

Методики оценки эффективности производства земляных работ Assessment techniques of earthwork production's efficiency

д.т.н., профессор Ватин Николай Иванович
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
директор Инженерно-строительного института
+7 (921) 964 3762; vatin@mail.ru
Санкт-Петербург
Российская Федерация

D. Sc, Professor Nikolay Ivanovich Vatin
Saint-Petersburg State Polytechnical University
Director of Institute of Civil Engineering
+7 (921) 964 3762; vatin@mail.ru
Saint-Petersburg
Russian Federation

доцент Колосова Наталья Борисовна
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
nbkolosova@cef.spbstu.ru
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Associate Professor Natalia Borisovna Kolosova
Saint-Petersburg State Polytechnical University
nbkolosova@cef.spbstu.ru
Saint-Petersburg
Russian Federation

магистрант Бердюгин Илья Андреевич
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
+7 (921) 953 7354; anberd@mail.ru
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Graduate student Ilya Andreevich Berdugin
Saint-Petersburg State Polytechnical University
+7 (921) 953 7354; anberd@mail.ru
Saint-Petersburg
Russian Federation

Ключевые слова: строительные машины, земляные работы, экономическая эффективность, объем работ, тип грунта, сложность и продолжительность выполнения земляных работ, расстояние между объектами.

В условиях рыночных отношений увеличивается заинтересованность строительных организаций в повышении эффективности производства земляных работ и получении наибольшей прибыли от применяемой техники. В современных условиях затраты на механизацию и автоматизацию работ являются одним из определяющих ценообразующих факторов. В качестве критерия эффективности производства земляных работ, как правило, принимается величина удельных приведенных затрат, учитывающая одновременно себестоимость работ и капитальные вложения в средства механизации и автоматизации.

В статье представлены методики, позволяющие осуществить расстановку комплектов машин по объектам для повышения эффективности механизации и автоматизации земляных работ с учетом комплексного влияния следующих факторов:

- уровня сложности земляных работ,
- расстояния между объектами,
- объемов работ и сроков их выполнения.

На этой основе решаются следующие практические задачи при расстановке комплектов машин по объектам:

- получение максимальной прибыли строительной организацией;
- управление механизацией и автоматизацией;
- получение максимального эффекта в строительстве.

Key words: building machines, earth excavation, financial viability, amount of works, soil type, complexity and duration of performance of earthwork, distance between objects.

In the conditions of the market relations interest of the construction organizations in increase of production efficiency of earthwork and receiving the greatest profit on applied equipment increases. In modern conditions of expense for mechanization and automation of works is one of defining pricing factors. As criterion of production efficiency of earthwork the size of the specific given expenses considering at the same time cost of works and capital investments in means of mechanization and automation, as a rule, is accepted.

The techniques, allowing carrying out arrangement of sets of cars on objects for increase of efficiency of mechanization and automation of earthwork taking into account complex influence of the following factors are presented in article:

- level of complexity of earthwork,
- distances between objects,
- amounts of works and terms of their performance.

On this basis the following practical problems are solved at arrangement of sets of cars on objects:

- receiving the maximum profit by the construction organization;
- management of mechanization and automation;
- receiving the maximum effect in construction.

Введение

В условиях рыночных отношений увеличивается заинтересованность строительных организаций в повышении эффективности производства земляных работ и получении наибольшей прибыли от применяемой техники. В современных условиях затраты на механизацию и автоматизацию работ являются одним из определяющих ценообразующих факторов [1, 4, 6, 21].

Важным условием увеличения прибыли является эффективное использование строительных машин, существенно зависящее от их распределения по объектам производства работ [1, 24, 26].

На эффективность производства земляных работ также оказывают влияние технологические, технические, организационные, природные, объемно-конструктивные и другие факторы [13, 18, 28].

Известно, что производительность и экономическая эффективность строительных работ также зависит от того как точно и быстро работает строительная техника [8, 16, 19]. Постоянная потребность проведения земляных работ и последующая нивелировка разрабатываемой поверхности требует довольно значительных трудозатрат [17, 23, 25].

Земляные и связанные с ними геодезические работы, как правило, выполняются в очень сжатые сроки. В связи с этим, качество выполняемых работ во многом зависит от квалификации персонала и используемых инструментов, машин и механизмов [8, 9, 20, 27].

