

УДК 69. 075.8

Л. А. Хмара, д.т.н., проф.

*Государственное высшее учебное заведение
«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

С.И. Кононов, к.т.н.

Государственное высшее учебное заведение «Запорожский строительный колледж»

СОПРОВОЖДЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ ЭКСКАВАТОРА С УЧЕТОМ GPS МОНИТОРИНГА

В статье рассмотрен комплекс мероприятий по эффективному сопровождению строительных машин на примере экскаватора с применением GPS мониторинга, который позволяет контролировать нахождение, техническое состояние и работу машин в режиме реального времени, что сокращает нецелевое использование техники, существенно снижает стоимость работ и время на выбор оптимальных организационно-технологических решений.

***Ключевые слова:** GPS мониторинг, производительность, маршрут движения, датчики, модернизация рабочих органов.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. В настоящее время актуальным является вопрос эффективного применения машин для земляных работ в комплексе с вспомогательными машинами применительно к заданному объекту. При решении поставленной задачи необходим комплексный подход, учитывающий: технические характеристики по возводимому объекту и по машинам основной (экскаватору) и вспомогательным (самосвалам); количество вспомогательных машин и маршрут их движения. Потери рабочего времени свести к минимуму, исключив возможные простои техники и её использование не по назначению. Осуществлять контроль за работой и техническим состоянием машин в режиме реального времени.

Обзор последних источников исследований и публикаций и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Публикации, связанные с исследованиями в области организации и повышения эффективности использования строительных машин посвящены работы ученых: В.И. Баловнева [1], А.К. Рейша [2], С.А. Ушацкого [3], Л.А. Хмары [1, 5, 7 - 10, 16, 17], П.И. Филимонова [6], И.Д. Павлова, А.В. Радкевича [11], С.Е. Канторера [12], Н.С. Канюки [13], Е.М. Кудрявцева [14], О.С. Анненковой [15].

Постановка задачи. Выработать комплекс мероприятий по эффективному сопровождению строительной техники на примере основной и вспомогательной машины с применением GPS мониторинга, учитывая конструктивные особенности земляного сооружения.

- определить объект в системе координат;
- контролировать скорость и направление его движения;
- контролировать основное время работы машины, учитывая время заправок и количество выходов водителя из авто;

- контролировать места погрузки и разгрузки;
- проконтролировать возможное отклонение от утвержденного маршрута следования.

Изложение основного материала исследований. При выполнении большого объема земляных работ целесообразен многокритериальный комплексный подход с учетом аналитического моделирования различных ситуаций, учитывая технологию и организацию строительного производства состоящую из: экономической составляющей; GPS (навигационная система) мониторинга с возможностью подключения различных датчиков, учитывающих техническое состояние выбранной техники и уровень подготовки обслуживающего персонала; автоматизированной системы выбора эффективных средств механизации; технологии и организации строительного производства; технологической совместимости различных машин и уровня их реализации на используемом объекте; эффективного контроля используемой техники в режиме реального времени и возможности приобретения её в рассрочку, лизинг или аренду.

На первом этапе осуществляем выбор эффективной техники используя разработанную авторами автоматизированную систему «Программа выбора эффективных средств механизации», которая позволяет моделировать различные ситуации выбора и использования строительной техники, осуществлять обработку и анализ полученных результатов выбора машин для земляных работ на примере бульдозеров, автогрейдеров, скреперов, экскаваторов [5, 7, 8, 9, 10, 16, 17]. В работе авторы предлагают осуществлять выбор отечественных и зарубежных машин, имея очень ограниченные технические характеристики, такие как: масса машины, мощность, габаритные размеры, размеры рабочего органа. Имея техническую характеристику по машине и данные по объекту представленном в формализованном виде, определяем производительность основной и вспомогательных машин. По производительности машины определяем: удельные показатели материалоемкости и энергоёмкости, обобщённый показатель материалоемкости и энергоёмкости, себестоимость машино-часа и суммарную стоимость выполнения земляных работ методом перебора полученных результатов с учетом многокритериальной оценки по технико-экономическим показателям из рассматриваемых машин с учетом модернизации рабочего органа.

