

УДК 614.843.9; 623(.422+.451.5)

ТУШЕНИЕ УДАЛЕННЫХ ОЧАГОВ ПОЖАРА С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСОВ МИНОМЕТНОГО ТИПА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АВИАЦИЕЙ

Н.В. СЕНАТОРОВ, канд. техн. наук (КП СПС «Арсенал», г. Киев), **В.Н. СЕНАТОРОВ**, канд. техн. наук (ГП НИИСК, г. Киев), **А.В. ПАЛЕХИН**, инж. (КБ «Артиллерийское вооружение», г. Киев)

Рассмотрено взаимодействие вертолета и минометного комплекса, стреляющего снарядами с огнегасящим веществом, при тушении труднодоступных очагов пожара. Приведены результаты моделирования при различных схемах взаимодействия.

Розглянуто взаємодію гелікоптера та мінометного комплексу, який стріляє снарядами з речовиною, що гасить вогонь, при тушенні важкодоступних вогнищ. Наведено результати моделювання за різних схем взаємодії.

The interaction of helicopter and mortar complex, shooting using shells with fire extinguishing substance during extinguishing of hard-to-reach fire sources, is considered. The modeling results at different interaction schemes are given.

В настоящее время широкое распространение получили методы тушения удаленных очагов пожара с помощью авиации: сбрасывание в очаг возгорания свободно распыляемого огнегасящего вещества (ОГВ) или контейнеров, снабженных устройствами автоматического раскрытия и распыления ОГВ [1]. Однако пролет над мощным очагом пожара не всегда безопасен для авиации, о чем свидетельствует опыт тушения лесных пожаров в Калифорнии (США), Испании и пожара на Чернобыльской АЭС. С этой точки зрения выгоднее использовать самоходные минометные комплексы доставки средств пожаротушения, снаряженные ОГВ и устройствами их распыления. Такие комплексы разработаны еще в конце прошлого столетия в Государственном аварийно-техническом центре и в КБ «Артиллерийское вооружение» [2], а особенности их практического применения детально рассмотрены в работах [1, 3]. Однако заметим, что применение оптико-телевизионных средств определения дальности и направления на очаг возгорания, установленных на самоходном комплексе или поднятых на мачте, требует их прямого визуального контакта с очагом пожа-

ра. В гористой местности либо на местности с высоким лесом такой визуальный контакт не всегда возможен. Использование мачты с двумя телекамерами на базовом расстоянии h малоэффективно, поскольку погрешность измерения дальности до очага пожара ΔD связана с погрешностью измерения угла визирования $\Delta\alpha$ зависимостью

$$\Delta D = 2D^2\Delta\alpha/h,$$

где D — наклонная дальность до очага пожара.

Поэтому даже при минимальной дальности до очага пожара $D = 500$ м [1] и $h = 10$ м для определения дальности с погрешностью, соизмеримой со среднеквадратическим рассеиванием боеприпаса с ОГВ, т. е. равной 7...22 м [4], необходимо измерять угол визирования с ошибкой не более 0,14...0,44 мрад. Очевидно, что обеспечить такую высокую точность на тонкой мачте практически невозможно.

С этой точки зрения целесообразнее изменить метод определения дальности и направления на очаг возгорания, сохраняя все прочие достоинства метода тушения с помощью комплексов минометного типа [1, 3].

© Н.В. СЕНАТОРОВ, В.Н. СЕНАТОРОВ, А.В. ПАЛЕХИН, 2009

Цель данной статьи — исследование возможности тушения удаленных очагов пожара с помощью комплексов минометного типа во взаимодействии с авиацией.

Основу системы пожаротушения составляют вертолет, оснащенный оптико-электронной аппаратурой со штабом пожаротушения и самоходные минометные комплексы пожаротушения, оснащенные также оптико-электронной аппаратурой. В зависимости от состава оптико-электронной аппаратуры на борту возможны две оперативные схемы взаимодействия вертолета и минометного комплекса.