В сложных, часто стесненных, условиях строительной площадки при высокой интенсивности труда и сжатых сроках строительства, задача качественного выполнения земляных работ становится весьма актуальной. Так, выполнение планировочных работ с помощью современного бульдозера требует достаточно точного удержания отвала машины на проектной отметке, что является трудностью даже для опытных операторов машин [3, 11, 14, 22].

Обзор литературы

В качестве критерия эффективности производства земляных работ, как правило, принимается величина удельных приведенных затрат, учитывающая одновременно себестоимость работ и капитальные вложения в средства механизации и автоматизации.

Согласно [5], эффект – это результат, полученный в ходе производственной деятельности. Эффективность – это отношение эффекта к затратам на его получение [10, 12]. Экономическая эффективность строительных машин определяется теми же методами, что и эффективность капитальных вложений, т.е. путем сопоставления затрат на технику с получаемым от ее применения эффектом.

В практике различают абсолютную (общую) и сравнительную эффективность техники [2, 7, 12].

Абсолютная измеряется отношением получаемого от техники эффекта (в виде роста выпуска продукции и снижения ее себестоимости или увеличения прибыли) к затратам на ее создание и внедрение.

Сравнительная эффективность применяется для выбора оптимального из имеющихся вариантов техники, путем определения сроков окупаемости разности капитальных вложений по сравниваемым вариантам за счет экономии на текущих затратах или путем сравнения приведенных затрат по вариантам [2, 7].

Проблема эффективности производства земляных работ в российской экономике весьма актуальна. Значительный вклад в решение проблемы оценки эффективности производства земляных работ внесли работы таких отечественных ученых, как Вайнштейн Б. С., Гатовский Л. М., Волков О. И., Николаев С. Н., Волков Д. П. Однако следует отметить, что список литературы об оценке эффективности производства земляных работ достаточно беден; фундаментальных исследований по существу данной проблемы практически нет.

Постановка задачи

В результате анализа имеющейся литературы, можно сделать предположение о необходимости дальнейшего исследования методов современной оценки эффективности производства земляных работ. Прежде всего, по мнению авторов, необходимо выделить имеющиеся достоинства и недостатки известных на сегодняшний день методик оценки эффективности производства земляных работ, и на этой основе выявить возможность применения дополнительных характеристик, либо критериев, позволяющих более точно определить эффективность выполнения земляных работ.

Кроме того, необходимо произвести ряд сравнительных расчетных работ по определению технических и экономических показателей строительных машин при выполнении земляных работ.

Описание исследования

Согласно методике, описанной в [1], на эффективность производства земляных работ оказывают влияние технологические, технические, организационные, природные, объемно-конструктивные и другие факторы. Задача математического моделирования состоит в выявлении количественной связи между влияющими факторами и результативным признаком.

Требование комплексного подхода к построению экономико-математических моделей критериев эффективности механизации земляных работ обуславливает необходимость рассмотрения влияния на производственный процесс следующих основных факторов:

- технических, характеризуют вместимость ковша экскаватора (q);
- технологических – объем (V) и уровень сложности (S) выполнения земляных работ;
- организационных, характеризуют продолжительностью производства земляных работ (t)
- расстояний между объектами (L).

Для исследования комплекса вышеперечисленных факторов, определяющих условия производства земляных работ, на величину критерия эффективности – удельные приведенные затраты выполняется многофакторный регрессионный анализ по стандартной программе определения параметров множественного уравнения регрессии.

В результате расчетов получена зависимость удельных приведенных затрат ($Z_{уд}$) от влияющих факторов:

$$Z_{уд} = 0,0442 + 0,0097L + 1,240t - 0,0237V + 0,631S \quad (1)$$

Содержательная интерпретация модели показывает, что знаки при коэффициентах, то есть направления действия влияющих факторов на величину критерия эффективности механизации земляных работ, соответствуют теоретическим представлениям.

Из модели следует, что с увеличением объема работ на объекте величина удельных приведенных затрат имеет тенденцию к уменьшению, а с ростом продолжительности выполнения работ, уровня сложности, расстояния между объектами удельные приведенные затраты увеличиваются.