Разработанная модель позволяет осуществлять выбор как одной, так и комплекта машин с учетом GPS мониторинга методом перебора полученных результатов по ряду показателей (табл. 1), наиболее отвечающих условию: $\Pi \rightarrow \max$, $G \rightarrow \min$, $N \rightarrow \min$, $G_{y\partial} \rightarrow \min$, $N_{y\partial} \rightarrow \min$, $\Pi_{NG} \rightarrow \min$, $\Sigma C \rightarrow \min$, $L \rightarrow \min$, $T \rightarrow \min$.

Приведем некоторые данные по разработанной автоматизированной система «Программа выбора эффективных средств механизации», которая позволяет осуществлять обработку данных и анализ результатов выбора машин для земляных работ на примере бульдозеров, автогрейдеров, скреперов, экскаваторов [5, 7, 8, 9, 10, 16, 17].

Разработанный многокритериальный комплексный подход позволяет более эффективно выбирать машины, использовать и осуществлять их контроль за счет того, что учитываются: производительность, дальность транспортировки, маршрут движения, климатические, геологические (рельеф местности, физико-механические свойства грунта и его состояние), модернизация рабочего органа.

После эффективно выбранной основной и вспомогательных машин необходимо их дальнейшее сопровождение на этапе производства работ.

Таблица 1 – Основные формулы по выбранным машинам [5, 7, 16, 17]

Экскаваторы	
Эксплуатационная производительность: $П = \frac{3600 \cdot q \cdot K_H \cdot K_B \cdot K_{B.G.} \cdot K_\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}}}{2 \cdot \alpha \cdot K_P + K_P \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}} \cdot (t_K + t_P)}$	М ³ /ч
Удельная энергоёмкость: $N_{y\partial} = \frac{N \cdot \left(2 \cdot \alpha \cdot K_P + K_P \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}} \cdot (t_K + t_P) \right)}{3600 \cdot q \cdot K_H \cdot K_B \cdot K_{B.G.} \cdot K_\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}}}$	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$
Удельная материалоемкость: $G_{y\partial} = \frac{G \cdot \left(2 \cdot \alpha \cdot K_P + K_P \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}} \cdot (t_K + t_P) \right)}{3600 \cdot q \cdot K_H \cdot K_B \cdot K_{B.G.} \cdot K_\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}}}$	$\frac{\text{кг} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$
Обобщенный показатель по энергоёмкости и материалоемкости: $П_{NG} = \frac{N \cdot G}{\left(\frac{3600 \cdot q \cdot K_H \cdot K_B \cdot K_{B.G.} \cdot K_\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}}}{2 \cdot \alpha \cdot K_P + K_P \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}} \cdot (t_K + t_P)} \right)^2}$	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{кВт}}{\left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}\right)^2}$
Фактическое время, затраченное на выполнение требуемого объема работ: $T\phi_\alpha = \frac{A_{об} \cdot B_{об} \cdot H_{об} \cdot \left(2 \cdot \alpha \cdot K_P + K_P \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}} \cdot (t_K + t_P) \right)}{3600 \cdot q \cdot K_H \cdot K_B \cdot K_{B.G.} \cdot K_\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}}}$	час
Суммарная стоимость выполняемых работ $\Sigma C = \frac{C_{зми} \cdot A_{об} \cdot B_{об} \cdot H_{об} \cdot \left(2 \cdot \alpha \cdot K_P + K_P \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}} \cdot (t_K + t_P) \right)}{3600 \cdot q \cdot K_H \cdot K_B \cdot K_{B.G.} \cdot K_\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{10\pi}}}$	грн
По эмпирической формуле определяем ширину ковша экскаватора: $B = 1,51 \cdot \sqrt[3]{q} - 0,26$	м
Количество вспомогательных транспортных единиц, которые обслуживают экскаватор: $n_c = \frac{П_{\text{Экс}}}{П_{\text{ТРАНС}}}$	шт.
Самосвалы	
Эксплуатационная производительность вспомогательных транспортных средств: $П_{\text{ТРАНС}} = \frac{Q \cdot k_e}{t'_u}$	т/ч
Время цикла вспомогательных транспортных средств: $t'_u = t_{\text{заг}} + t_{\text{тр}} + t_B + t_{\text{х.х}}$	ч

Решение поставленной задачи осуществляется комплексно, учитывая многокритериальные факторы и междисциплинарный подход. Междисциплинарный подход включает следующие направления: радиоэлектроника, компьютерное программирование, машины для земляных работ, геодезия, психология. Говоря понятным языком применить такое количество вспомогательных приборов и датчиков учета работы машины, при котором машинист использовал бы максимально весь потенциал техники.