Первая схема взаимодействия. Вертолет оснащен лазерным дальномером (ЛД), углоизмерительной аппаратурой, например, нацеленной системой целеуказания (НСЦ) и датчиками для измерения тангажа ν , крена γ и курса ψ относительно направления на север. Вертолет зависает в произвольной точке B (рис. 1), из которой хорошо виден очаг пожара Π и минометный комплекс/комплексы O . Точки Π и O должны находиться в диапазоне углов, измеряемых НСЦ. Проекции точек B и Π на горизонтальную плоскость, проходящую через точку O , обозначим соответственно через B' и Π' , а направление на север — ось Z_0 . В этом случае отрезок $O\Pi'$ соответствует горизонтальной дальности до очага пожара D_{Π} ; отрезок $\Pi\Pi'$ — превышению уровня очага над уровнем минометного комплекса H_{Π} ; угол ψ_{Π} — азимут очага пожара, отсчитываемый от направления на север.

Датчики измеряют углы ν , γ и ψ , которые определяют положение связанной системы координат вертолета $BXYZ$ (ось Z направлена вдоль строительной оси) в земной системе координат $OX_0Y_0Z_0$ (ось Y_0 направлена вверх). Оператор-член штаба, оснащенный визиром НСЦ, выбирает точку Π на поверхности земли, в которую необходимо доставить ОГВ, и совмещает с ней перекрестие сетки визира. НСЦ определяет угловые координаты точки Π в системе координат $BXYZ$ по известному алгоритму [5]. Бортовой вычислитель вертолета пересчитывает эти координаты в земную систему координат $(\alpha_{\Pi}, \beta_{\Pi})$ с учетом измеренных углов ν , γ и ψ по известному алгоритму

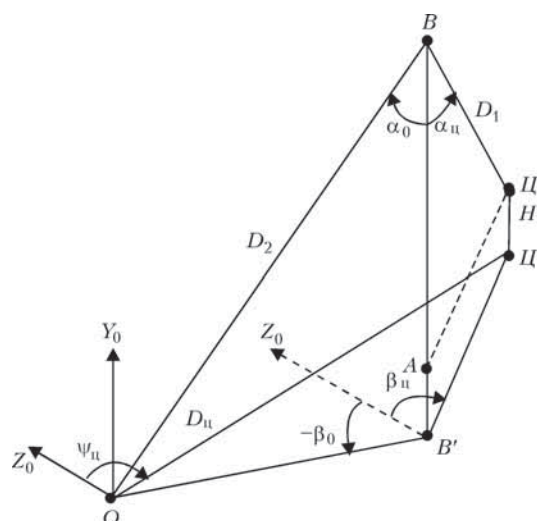


Рис. 1. Схема вычисления параметров очага пожара

[6]. Угловые координаты $(\alpha_{\Pi}, \beta_{\Pi})$ используют для управления платформой, на которой смонтирован ЛД, ориентируя дальномер в направлении взгляда оператора. Таким образом измеряют наклонную дальность $B\Pi = D_1$. Сигналы α_{Π} , β_{Π} и D_1 сохраняются в бортовом вычислителе вертолета. Далее оператор совмещает перекрестие сетки визира с минометным комплексом, который должен доставить в точку Π боеприпас с ОГВ. НСЦ определяет угловые координаты выбранного комплекса в системе координат вертолета. Бортовой вычислитель снова пересчитывает эти координаты в земную систему координат (α_0, β_0) , а ЛД измеряет наклонную дальность $BO = D_2$. Сигналы α_0 , β_0 и D_2 снова сохраняются в бортовом вычислителе вертолета. После этого вертолет либо остается в точке зависания (если она вне зоны возможного поражения при стрельбе из миномета), либо отлетает в сторону.

