ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК 631.7

ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ

***В.Т.НАДИКТО**, д. т. н, E-mail:imesh@zp.ukrtel.net*
***О.В.ВЕЛИЧКО**, к. ф.-м. наук – Таврійський державний агротехнологічний університет*

РЕЗЮМЕ

Мета. Прогноз динаміки зростання енергонасиченості сільськогосподарських тракторів тягово-енергетичної концепції до 2030 р.

Методи. Теоретичною основою прогнозу є закономірність, що описується функцією логарифмічного тангенса.

Результати. Розрахунками встановлено, що в 2030 р. енергонасиченість тракторів може знаходитися на рівні 25 кВт/т. Порівняно з тією, що існує в даний час (в середньому 15 кВт/т), – це майже на 67% більше. Запропонована в ГОСТ 27021-86 (СТ СЕВ 628-85) система розподілу тракторів 10 тягових класів на 4 групи за потужністю двигуна є помилковою. Тому, знаючи тільки потужність двигуна трактора, оптимальний склад машинно-тракторного агрегату визначити не можна. При енергонасиченості трактора більше за 15 кВт/т фірма-виробник повинна запропонувати потенційному експлуатаційникові систему його ефективної реалізації на практиці.

Висновки. При придбанні енергетичного засобу нині обов'язково слід орієнтуватися не тільки на потужність його двигуна, але і на енергонасиченість. Знання цих параметрів сучасного трактора дасть можливість досить просто визначити його експлуатаційну масу, а значить і інформативні для нас параметри – тяговий клас і номінальне тягове зусилля. У результаті це дозволить сформувати ефективну систему його практичної експлуатації, особливо при енергонасиченості, що перевищує 15 кВт/т.

Ключові слова: прогноз, трактор, тяговий клас, потужність, двигун, енергонасиченість.

UDC 631.7

PROGNOSIS INCREASE SPECIFIC POWER OF AGRICULTURAL TRACTORS

***V.NADYKTO**, doc. tech. Sciences, E-mail:imesh@zp.ukrtel.net*
***O.VELICHKO**, PhD. math. Sciences – Tavricheckiy State Agrotechnology University*

SUMMARY

The purpose. Prognosis dynamics growth specific power agricultural tractors of hauling-power conception to 2030.

Methods. Theoretical basis of prognosis is conformity to the law, described the function of logarithmic tangent.

Results. It is set calculations, that in 2030 a specific power of tractors can be at the level of 25 kW/ton. By comparison to existing presently (on the average 15 kW/ton) – it almost on 67% anymore. Offered in ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) system distributing tractors of 10 traction classes on 4 groups on engine power are erroneous. Therefore, knowing engine of tractor power only, defining optimum composition of machine-tractor units is impossible. At the specific power of tractor more than a 15 kW/ton firm-producer must offer to potential exploitation the system of effective realization in practice enhanceable engine power.

Conclusions. At acquisition of power mean presently it is necessary to be oriented not only on his engine power but also on a specific power. Knowledge these parameters of modern tractor will be given by possibility simply enough to define his operating mass, and informing for us parameters are a traction class and nominal traction effort. In an eventual variant it will allow to form the effective system of his practical exploitation, especially at a specific power, exceeding 15 kW/ton.

Key words: prognosis, tractor, traction class, power, engine, specific power.

УДК 631.7

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

***В.Т.НАДЫКТО**, д. т. н, E-mail:imesh@zp.ukrtel.net*

***Е.В.ВЕЛИЧКО**, к. ф.-м. наук – Таврический государственный агротехнологический университет*

РЕЗЮМЕ

Цель. Прогноз динамики роста энергонасыщенности сельскохозяйственных тракторов тягово-энергетической концепции до 2030 г.

Методы. Теоретической основой прогноза является закономерность, описываемая функцией логарифмического тангенса.