Лучшие результаты достигаются при автоматизированном учете работы машин, осуществляемом счетчиками, установленными непосредственно на машине, и электрическими приборами, обеспечивающими дистанционный учет. Выбор того или другого способа автоматизированного учета определяется характером машины, системой ее управления, а также наличием на строительстве диспетчерской связи (рисунок 1).

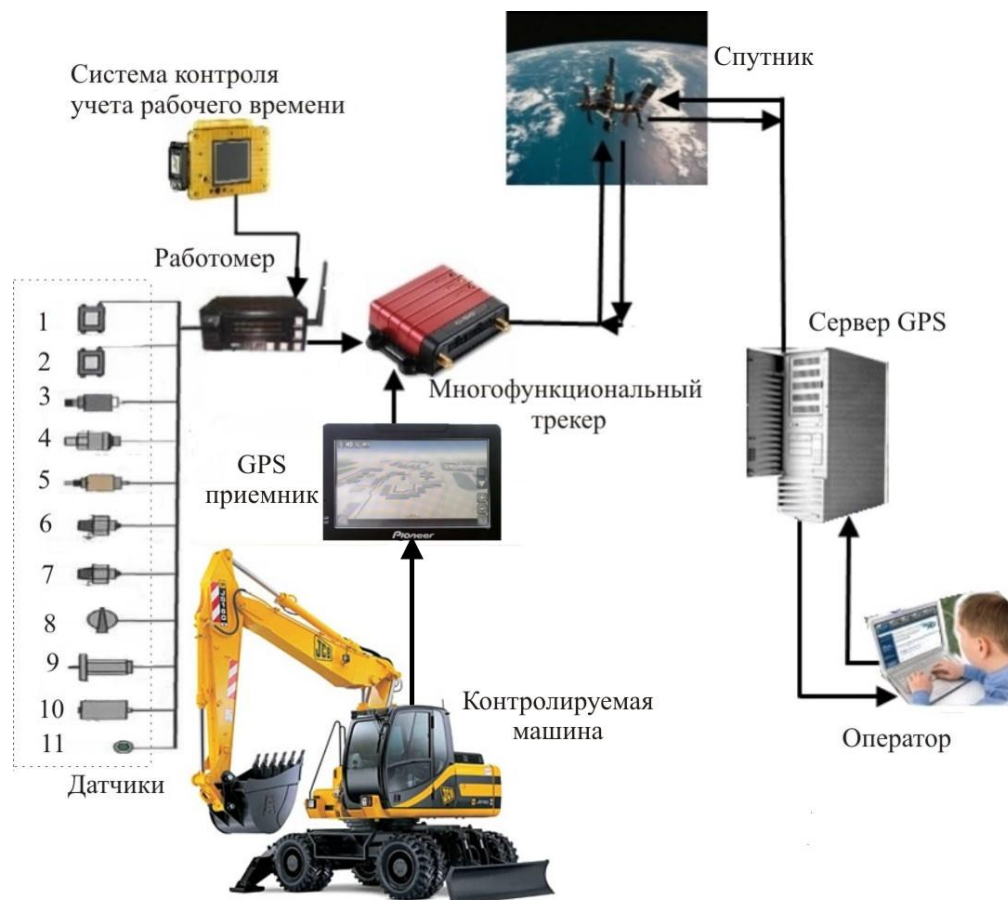


Рисунок 1 – Контроль оператора за работой машины в режиме реального времени с помощью GPS;

1 – датчик поворота платформы; 2 – датчик количества расходуемого топлива; 3 – датчик объема перемещаемого грунта ковшом; 4 – датчик скорости экскаватора; 5 – датчик режима работы двигателя; 6 – датчик пространственного положения ковша; 7 – датчик контроля усталости машиниста; 8 – датчик давления масла в гидросистеме; 9 – датчик учета количества рабочих циклов; 10 – датчик типа модуля технологической оснастки рабочего органа; 11 – датчик контроля устойчивости экскаватора.

