішкі кедергісі, ток мөлшері мен бағыты, электролит температурасы сияқты сипаттамалар жөнінде қорытынды жасауға болады. Ток бағыты мен тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесі электр қозғаушы күшіне айтарлықтай әсер етеді. Электр қозғаушы күші шамасының тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесінен тәуелділігі үшінші дәрежелі полиноммен жуықтала алады:

$$E_{TAB} = n_{TAB} \cdot E_{AK}(\theta_{TAB})$$

$$\begin{cases} E_{AK} = 0,46263 \cdot \theta_{TAB}^3 - 0,69708 \cdot \theta_{TAB}^2 + 0,41778 \cdot \theta_{TAB} + 1,1516, & \text{егер } I_{TAB} \geq 0; \\ E_{AK} = -0,00352 \cdot \theta_{TAB}^3 - 0,2592 \cdot \theta_{TAB}^2 + 0,48776 \cdot \theta_{TAB} + 1,1364, & \text{егер } I_{TAB} < 0 \end{cases}$$

Тартушы аккумуляторлық батареяның разряд режимі ($I_{TAB} \geq 0$) үшін аппроксимацияның орта квадраттық қателігі $\sigma = 0,0095363$, ал заряд режимі ($I_{TAB} < 0$) үшін $\sigma = 0,0095332$ тең. Құрамалы энергетикалық қондырғының жұмысы кезінде электронды басқару блогы тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесін $\theta_{TAB} = 0,4 \dots 0,8$ диапазон аралығында болуын қамтамасыз етеді. Егер θ_{TAB} өзгеруінің шектелген жұмыс диапазонын ескеретін болсақ, онда сызықты аппроксимациямен шектелуге болады:

$$E_{TAB} = f \cdot (\theta_{TAB}, \text{sign}(I_{TAB})):$$

$$\begin{cases} E_{TAB} = n_{TAB} \cdot (0,093727 \cdot \theta_{TAB} + 1,197), & \text{егер } I_{TAB} \geq 0 \\ E_{TAB} = n_{TAB} (0,16112 \cdot \theta_{TAB} + 1,2352), & \text{егер } I_{TAB} < 0 \end{cases}$$

θ_{TAB} өзгеруінің берілген диапазонында сызықтық аппроксимацияның орта-квадраттық қателігі тартушы аккумуляторлық батареяның разряд режимі $I_{TAB} \geq 0$ үшін $\sigma = 0,010644$ В, ал заряд режимі $I_{TAB} < 0$ үшін $\sigma = 0,0099754$ В тең.

Алынған тәуелділік төртінші дәрежелі полиномдармен аппроксимацияланады, яғни: егер $I_{TAB} \geq 0$ болса, онда

$$R_{TAB} = 0,74738 \cdot \theta_{TAB}^4 - 2,2938 \cdot \theta_{TAB}^3 + 3,3208 \cdot \theta_{TAB}^2 - 2,0245 \cdot \theta_{TAB} + 1,4392, [Ом]$$

егер $I_{TAB} < 0$ болса, онда

$$R_{TAB} = 0,11349 \cdot \theta_{TAB}^4 - 0,78078 \cdot \theta_{TAB}^3 + 1,3397 \cdot \theta_{TAB}^2 - 0,7914 \cdot \theta_{TAB} + 0,8952, [Ом]$$

Құрамалы энергетикалық қондырғының штатты режимінде жұмыс істеуі кезінде тартушы аккумуляторлық батареяның зарядталу дәрежесі $\theta_{TAB} = 0,4 \dots 0,8$ диапазонда екенін ескеретін болсақ, онда қажетті нақтылыққа қол жеткізу үшін сызықты аппроксимацияны қолдануға болады:

$$R_{TAB} = f \cdot (\theta_{TAB}, \text{sign}(I_{TAB})):$$

$$\begin{cases} R_{TAB} = (0,076 \cdot \theta_{TAB} + 0,9937), & \text{егер } I_{TAB} \geq 0 \\ R_{TAB} = (0,03705 \cdot \theta_{TAB} + 0,73112), & \text{егер } I_{TAB} < 0 \end{cases}$$

Қорытынды

Бұл мақалада гибриді автомобильдің тартушы NiMH аккумуляторлық батареясының математикалық моделі қарастырылды. Қарастырылған модель тежелу энергиясын қалпына келтіру процесі мен электрлік тартуды пайдалану арқылы автомобильдің қозғалысы кезінде тартушы аккумуляторлық батарея мен тартушы электр жетегі байланысын зерттеуге, стандартты жүріс цикліндегі тежелудің кинематикалық энергиясын қалпына келтіруді есепке ала отырып, құрамалы энергетикалық қондырғының энергетикалық тепе-теңдігіне құрылымдық ерекшеліктердің әсер етуін зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл зерттеулерді есептеу тәжірибелерінің негізі ретінде, автомобильдердің құрамалы энергетикалық қондырғылары туралы әртүрлі құрылымдық шешімдер қабылдауда салыстырмалы талдау жасау арқылы қолдануға болады.