Результаты. Расчетами установлено, что в 2030 г. энергонасыщенность тракторов может находиться на уровне 25 кВт/т. В сравнении с существующей в настоящее время (в среднем 15 кВт/т) – это почти на 67% больше. Предложенная в ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) система распределения тракторов 10 тяговых классов на 4 группы по мощности двигателя является ошибочной. Поэтому, зная только мощность двигателя трактора, оптимальный состав машинно-тракторного агрегата определить нельзя. При энергонасыщенности трактора более 15 кВт/т фирма-производитель должна предложить потенциальному эксплуатационнику систему эффективной реализации на практике повышенной мощности двигателя.

Выводы. При приобретении энергетического средства в настоящее время обязательно следует ориентироваться не только на мощность его двигателя, но и на энергонасыщенность. Знание этих параметров современного трактора даст возможность достаточно просто определить его эксплуатационную массу, а значит и информативные для нас параметры – тяговый класс и номинальное тяговое усилие. В итоге это позволит сформировать эффективную систему его практической эксплуатации, особенно при энергонасыщенности, превышающей 15 кВт/т.

Ключевые слова: прогноз, трактор, тяговый класс, мощность, двигатель, энергонасыщенность.

СУТЬ ПРОБЛЕМИ

Нині в багатьох офіційних інформаційних джерелах можна прочитати, що українському сільсько-господарському виробництву потрібні трактори тієї чи іншої потужності [1, 2]. Саме потужності, а не тягового класу чи відповідного призначення (загального, універсально-просапного, спеціального тощо).

У відносно недалекому минулому Україна уже мала сумний клопіт, купивши закордонні трактори, керуючись лише таким показником, як потужність двигуна трактора. Тоді знайти більшменш ефективне застосування придбаним енергетичним засобам виявилося непростою проблемою. Тому, аби більше не повторювати такі помилки, слід зрозуміти наступне.

В минулому тракторобудівники випускали енергетичні засоби тягової концепції, у яких відношення потужності двигуна (кВт) до маси трактора (у тоннах) було майже постійним і, як правило, не перевищувало 15 кВт/т [3, 4]. Тому потужність двигуна трактора типу МТЗ-80/82 масою до 4 т практично була близькою до 60 кВт (тобто 82 к.с.). Енергетичний засіб масою 8 т (типу Т-150К) мав двигун потужністю 165 к.с. (121,3 кВт), що відповідало енергонасиченості трактора на рівні 15,1 кВт/т.

Більше того, усі енергетичні засоби були поділені на тягові класи і мали закріплену за ними і адаптовану до них Систему машин [5-7]. Все це дозволяло вченим створювати на основі вітчизняних тракторів потрібні сільгоспвиробникам досить ефективні машинно-тракторні агрегати.

Нині усе змінилося. На європейському і світовому ринках все більше з'являється тракторів тягово-енергетичної концепції. Згідно з її вимогами відношення потужності двигуна до маси трактора не залишається постійним [8, 9]. Навпаки, воно має тенденцію до постійного зростання.

На думку багатьох учених у найближчому майбутньому номінальна енергонасиченість тракторів повинна становити приблизно 32…34 кВт/т [10]. Взявши максимальну

значину цього діапазону за вихідну ($Ен_{opt}$=34 кВт/т), спробуємо спрогнозувати тенденцію розвитку енергонасиченості (Ен) тракторів, скажімо до 2030 р.

Методика. Дослідженнями попередників встановлено [11, 12], що характер подібного прогнозу задовільно описується логістичною кривою. Найкраще для цього підходить функція логарифмічного тангенса [13]:

$$Ен = Ен_{opt}\cdot(1+th(a+b\cdot t),$$

де a, b – константи апроксимації;

t – час (роки).

Для зручності запишемо цю функцію у наступному вигляді:

$$y = A\cdot(1+th(a+b\cdot x),$$

де $y = Ен$;

$A = Ен_{opt}$;

$t = x$.