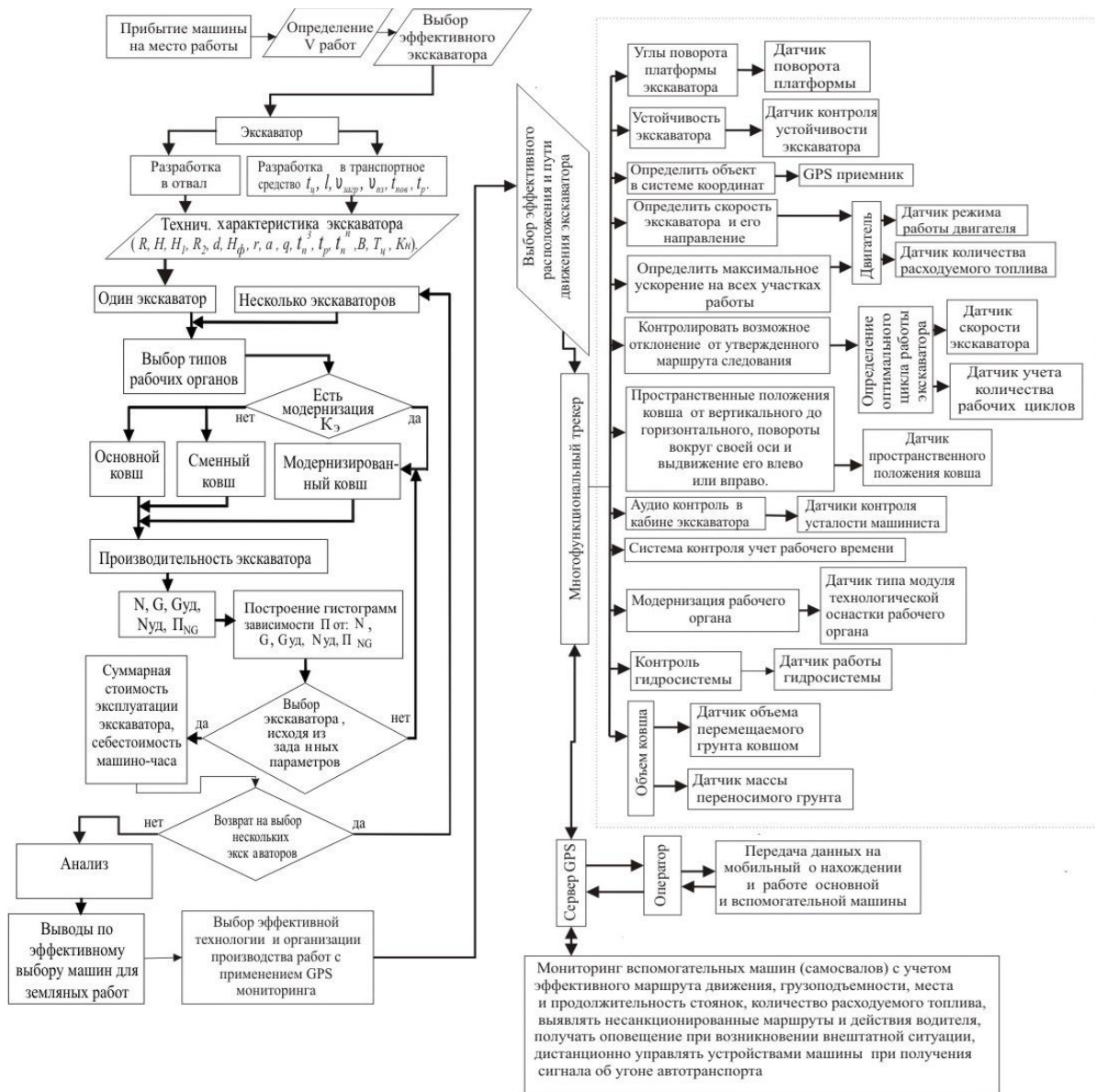


Рисунок 2 – Алгоритм комплексного подхода сопровождения организации и аналитического моделирования использования строительных машин на примере экскаватора с применением GPS мониторинга в режиме реального времени

Комплексный подход без применения GPS не отображает истинную картину в режиме online на строительной площадке, где используется выбранная техника. Автоматический учет и контроль работы машины может производиться также при помощи датчиков и самозаписывающих приборов, графически регистрирующих на ленте время, характер работы и простои машины.