Наибольшее влияние на величину критерия эффективности оказывает продолжительность выполнения работ, затем по мере убывания — уровень сложности производства земляных работ, объем работ и расстояние между объектами строительства.

В рамках методики, описанной в [15], земляные работы могут выполняться разными комплектами основных и вспомогательных машин. Окончательное решение о целесообразности (рациональности) применения того или иного комплекта машин принимаются на основании сравнения технико-экономических показателей следующих показателей:

- продолжительности работ в сменах, (Т);
- затрат труда на выполнение единицы объема;
- расчетной себестоимости выполнения работ ($C_{расч}$);

Расчетная себестоимость планировки определяется по формуле:

$$C_{расч} = \sum C_{маш.-ч.i} N_i D_{oi} k_1 + C_{зп} K_2 \quad (2)$$

где $C_{маш.-ч.i}$ – стоимость работы i -й машины в течение часа;

N_i – количество i -х машин, работающих на площадке;

D_{oi} – продолжительность работы i -й машины на площадке, ч;

K_1 – коэффициент накладных расходов, относящихся к эксплуатации машин и механизмов,

K_2 – коэффициент накладных расходов, относящихся к основной заработной плате,

$C_{зп}$ – основная заработная плата.

Общие затраты труда на единицу объема работ определяют делением суммарной трудоемкости на общий объем планировки.

Заключение

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы:

- использование полученной регрессионной модели позволяет рассчитать один из основных технико-экономических показателей – величину удельных приведенных затрат в зависимости от изменения условий производства земляных работ;
- применение методик 1 и 2 для определения эффективности механизации и автоматизации земляных работ облегчает экспертные расчеты по выбору рационального варианта распределения машин по строительным объектам;
- представленные методики позволяют осуществить расстановку комплектов машин по объектам для повышения эффективности механизации и автоматизации земляных работ с учетом комплексного влияния следующих факторов:
 - уровня сложности земляных работ,
 - расстояния между объектами,
 - объемов работ и сроков их выполнения.

На этой основе могут быть решены следующие практические задачи при расстановке комплектов машин по объектам:

- получение максимальной прибыли строительной организацией;
- управление механизацией и автоматизацией;
- получение максимального эффекта в строительстве.

Экономический эффект от внедрения предлагаемых методик заключается в уменьшении затрат и росте прибыли за счет рационального выбора комплекта машин и обеспечения максимальной производительности при заданной сложности земляных работ на объекте.

В заключении следует отметить, что представленные методики требуют внедрения в строительную сферу и получения результатов от внедрения для дальнейшего совершенствования методик.