Оскільки зоною визначення виразу $1+th(a+bx)$ є інтервал $(0,2)$ [14], то звідси випливає, що всі y_i є одного знака і він співпадає із знаком числа A. Крім того, для всіх $i \le n$ має місце нерівність

$$|y_i| < 2|A|.$$

Далі вираз $y = A(1+th(a+bx))$ запишемо так:

$$th(a+bx) = \frac{y}{A} - 1. \qquad (1)$$

Враховуючи те, що зворотною до функції $th(x)$ є функція $\frac{1}{2}\ln\frac{1+x}{1-x}$, перепишемо (1) у такому еквівалентному вигляді:

$$a+bx = \frac{1}{2}\ln\frac{1+\frac{y}{A}-1}{1-\frac{y}{A}+1} = \frac{1}{2}\ln\frac{y}{2A-y}.$$

Далі помножимо обидві частини цього рівняння на 2 і введемо наступні позначення:

$$\begin{aligned} \alpha &= 2a, \\ \beta &= 2b, \\ r &= 2A. \end{aligned} \qquad (2)$$

Тепер, з урахуванням (2), формулу (1) можна представити у вигляді

$$\alpha + \beta x = p(y,r),$$

де $p(y,r) = \ln\frac{y}{r-y}$.

У тому випадку, коли нам відома величина $r = 2A$, можна розрахувати значення $p_i = p(y_i, r)$. Для цього, згідно з вимогами методу найменших квадратів (МНК), складемо наступну функцію незв'язності:

$$F = \frac{1}{2}\sum(\alpha + \beta x_i - p_i)^2.$$

Потім частинні похідні цієї функції по α і β прирівняємо до нуля:

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha} = \sum(\alpha + \beta x_i - p_i) = 0,$$

$$\frac{\partial F}{\partial \beta} = \sum(\alpha + \beta x_i - p_i)x_i = 0. \qquad (3)$$

Введемо позначення

$$\begin{aligned} X &= \sum x_i, \\ X_2 &= \sum x_i^2, \\ P &= \sum p_i, \\ P_x &= \sum p_i x_i \end{aligned} \qquad (4)$$

Всі величини системи (4) можуть бути обчислені з урахуванням експериментальних даних. З урахуванням цього система (3) матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} \alpha n + \beta X = P, \\ \alpha X + \beta X_2 = P_x. \end{cases}$$

А її рішення таке:

$$\alpha = \frac{\Delta_\alpha}{\Delta}, \beta = \frac{\Delta_\beta}{\Delta}$$

де $\Delta = nX_2 - X^2$;

$\Delta_\alpha = PX_2 - P_x X$;

$\Delta_\beta = nP_x - PX$.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

З використанням викладеної вище методики нами здійснено прогноз динаміки енергонасиченості колісних українських, російських, білоруських і європейських тракторів до 2030 р. Встановлено, що цей процес описується такою логістичною кривою:

$$Ен = 35 \cdot [1 + th(0{,}011 \cdot t - 0{,}727)].$$

Графічна її інтерпретація показує (рис. 1), що у 2030 р. показник енергонасиченості енергетичних засобів може знаходитися на рівні 25 кВт/т.

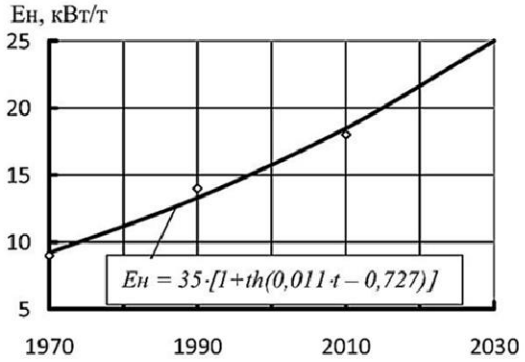

Рис. Прогноз динаміки енергонасиченості тракторів до 2030 р.
Fig. Prognosis dynamic specific power tractors for 2030

Практично це означатиме, що енергетичний засіб масою 8 т (на кшталт українського Т-150К) буде обладнаний двигуном з потужністю уже не 120, як нині, а 200 кВт (тобто 272 к.с.). Зазначимо, що раніше таку потужність мав двигун трактора типу К-701. Але ж його експлуатаційна маса була на рівні 12 т і агрегатувався він, як відомо, зовсім з іншими (більш широкозахватними) машинами/ знаряддями, ніж той же трактор типу Т-150К.