Ведение земляных работ с применением комплекса мероприятий, включающих использование: работомеров, тахографов, GPS мониторинга с возможностью подключения различных датчиков, уровня подготовки обслуживающего персонала, автоматизированной системы выбора эффективных средств механизации позволяющая существенно увеличить производительность труда используемой техники. Возможности системы впечатляют, встроенный в машину аппарат контроля позволяет в режиме online:

- отслеживать маршрут движения, скорость в каждой точке, места и продолжительность стоянок, количество расходуемого топлива;

- выявлять несанкционированные маршруты и действия водителя;
- видеть схему маршрута и местоположение объектов на электронной карте, масштабировать карту;
- снизить расход топливных и временных ресурсов посредством контроля соблюдения маршрута, исключения непроизводительных расходов, «простоя» транспорта;
- непосредственно контролировать время и объем работы машины посредством системы контроля на компьютере;
- обеспечивать одновременный доступ авторизованных пользователей к данным системы из локальной сети организации, а также из любой точки страны или за ее пределами;
- сохранять данные о всех перемещениях и состоянии объектов (скорость, режим работы двигателя, загрузка, закрытие/открытие дверей, время и количество стоянок);
- подключить внешние датчики, посредством которых снимают данные с различных агрегатов транспортного средства;
- получать оповещение при возникновении внештатной ситуации – отправка тревожного сообщения в центральный офис или мобильный телефон;
- дистанционно управлять устройствами машины (управление различными устройствами на удаленном объекте строительства, при получении сигнала об угоне автотранспорта – возможность блокировки двигателя или подачи топлива).

В данной статье авторами предложен алгоритм (Рисунок 2 –) комплексного подхода с применением GPS мониторинга работы и нахождения транспортных средств, в режиме реального времени.

Выводы

1. Разработанный комплекс мероприятий по эффективному сопровождению организации и аналитическому моделированию различных ситуаций использования техники на примере основной и вспомогательных машин с применением GPS мониторинга, позволяет осуществлять контроль в режиме реального времени за: техническим состоянием и работой используемой техники; её нахождением; расходом ГСМ; простоями авто; маршрутом следования, что сокращает нецелевое использование техники, существенно снижает стоимость работ и время на выбор оптимальных организационно-технологических решений.

2. Научно обосновано сопровождение строительных машин, при их выборе, осуществляемое по многокритериальной оценке методом перебора полученных значений материалоемкости, энергоемкости, обобщенного показателя материалоемкости и энергоемкости, дополненных конструктивными особенностями земляного сооружения, представленного в формализованном виде через геометрические параметры для идентификации под технические характеристики машин для земляных работ.

Литература

1. Баловнев, В.И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара; - М.: - Транспорт, 1983. – 184 с.
2. Рейш, А.К. Повышение производительности одноковшовых экскаваторов./ Рейш Арвид Карлович; – М: Стройиздат, 1983.-169 с.
3. Caterpillar Эксплуатационные характеристики. Справочник. Издание 30, CAT® Caterpillar Inc., Пеория, Иллинойс, США, 1999.-620 с.
4. Ушацький, С.А. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін; К.: - Издательство «Кондор», 2007. – 521 с.