Литература

1. Анненкова О. С. Резервы повышения эффективности механизации земляных работ // Ползуновский вестник. 2011. №1. С. 30-34.
2. Баканов М. И. Теория экономического анализа. М.: Изд-во Финансы и статистика, 2005. 288с.
3. Беляев В. В., Беляев И. В. Сравнительный анализ строительно-дорожных машин как объектов автоматизации // Строительно-дорожные машины. 2008. №4. С. 50-51.
4. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. СПб.: Изд-во Профессия, 2003. 747 с.
5. Брюханов В. Н., Косов М. Г., Протопонов С.П. [и др.] Теория автоматического управления. М: Высш. шк., 2000. 268 с.
6. Булатова А. С. Экономика: Учебник /Под ред. А.С.Булатова. М.:Изд-во БЕК, 2007. 156 с.
7. Варфоломеев В. П. Технолгия и аппаратура автоматического управления строительно-дорожными машинами с использованием систем GPS/ГЛОНАСС // Строительные и дорожные машины. 2008. №9. С. 32-37.
8. Вайнштейн Б. С., Методы определения экономической эффективности новой техники в строительстве, М. Изд-во Москва, 1963. 148 с.
9. Волков Д. П., Николаев С. Н. Повышение качества строительных машин. М.: Изд-во Москва, 1984. 200 с.
10. Гаркави Н. Г. Машины для земляных работ. М.: Изд-во Москва, 1982.157 с.
11. Гохберга Л. М. Статистика науки и инноваций. Краткий терминологический словарь./ Под. ред. Л.М. Гохберга. М.: Изд-во Центр исследований и статистики науки, 2005. 196 с.
12. Моделирование систем управления машин дорожно-строительного комплекса / Емельянов Р. Т., Прокопьев А. П., Климов А. С., Сорокин Д. И. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М.Ф. Решетнева. 2009. № 3. С. 124-128.
13. Завадскас Э. К. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве. Вильнюс: Моксклас, 1997. 212 с.
14. Канторер С. Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве. М.: Госстройиздат, 1989. 293 с.
15. Кожухина О. Н. Технология производства земляных работ : метод. указ. М.: Тамб. гос. техн. ун-т, 2006. 28 с.
16. Максименко А. Н. Методика определения эффективности эксплуатации СДМ на всех этапах использования // Механизация строительства. 2011. № 5. С. 9-11.
17. Максимычев О. И. Автоматизация управления машинами на линейных земляных работах // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. №2. С. 50-54.
18. Эймер В., Опперман С., Редлих Р., Шюманн М. Перемещение грунтов. М: Изд-во Kirschbaum Verlag GmbH, 1990, 246 с.
19. Anderson M. The wages of smart // Better Roads. 2010. №80 (10). Pp. 18-21.
20. Caterpillar announces expanded GPS capabilities // Engineering and Mining Journal. 2006. № 2(207). Pp. 54-55.
21. Duff K., Hyzak M. Struktural Monitoring with GPS // Public Roads. 1997. № 4. Pp. 39-44.
22. Geske D. M. Redesigned track-type tractors from Caterpillar // Diesel Progress North American Edition. 2004. № 70 (4). Pp. 28.
23. Larocca A. P. C., Da Fonseca E. S., Schaal R. E. Structures Oscillations Monitoring with Global Positioning System and Adaptive Filtering Techniques // Structural Servey. 2010. №3. Pp. 197-206.
24. Liu, B., Song, C.-J., Li, T., Yu, F. Interaction mechanism of deep-buried frozen soil wall and surrounding earth mass in excavation unloaded state // Journal of the China Coal Society. 2012. № 37 (11). Pp. 1834-1840
25. Seward D.W., Scott J.N., Dixon R., Findlay J.D., Kinniburg H. The Automation of Piling RiG Positioning Unsing Satellite GPS // Automation in Construction.1997. № 3. Pp. 229-240.
26. Trimble, Topcon in gps deal // Civil Engineering. 1998. № 2. Pp. 34.
27. Woodley, R., Noll, W., Barker, J., Wunsch II, D.C. Automatic building identification using GPS and machine learning // International Geoscience and Remote Sensing Symposium. 2010. art. no. 5653179. Pp. 2739-2742.

28. Zhang, Y.-J., Ding, W.-Q., Dong, G.-H., Liu, X.-Y., Liu, W.-J. Variation law of water-earth pressure of deep excavations during construction process // Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2012. № 34. Pp. 677-681.