У зв'язку з цим виникає логічне питання: як і з чим мають експлуатувати сільгоспвиробники енергетичний засіб, енергонасиченість якого становить 25 кВт/т і більше? Теоретично підготовленому експлуатаційнику не зрозуміло, що робити з трактором типу Т-150К, потужність двигуна якого дорівнює щонайменше 270 к.с.

Щоб сформулювати об'єктивну відповідь на це питання, слід згадати про перевитрати пального двигуном, ступінь завантаження якого менший за 90% [15-17]. А за потужності двигуна трактора типу Т-150К на рівні 270 к.с. цей показник на практиці досить проблематично довести і до 75%.

Задля поінформованості наукового загалу зазначимо, що і згаданий вище австрійський трактор «Steyr 8300» із-за своєї надмірної енергонасиченості повністю втратив функції тягача [18]. В результаті фірма-виробник змушена була розробити для нього свою систему машин і знарядь. Причому, більшість із них мали не пасивний, а активний привод робочих органів.

З викладеного вище випливає однозначний висновок, що при придбанні енергетичного засобу орієнтуватися лише на потужність двигуна – надто ризикована річ. Нині обов'язково слід знати його енергонасиченість. І якщо вона більша за 15 кВт/т, то фірма-виробник має запропонувати потенційному експлуатаційнику систему ефективної реалізації на практиці підвищеної потужності двигуна трактора. В першу чергу, слід врахувати, що енергетичні засоби тягово-енергетичної концепції повинні мати розгалужену систему відбору і передачі потужності на привод технологічної частини машинно-тракторного агрегату. Інакше споживач матиме проблеми, зумовлені ефективністю (в першу чергу – економічністю) агрегатування енергонасиченого трактора.

Знання потужності двигуна і енергонасиченості сучасного енергетичного засобу дасть можливість досить просто визначити його експлуатаційну масу, а значить і інформативні для нас параметри – тяговий клас та номінальне тягове зусилля. Саме ці конструктивні показники, а не потужність двигуна дозволяють отримати інформацію щодо тих машин, які слід агрегатувати з даним трактором.

Розглянемо наступний приклад. Нехай маємо трактор, потужність двигуна якого становить 130 кВт/т, а енергонасиченість – 16 кВт/т. Це означає, що експлуатаційна маса даного енергетичного засобу дорівнює 130/16 = 8,125 т, а експлуатаційна вага – близько 80 кН.

Кожен випускник агротехнічного університету знає, що у сучасних тракторів у середньому 45% експлуатаційної ваги припадає на розвинуте ним тягове зусилля. В

даному випадку воно становить 80·0,45 = 36 кН. А згідно з ГОСТ 27021-86 (бо власного стандарту в Україні ще немає) – це відповідає трактору тягового класу 3. Якщо цю цифру (тобто 3) помножимо на 10, то отримаємо приблизне середнє значення номінального тягового зусилля даного енергетичного засобу. В даному випадку – це 30 кН. Далі, знаючи тяговий опір того чи іншого знаряддя, будь-який фахівець з технічною освітою визначить потрібний склад відповідного машинно-тракторного агрегату.

А от здійснити аналогічні міркування, виходячи лише із потужності двигуна трактора, – практично неможливо. І саме тому, що нині тягова концепція розвитку мобільних енергетичних засобів невпинно замінюється прогресивною новою – тягово-енергетичною.

Саме із-за цього, починаючи з 60-их років, у нас існував типаж тракторів за номінальним тяговим зусиллям (тяговим класом), а не за потужністю двигуна [19]. Запропоновані в ГОСТ 27021-86 співвідношення між тяговими класами вітчизняних тракторів і категоріями груп потужності двигунів закордонних енергетичних засобів є надуманими, тому що принаймні в жодній країні Європи офіційного типажу тракторів за потужністю двигуна просто не існує.