В вычислителе вертолета реализуется следующая алгоритм расчета горизонтальной дальности D_{Π} , азимута ψ_{Π} и высоты H_{Π} источника пожара, куда должен быть произведен выстрел:

$$\begin{aligned} B'\Pi' &= D_1 \sin \alpha_{\Pi}, \quad BA = D_1 \cos \alpha_{\Pi}, \\ B'O &= D_2 \sin \alpha_0, \quad BB' = D_2 \cos \alpha_0, \\ D_{\Pi} &= [(D_1 \sin \alpha_{\Pi})^2 + (D_2 \sin \alpha_0)^2 - \\ &\quad - 2D_1D_2 \cos(\beta_{\Pi} - \beta_0)]^{1/2}, \\ \psi_{\Pi} &= 180^\circ - \arcsin [D_1 \sin \alpha_{\Pi} \sin(\beta_{\Pi} - \\ &\quad - \beta_0) / D_{\Pi}] - \beta_0, \\ H_{\Pi} &= D_2 \cos \alpha_0 - D_1 \cos \alpha_{\Pi}. \end{aligned} \quad (1)$$



Рис. 2. Размещение платформы на борту вертолета

Значения параметров $D_{Ц}$, $\psi_{Ц}$ и $H_{Ц}$ передаются по радиоканалу минометному комплексу. Зная горизонтальную дальность $D_{Ц}$ до очага пожара, его высоту $H_{Ц}$ над уровнем плоскости, где находится минометный комплекс, и азимут $\psi_{Ц}$, бортовой вычислитель минометного комплекса определяет требуемые углы наведения с учетом баллистических и метеорологических условий.

Для того чтобы персонал минометного комплекса мог оценить результаты стрельбы, в состав оптико-электронной аппаратуры вертолета может быть введена телевизионная система (ТВС), установленная на общей платформе с ЛД, т. е. НСЦ одновременно управляет ЛД и ТВС, а видеосигнал передается на монитор минометного комплекса. Заметим, что в этом случае последовательность совмещений сетки НСЦ целесообразно изменить: сначала измеряются координаты минометного комплекса, а затем очага пожара. При этом

направление взгляда оператора, оснащенного визиром НСЦ, не меняется, и он продолжает смотреть в направлении пожара.

Перспективность ввода ТВС в состав оптико-электронной аппаратуры можно рассматривать также в ином аспекте. Если платформа с ЛД и ТВС, как и НСЦ, установлена строго в системе координат вертолета и снабжена высокоточными датчиками измерения углов поворота, то эти сигналы также могут использоваться при измерении угловых координат точки Ц.

В качестве такой платформы целесообразно использовать стабилизированную вертолетную систему FH AERO украинской фирмы «Filmotechnic» [7], которая может устанавливаться на вертолеты «Ми-2», «Ми-8» и «Ка-26» (рис. 2).

Анализ уравнений (1) показывает, что для обеспечения высокой точности вычисления дальности, высоты и азимута необходимо уменьшать составляющие $\Delta\alpha_{Ц}D_1 \sin \alpha_{Ц}$, $\Delta\alpha_0D_2 \sin \alpha_0$ и $\Delta\alpha_0D_2 \cos \alpha_0$, где $\Delta\alpha_i$ — погрешность углоизмерительной системы. А это означает, что вертолет должен зависать на минимальной высоте и быть над прямой, проходящей перпендикулярно отрезку OC' , вблизи его середины. Его нахождение — слева или справа от этой прямой — зависит от направления ветра и распространения дыма.

На рис. 3 приведены графики ошибок вычисления дальности $\Delta D_{Ц}$, высоты $\Delta H_{Ц}$ и ли-

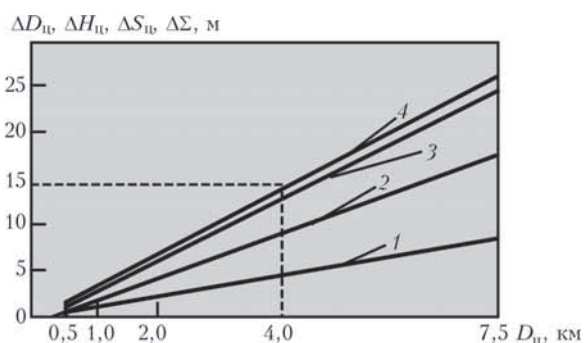


Рис. 3. Графики ошибок вычисления $\Delta D_{Ц}$ (1), $\Delta H_{Ц}$ (2), $\Delta S_{Ц}$ (3) и $\Delta \Sigma$ (4) в зависимости от $D_{Ц}$