Әдебиеттер

1. *James Larminie, John Lowry*. Electric vehicle technology explained. – John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. –2003. – 296 p.
2. *Крутиков А.А.* Ультра-конденсаторы улучшают КПД электромобилей и гибридных автомобилей / А.А. Крутиков // Силовая электроника. – 2006. – № 1. – С. 18–19.
3. *Беляков А.И.* Электрохимические суперконденсаторы: текущее состояние и проблемы развития / А.И. Беляков // Электрохимическая энергетика. – 2006. – Т. 6. – № 3. – С. 146–149.
4. *Сериков С.А.* Идентификация математической модели тяговой аккумуляторной батареи гибридного автомобиля. Автомобильный транспорт, №26, 2010.

Әбілдаева С.А., Ундирбаев М.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация

В данной статье рассмотрена математическая модель тяговой NiMH аккумуляторной батареи гибридного автомобиля. Данная модель позволяет исследовать взаимодействие тягового электропривода и тяговой аккумуляторной батареи при движении автомобиля с использованием электротяги и в процессе рекуперации энергии торможения.

Ключевые слова: идентификация, математическая модель, тяговая аккумуляторная батарея, электродвижущая сила, внутреннее сопротивление, степень заряженности, номинальная емкость.

Abildayeva S.A., Undirbayev M.S.

RESEARCH THE MATHEMATICAL MODEL OF HYBRID ELECTRIC VEHICLE HIGH-VOLTAGE BATTERY

Abstract

This article describes the mathematical model of a NiMH traction battery of a hybrid vehicle. This model allows to investigate the interaction of electric drives and traction batteries while driving using the electric drive train and in the process of recovery of braking energy.

Keywords: identification, mathematical model, high-voltage battery, electromotive force, internal resistance, state of charge, rated battery capacity.

Параметры публикации		Примеры заполнения
1	Страна издания журнала	Казахстан
2	ISSN	2304-3334-01
3	Полное наименование журнала	Ізденістер, Нәтижелер. Исследования, Результаты
4	Периодичность выхода журнала	4
5	Год, номер, том, выпуск издания	
6	Издательства, место издания журнала	Алматы: «Агроуниверситет», 2016
7	Авторы публикации	Әбілдаева С.А., Ундирбаев М.С.
8	Место работы авторов (полное название организации)	Казахский национальный аграрный университет 6М071300 - Транспорт, транспортная техника и технологии, магистрант 2-курс, К.т.н., Асс.профессор кафедры «Машино использование»
9	Код УДК	629.3
10	Название статьи	Гибридті автомобильдің тартушы аккумуляторлық батареясының математикалық моделін зерттеу
11	Аннотация на языке текста публикуемого материала	Гибридті автомобильдің тартушы NiMH аккумуляторлық батареясының математикалық моделі қарастырылды. Бұл модель тежелу энергиясының қалпына келтіру процесі және электротартуды қолданып автомобильдің қозғалуы кезіндегі тартушы аккумуляторлық батарея мен тартушы электр жетегі арасындағы байланысты зерттеуге мүмкіндік береді.
12	Резюме на двух других языках публикуемого материала	Рассмотрена математическая модель тяговой NiMH аккумуляторной батареи гибридного автомобиля. Данная модель позволяет исследовать взаимодействие тягового электропривода и тяговой аккумуляторной батареи при

		движении автомобиля с использованием электротяги и в процессе рекуперации энергии торможения. The mathematical model of hybrid electric vehicle NiMH high-voltage battery is obtained. This model allows to explore the interaction of vehicle tractive electric drive and high-voltage battery at the electric motive power motion and in the process of recuperation of braking kinetic energy.
13	Ключевые слова	идентификациялау, математикалық модель, тартушы аккумуляторлық батарея, электр қозғаушы күші (ЭҚК), ішкі кедергі, зарядталу дәрежесі, номиналды сыйымдылық
14	Объем статьи	
15	Количество библиографических ссылок	6
16	Из них: на казахстанских авторов	-
17	Список библиографических ссылок на казахстанских авторов	-

УДК:631.331.5:551.4.02 (045)

Адуов М.А., Капов С.Н., Нукушева С.А., Исенов К.Г.

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
Ставропольский государственный аграрный университет*

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СЕЯЛКИ С РАЗДЕЛЬНЫМ ВНЕСЕНИЕМ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ

Аннотация

Анализ показывает, что приращение урожайности сельскохозяйственной продукции, снижение затрат от внедренных новых сортов измеряется единицами процентов, как правило, не более 10-15%. Более значимые результаты повышения эффективности могут быть получены при разработке новых оригинальных технологий и средств механизации.

С целью повышения эффективности использования удобрений в начальный период развития растений и повышения урожайности культуры нами предложена зернотуковая сеялка осуществляющее раздельное внесение семян и удобрений.

В основу разработки зернотуковой стерневой сеялки с раздельным внесением семян и удобрений положена схема апробированных в различных почвенно-климатических зонах стран СНГ сеялок-культиваторов СЗС, одновременно выполняющих предпосевное рыхление почвы, посев, внесение туков и послепосевное прикатывание.

Ключевые слова: зернотуковая сеялка, внесение семян и удобрений, лаповый сошник, семянаправитель, туконаправитель, тяговое сопротивление, энергетическая оценка.

Введение

В Республике Казахстан посев зерновых и зернофуражных культур в основном осуществляется зернотуковыми сеялками культиваторами ближнего и дальнего