З цим твердженням погодилися ті російські вчені [20], які свого часу були причетні до розробки ГОСТ 27021-86. Справа в тому, що вказані в цьому документі стандарти класифікують на самі закордонні трактори (причому чомусь тільки колісні), а регламентують розміри і вимоги до їх триточкових задніх навісних пристроїв або за величиною реалізованої потужності через вал її відбору (ISO 730-1:1977, ISO 730-2:1979, ISO 730-3:1982, ISO/DIS 730), або за величиною максимальної тягової потужності (PAES 118:2001).

Тому, запропонована в ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) система розподілу тракторів 10 тягових класів на аналогічні 4 групи за потужністю двигуна є хибною, а її використання може призводити до принципових помилок у системі агрегатування енергетичних засобів. І чим скоріше ми це зрозуміємо, тим швидше розробимо вітчизняний типаж сільськогосподарських тракторів, класифікаційними параметрами якого будуть номінальне тягове зусилля трактора (тяговий клас) та його енергонасиченість.

ВИСНОВКИ

Згідно з проведеним прогнозом у 2030 р. енергонасиченість тракторів сільськогосподарського призначення становитиме 25 кВт/т. У порівнянні з існуючою нині (в середньому 15 кВт/т) – це майже на 67% більше.

При прийнятті рішення відносно вибору того чи іншого трактора нині слід враховувати не тільки потужність його двигуна, а й експлуатаційну масу. Це дозволить правильно визначитися з тяговим класом, рівнем енергонасиченості трактора, а отже і з системою його ефективного агрегатування.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Новиков Г.В. О некоторых проблемах в отечественной теории и практике проектирования тракторов // Тракторы и сельхозмашины.– 2011.– №4.– С.7–8.

2. Мєтьолкін В. Ринок колісних тракторів //The Ukrainian Farmer.– 2012.– №12.– С.12.

3. Надыкто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств. – Мелитополь: КП «ММД», 2003. – 240 с.

4. Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов/ Тракторы и сельхозмашины.– 2009.– №5.– С.28–32.

5. Надыкто В.Т. Роль модульных энергетических средств в формировании типажа тракторов на Украине// Тракторы и сельхозмашины.– 2010.– № 6.– С.34–38.

6. Безуглий М.Д., Булгаков В.М., Надикто В.Т., Кюрчев В.М. Україна повинна мати власний типаж тракторів // Вісник аграрної науки.– 2010.– №11.–С.8–11.

7. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кюрчев В.М., Надикто В.Т. Україні потрібен власний типаж тракторів //Аграрний тиждень. – 2014.– №14.–С. 15-17.

8. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2006.– 337 с.

9. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства.– М.: КолосС, 2004. – 504 с.

10. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства. – Минск: Наука и техника, 1982.- 272 с.

11. Погорелый Л.В. Сельскохозяйственная техника и технологии будущего.- К.: Урожай, 1988.- 176 с.

12. Ксеневич И.П., Кутьков Г.М. Технологические основы и техническая концепция трактора второго поколения // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1982.– №12.– С.26–29.

13. Чуев Ю.В., Спехова Г.П. Технические задачи исследования операций.– М.: «Советское Радио», 1971.– 244 с.

14. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов.– М.: Наука, 1981.– 720 с.

15. Шалягин В.Н. Комплексное повышение эффективности МТА с энергонасыщенными тракторами // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1988.– №5.–С.23–25.

16. Юшин О. Проблема просапного трактора// Техніка АПК.– 1996.– №1.–С.9-10.

17. Борисов Е.В., Петров Е.В. Эксплуатационно-технологические исследования трактора Т-142 с ТТМ // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1993.– №1.– С.31–33.

18. Кутьков Г.М. Технологические основы и тяговая динамика мобильных энергетических средств.– М.: МИИСП, 1993.– 151 с.

19. Трепененков И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов.– М.: Машгиз, 1963. – 272 с.