йной меры $\Delta S_{\text{ц}}$ ошибки вычисления азимута при моделировании этого алгоритма в зависимости от удаления очага пожара от минометного комплекса ($\Delta S_{\text{ц}} = \Delta \psi_{\text{ц}} D_{\text{ц}}$).

В расчетной модели принято:

- высота зависания вертолета над уровнем очага пожара 50 м;
- превышение высоты очага пожара над уровнем минометного комплекса $H_{\text{ц}} = 10$ м;
- при измерении углов ν , γ и ψ используются идеальные датчики;
- для измерения дальности в диапазоне 500...7500 м используется высокоточный импульсный лазерный дальномер типа TruPulse [8], который измеряет дальность с погрешностью 0,3 м;
- для измерения углов используется НСЦ «Сура» [9], которая измеряет угол с погрешностью 3 мрад в диапазоне углов $\pm 60^\circ$;
- угол $\angle B'VO$ равен 120° , что соответствует диапазону измерения углов НСЦ;
- ось Z вертолета совпадает с осью Z_0 (т. е. $\psi = 0^\circ$) и проходит перпендикулярно отрезку OC' через его середину, т. е. $\psi_{\text{ц}} = 90^\circ$.

Как следует из рис. 3, наибольшее влияние имеют ошибки вычисления азимута и высоты. Однако современные геоинформационные технологии [10] с использованием цифровых карт (дальность и направление на очаг пожара известны, а привязка минометного комплекса на местности осуществима) и изображение картины пожара, передаваемое с вертолета, позволяют точно определить потребное превышение точки подрыва боеприпаса над уровнем очага пожара. Поэтому ошибку $\Delta H_{\text{ц}}$ из рассмотрения можно исключить.

Кривая 4 на рис. 3 показывает суммарную ошибку при вычислении отклонения расчетного положения очага пожара от фактического, определяемую по формуле

$$\Delta \Sigma = (\Delta S_{\text{ц}}^2 + \Delta D_{\text{ц}}^2)^{1/2}.$$

Если соотнести $\Delta \Sigma$ со средним значением рассеивания боеприпаса с ОГВ, равным 14,5 м [4], то из графика 4 на рис. 3 следует, что эффективная дальность стрельбы не превышает 4000 м, т.е. боевые возможности минометного комплекса используются не полностью.

Другой недостаток такой схемы взаимодействия — необходимость перевода взгляда с очага возгорания на минометный комплекс. За это время вертолет может сместиться из расчетной точки B , что скажется на точности вычисления параметров $D_{\text{ц}}$, $\psi_{\text{ц}}$ и $H_{\text{ц}}$.

Например, использование данных приведенной выше модели для минимальной дальности 500 м дало такие результаты. Смещение вертолета вдоль оси BZ_0 на 1 м приводит к дополнительной ошибке вычисления азимута, равной 2 мрад (соответствует 1 м). Смещение вертолета на 1 м вдоль оси BV приводит к дополнительной ошибке вычисления $\Delta D_{\text{ц}} = 1$ м. Смещение вертолета на 1 м по высоте приводит к дополнительной ошибке вычисления высоты $\Delta H_{\text{ц}} = 1$ м.

С этой точки зрения представляет практический интерес иная схема взаимодействия вертолета и минометного комплекса и варианты ее реализации.

Вторая схема взаимодействия. Минометный комплекс оснащен топопривязчиком и высокоточной углоизмерительной аппаратурой типа теодолита Т2 (погрешность измерения угла 2 угл. с) с укрепленным на нем ЛД.

Оператор минометного комплекса постоянно следит за вертолетом, т. е. в любой момент времени угловые координаты вертолета (α_0 , β_0) и дальность D_2 известны с высокой точностью.