5. *Машины для земляных работ / Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г.; під ред. Хмари Л.А. та Кравця С.В. – Рівне-Дніпропетровськ-Харків. – 2010. – 557 с.*
6. *Филимонов, П.И. Технология и организация ремонтно-строительных работ/ П.И. Филимонов – М.: Высшая школа, 1988.-479 с.*
7. *Хмара, Л.А. Сопровождение строительных машин на этапе их выбора из имеющегося парка (на примере экскаватора) / Л.А. Хмара, С.И. Кононов// Будівництво України. – 2010. - № 2. – С.41-45.*
8. *Хмара, Л.А. Сопровождение машин для земляных работ на этапе их выбора применительно к организации строительного производства / Л.А. Хмара, С.И. Кононов // Интерстроймех 2010 Материалы международной научно-технической конференции. – Том 2. – Белгород, 2010. – № 2. – С. 185–204.*
9. *Хмара, Л.А. Методические рекомендации по инжинирингу организации технологических проектов производства земляных работ в строительстве / Л.А. Хмара, С.И. Кононов, П.Е. Уваров// Главного института проблем реконструкции, эксплуатации и инженерной защиты промышленных, жилых и гражданских объектов «Академпромжилреконструкции» Академии строительства Украины. – Луганск, 2010. – 36 с.*
10. *Хмара, Л.А. Научное сопровождение машин для земляных работ на этапе их выбора / Л.А. Хмара, С.И. Кононов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2010. – № 7. – С. 53–63.*
11. *Павлов, И.Д., Радкевич, А.В. Модели управления проектами: Учеб пособие. – Запорожье: ГУ «ЗИДГМУ», 2004. – 320 с.*
12. *Канторер, С.Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве / С.Е. Канторер – М.: Издательство литературы по строительству, 2-е издание, переработанное и дополненное, 1969. – 295 с.*
13. *Канюка, Н.С. Комплексная механизация трудоемкости работ в строительстве / Н.С. Канюка, А.В. Резуник, А.А. Новацкий; К.: - Издательство «Будівельник», 1977. – 256 с.*
14. *Кудрявцев, Е.М. Комплексная механизация, автоматизация и механооруженность строительства / Е.М. Кудрявцев - М.: - Стройиздат, 1989. – 246 с.*
15. *Анненкова, О.С. Методика рационального распределения машин для земляных работ по объектам строительства.// Механизация и автоматизация строительства: Сб. науч. трудов, Киев, 1991.- С. 82-83.*
16. *Хмара, Л.А. Сопровождение машин для земляных работ на этапе их выбора Часть I/ Л.А. Хмара, С.И. Кононов// Строительные материалы, оборудование технологии XXI века. – М.: ООО ЦНТИ «Композит XXI век», 2011. - № 8. - С. 34-37.*
17. *Хмара, Л.А. Сопровождение машин для земляных работ на этапе их выбора Часть II / Л.А. Хмара, С.И. Кононов// Строительные материалы, оборудование технологии XXI века. – М.: ООО ЦНТИ «Композит XXI век», 2011. - № 9. - С. 86-89.*

Надійшла до редакції 27.10.2011

© Л. А. Хмара, С.І. Кононов

Л. А. Хмара, д.т.н., проф.

*Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

С.І. Кононов, к.т.н.

Державний вищий навчальний заклад «Запорізький будівельний коледж»

**СУПРОВІД ОРГАНІЗАЦІЇ І АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН НА ПРИКЛАДІ ЕКСКАВАТОР З
УРАХУВАННЯМ GPS МОНІТОРИНГУ**

У статті розглянуто комплекс заходів щодо ефективного супроводу будівельних машин на прикладі екскаватора із застосуванням GPS моніторингу, який дозволяє контролювати знаходження, технічний стан і роботу машин у режимі реального часу, що скорочує нецільове використання техніки, істотно знижує вартість робіт і час на вибір оптимальних організаційно-технологічних рішень.

***Ключові слова:** GPS моніторинг, продуктивність, маршрут руху, датчики, модернізація робочих органів.*

L.A. Khmara, Dt. S.

Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture

S.I. Kononov, Ph. D..

State higher education institution "Zaporozhye building college"

**MAINTENANCE ORGANIZATIONS AND ANALYTICAL MODELING OF
BUILDING MACHINES FOR EXAMPLE IN VIEW OF EXCAVATOR GPS
MONITORING**

In the article the complex of measures is considered on effective accompaniment of build machines on the example of power-shovel with using the GPS-monitoring, which allows to control finding, technical state and work of machines real-time, that declines the no-purpose use of technique, considerably reduces the cost of works and the time of choosing the optimum organizational and technological decisions.

***Key words:** GPS-monitoring, productivity, route of motion, sensors, modernization of working organs.*