20. Мининзон В.И., Парфенов А.П. О перспективной системе классификации с.-х. тракторов //Тракторы и сельхозмашины.– 2012.– №4.–С.17–20.

REFERENCES

1. Novikov G.V. O nekotorih problemah v otechestvennoi teorii i praktike proektirovania traktorov // Traktori i selhozmashini.– 2011.– №4.– S.7–8.

2. Met'olkin V. Rinok kolisnih traktoriv //The Ukrainian Farmer.– №12.–2012. S.12.

3. Nadykto V.T. Osnovi agregatirovania modulnih energeticheskih sredstv.– Melitopol: КП «ММД», 2003. – 240 str.

4. Kut'kov G.M. Energonasischenost' i klasifikatsia traktorov // Traktori i selhoz-mashini.– 2009.– №5.–S.28–32.

5. Nadykto V.T. Rol' modulnih energeticheskih sredstv v formirovanii tipazja traktorov na Ukraine // Traktori i selhozmashini.– 2010.– №6.–S.34–38.

6. Bezugliy M.D., Bulgakov V.M., Nadykto V.T., Kurchev V.M. Ukraina povinna matu vlasniy tipazj traktoriv// Vasnik agrarnoi nauki.–2010.– №11.–S.8–11.

7. Adamchuk V.V., Bulgakov V.M., Nadykto V.T., Kurchev V.M. Ukraini potrben vlasniy tipazj traktoriv// Agrarniy tizjden'.–2014.– №14.–S.15–17.

8. Nadykto V.T., Kruzjachkivskiy M.L., Kurchev V.M., Abdula S.L. Novi mobilni ehergetichni zasobi Ukraini. Teoretichni osnovi vikoristannia v zemlerobstvi.– Melitopol: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2006.– 337 str.

9. Kut'kov G.M. Traktori i avtomobibli. Teoria i tehnologicheskie svoistva. – M.: КолосС, 2004. – 504 str.

10. Perspektivnie modulnie energeticheskie sredstva (МЭС) dlya selskohoziaistvennogo proizvodstva; Pod redact. M.M.Severneva.– Minsk: Nauka i tehnika, 1982.– 272 str.

11. Pogoreliy L.V. Selskohoziaistvennaja tehnika i tehnologii buduschego.– K.: Urozjai, 1988.– 176 str.

12. Ksenevitch I.P., Kutkov G.M. Tehnologicheskie osnovi i tehnicheskaia koncjepcia traktora vtorogo pokolenia// Traktori i selskohoziaistvennie mashini.–1981.– №12.–S.26–29.

13. Chuev U.V., Spehova G.P. Tehnicheskie zadachi issledovania operatsiy.– M.: «Sovetskoe radio», 1971.– 244 str.

14. Bronshtein I.N., Semendiaev K.A. Spravochnik po matevatike dlia inzjenerov i uchazjihsia vtuzov.– M.: Nauka, 1981.– 720 str.

15. Shaliapin V.N. Kompleksnoe povishenie effektivnosti MTA s energonasijenimi traktorami // Traktori i selskohoziaistvennie mashini.–1988.– №5.– S.23–25.

16. Ushin O. Problema prosapnogo traktora // Tehnika APK.–1996.– №1.–S.9–10.

17. Borisov E.V., Petrov E.V. Ekspluatazionno-tehnologicheskie issledovania traktora T-142 s TTM // Traktori i selskohoziaistvennie mashini.–1993.– №1.–C.31–33.

18. Kut'kov G.M. Tehnologocheskie osnivi i tiagovaja dinamika mobilnih energeticheskih sredstv.– M.: МИИСП, 1993.– 151 str.

19. Trepenenkov I.I. Ekspluatazionnie pokazateli sel'skohoziaystvennih traktorov.– M.: Машгиз, 1963. – 272 str.

20. Mininzon V.I., Parfenov A.P. O perspektivnoy sisteme klassifikatsii s.-h. traktorov // Traktori i selskohoziaistvennie mashini.– 2012.– №1.– S.17–20.