References

1. Annenkova O. S. Rezervy povysheniya jeffektivnosti mehanizacii zemljanyh rabot // Polzunovskij vestnik. 2011. №1. S. 30-34.(rus)
2. Bakanov M. I. Teorija jekonomicheskogo analiza. M.: Izd-vo Finansy i statistika, 2005. 288 s. (rus)
3. Beljaev V. V., Beljaev I. V. Sravnitel'nyj analiz stroitel'no-dorozhnyh mashin kak ob#ektov avtomatizacii // Stroitel'no-dorozhnye mashiny. 2008. №4. S. 50-51. (rus)
4. Besekerskij V. A., Popov E. P. Teorija sistem avtomaticheskogo upravlenija. SPb.: Izd-vo Professija, 2003. 747 s. (rus)
5. Brjuhanov V. N., Kosov M. G., Protoponov S.P. [i dr.] Teorija avtomaticheskogo upravlenija. M: Vyssh. shk., 2000. 268 s. (rus)
6. Bulatova A. S. Jekonomika: Uchebnik /Pod red. A.S.Bulatova. M.:Izd-vo BEK, 2007. 156 s. (rus)
7. Varfolomeev V. P. Tehnologija i apparatura avtomaticheskogo upravlenija stroitel'no-dorozhnyimi mashinami s ispol'zovaniem sistem GPS/GLONASS // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2008. №9. C. 32-37. (rus)
8. Vajnshtejn B. S., Metody opredelenija jekonomicheskoy jeffektivnosti novej tehniki v stroitel'stve, M. Izd-vo Moskva, 1963. 148 s. (rus)
9. Volkov D. P., Nikolaev S. N. Povyszenie kachestva stroitel'nyh mashin. M.: Izd-vo Moskva, 1984. 200 s. (rus)
10. Garkavi N. G. Mashiny dlja zemljanyh rabot. M.: Izd-vo Moskva, 1982.157 s. (rus)
11. Gohberga L. M. Statistika nauki i innovacij. Kratkij terminologicheskij slovar'./ Pod. red. L.M. Gohberga. M.: Izd-vo Centr issledovanij i statistiki nauki, 2005. 196 s. (rus)
12. Modelirovanie sistem upravlenija mashin dorozhno-stroitel'nogo kompleksa / Emel'janov R. T., Prokop'ev A. P., Klimov A. S., Sorokin D. I. // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo ajerokosmicheskogo universiteta im. Akademika M.F. Reshetneva. 2009. № 3. S. 124-128. (rus)
13. Zavadskas Je. K. Kompleksnaja ocenka i vybor resursosberegajushhih reshenij v stroitel'stve. Vil'njus: Moksklas, 1997. 212 s. (rus)
14. Kantorer S. E. Metody obosnovanija jeffektivnosti primenenija mashin v stroitel'stve. M.: Gosstrojizdat, 1989. 293 s. (rus)
15. Kozhuhina O. N. Tehnologija proizvodstva zemljanyh rabot : metod. ukaz. M.: Tamb. gos. tehn. un-t, 2006. 28 s. (rus)
16. Maksimenko A. N. Metodika opredelenija jeffektivnosti jekspluatcii SDM na vseh jetapah ispol'zovanija // Mehanizacija stroitel'stva. 2011. № 5. S. 9-11. (rus)
17. Maksimychev O. I. Avtomatizacija upravlenija mashinami na linejnyh zemljanyh rabotah // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2005. №2. S. 50-54. (rus)
18. Jejmer V., Opperman S., Redlih R., Shjumann M. Peremeshhenie gruntov. M: Izd-vo Kirschbaum Verlag GmbH, 1990, 246 s. Anderson M. The wages of smart // Better Roads. 2010. №80 (10). Pp. 18-21.
19. Caterpillar announces expanded GPS capabilities // Engineering and Mining Journal. 2006. № 2(207). Pp. 54-55.
20. Duff K., Hyzak M. Struktural Monitoring with GPS // Public Roads. 1997. № 4. Pp. 39-44.
21. Geske D. M. Redesigned track-type tractors from Caterpillar // Diesel Progress North American Edition. 2004. № 70 (4). Pp. 28.
22. Larocca A. P. C., Da Fonseca E. S., Schaal R. E. Structures Oscillations Monitoring with Global Positioning System and Adaptive Filtering Techniques // Structural Servey. 2010. №3. Pp. 197-206.
23. Liu, B., Song, C.-J., Li, T., Yu, F. Interaction mechanism of deep-buried frozen soil wall and surrounding earth mass in excavation unloaded state // Journal of the China Coal Society. 2012. № 37 (11). Pp. 1834-1840
24. Seward D.W., Scott J.N., Dixon R., Findlay J.D., Kinniburg H. The Automation of Piling RiG Positioning Using Satellite GPS // Automation in Construction.1997. № 3. Pp. 229-240.
25. Trimble, Topcon in gps deal // Civil Engineering. 1998. № 2. Pp. 34.
26. Woodley, R., Noll, W., Barker, J., Wunsch II, D.C. Automatic building identification using GPS and machine learning // International Geoscience and Remote Sensing Symposium. 2010. art. no. 5653179. Pp. 2739-2742.

27. Zhang, Y.-J., Ding, W.-Q., Dong, G.-H., Liu, X.-Y., Liu, W.-J. Variation law of water-earth pressure of deep excavations during construction process // Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2012. № 34. Pp. 677-681.