Оператор вертолетного комплекса совмещает перекрестие НСЦ с очагом пожара; при этом измеряют угловые координаты и дальность до выбранной точки Π . Одновременно с поступлением параметров $\alpha_{\text{ц}}$, $\beta_{\text{ц}}$ и D_1 в бортовой вычислитель минометного комплекса сюда же поступают параметры α_0 , β_0 и D_2 . Вычислитель минометного комплекса реализует формульные зависимости (1), и найденные значения $D_{\text{ц}}$, $\psi_{\text{ц}}$ и $H_{\text{ц}}$ используют при определении потребных углов наведения. После передачи данных минометному комплексу вертолет отлетает в безопасную зону и оттуда передает телевизионное изображение картины пожара.

Использование приведенной выше модели для оценки ошибок определения координат

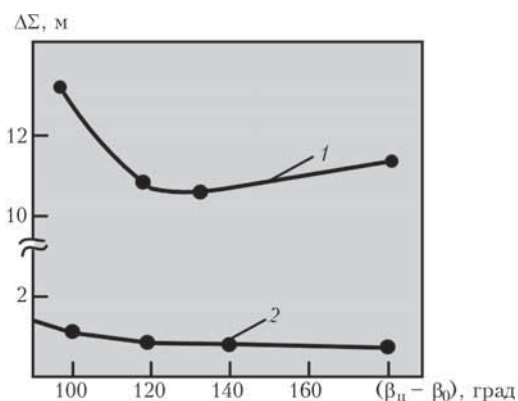


Рис. 4. График ошибки вычисления $\Delta\Sigma$ в зависимости от $(\beta_{ц} - \beta_0)$

очага пожара на предельной дальности 7500 м дало такие результаты: $\Delta D_{ц} = 6,5$ м; $\Delta H_{ц} = 13$ м; $\Delta S_{ц} = 8,4$ м и $\Delta\Sigma = 10,62$ м. Эти результаты моделирования показывают, что метод позволяет реализовать все боевые возможности минометного комплекса. Однако не следует упускать из вида, что в модели была принята идеальная датчиковая аппаратура. Поэтому вопрос повышения точности измерения исходных данных стрельбы остается актуальным.

На рис. 4 показана зависимость $\Delta\Sigma$ от угла $\angle Ц'В'O$ при дальности 7500 (кривая 1) и 500 м (кривая 2). Анализ этих зависимостей показывает следующее. Если ось вертолета проходит перпендикулярно отрезку OC' вблизи его середины, то для минимизации ошибок определения координат очага пожара целесообразно ограничивать угол $\angle Ц'В'O$ диапазоном $110...180^\circ$. При малых дальностях он должен быть ближе к 180° , а на максимальных — приближаться к 120° .

Учтем, что в этой схеме взаимодействия не обязательно одновременное нахождение очага пожара и минометного комплекса в диапазоне измерения углов НСЦ. Из анализа ошибок следует, что существенное влияние на точность этого метода оказывает составляющая $\Delta\alpha_{ц} D_1 \sin \alpha_{ц}$, а это означает, что вертолет должен зависеть максимально близко к очагу пожара.

Уточним в принятой выше модели следующие исходные данные:

- угол $\angle Ц'В'O$ равен 180° ;
- ось вертолета Z совпадает с осью Y_0 , т. е. $\psi = 90^\circ$;

- удаление вертолета от очага пожара $\angle Ц'В'$ равно 100 м.

Моделирование этого случая на предельной дальности 7500 м дало такие результаты: $\Delta D_{ц} = 0,3$ м; $\Delta H_{ц} = 0,33$ м; $\Delta S_{ц} = 0,3$ м и $\Delta\Sigma = 0,42$ м. Как видим, погрешности исходных данных стрельбы в этом варианте наименьшие среди рассмотренных схем взаимодействия.

Проблемным вопросом всех схем взаимодействия, использующих ЛД, является достоверность измеренной дальности в условиях задымленности и сложного характера пожара (горение лесов, промышленного объекта и т. д.). Настильные трассы дальнометрирования ($\alpha_{ц} \geq 85^\circ$) наиболее неблагоприятны в этом отношении. Поэтому последний вариант взаимодействия также имеет преимущества по этому показателю ($\alpha_{ц} \sim 63^\circ$), и не исключена необходимость увеличения высоты зависания, чтобы вертолет был виден оператору минометного комплекса на большой дальности, а это ведет к дальнейшему уменьшению угла $\alpha_{ц}$.

Таким образом, моделирование процесса тушения пожара с помощью артиллерийского комплекса во взаимодействии с авиацией показало высокую точность определения исходных данных стрельбы для последующей доставки огнегасящего вещества в потребную точку подрыва. При моделировании авторы учитывали только погрешности оптико-электронной аппаратуры, рассматривая датчики тангажа, крена и курса как идеальные. Поэтому, безусловно, результаты моделирования должны быть уточнены применительно к конкретному оборудованному вертолету. Однако уже сейчас можно утверждать, что широкие возможности такого взаимодействия и большие запасы по точности позволяют предположить целесообразность применения такого метода тушения пожара. При анализе авторы указали на потенциальные возможности геоинформационных технологий, использование которых при тушении пожаров должно быть предметом отдельного рассмотрения.

1. Борисюк А.А., Каравашкин Б.М., Клюфас С.И. и др. Об одном методе пожаротушения удаленных очагов пожара с помощью средств минометного типа // Артиллерийское и стрелковое вооружение. — 2003. — № 1(8). — С. 45–48.

2. *Справочник* продукции ГНТЦ АСВ по средствам пожарной безопасности. — Киев: ГНТЦ АСВ, 1996. — 19 с.
3. *Борисюк А.А., Каравашкин Б.М.* Об учете влияния метеорологических условий при тушении удаленных очагов пожара с помощью артиллерийских средств минометного типа // Артиллерийское и стрелковое вооружение. — 2004. — № 3(12). — С. 42–45.
4. *Борисюк А.А., Волощук И.В., Каравашкин Б.М.* К вопросу применения радиометрических средств в противопожарных артиллерийских комплексах // Там же. — 2005. — № 3(16). — С. 51–53.
5. *Сенаторов Н.В., Невский А.П.* Применение на- шлемной системы управления в комплексе оптико- электронных средств дистанционно управляемых агрегатов // Наукові і технічні аспекти Чорнобиля. — 2002. — Вип. 4. — С. 344–349.
6. *Мубаракшин Р.В., Балувев В.М., Воронов Б.В.* Прицельные системы стрельбы. — М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1973. — 332 с.
7. www.filmotechnic.com.
8. www.lasertech.com/TruPulse-200-Specifications.
9. *НСЦ «Сура»:* Рекламно-информационный листок КП «ЦКБ «Арсенал», 2007. — 1 с.
10. *Зацерковный В.И.* Анализ возможностей повышения эффективности боевых действий с помощью геоинформационных систем // Артиллерийское и стрелковое вооружение. — 2009. — № 3(32). — С. 38–46.

УДК 621.396.96

Артиллерийская баллистическая станция нового поколения

А.Н. ЗУБКОВ, д-р техн. наук, **С.В. КАШИН**, канд. техн. наук, **С.И. ЛЕЩЕНКО**, **Я.Д. ЛОБ**,
С.А. МАРТЮГОВ, **Н.А. НАУМЕЦ**, **В.В. ОБЛАКЕВИЧ**, **В.М. САВИЦКИЙ**, **П.А. ТОКАРЧУК**, инженеры
(Львов. науч.-исслед. радиотехн. ин-т)

Рассмотрены принципы построения и техническая реализация радиолокационной станции нового поколения для измерения начальной скорости вылета снарядов и мин.

Розглянуто принципи побудови та технічну реалізацію радіолокаційної станції нового покоління для вимірювання початкової швидкості вильоту снарядів та мін.

The principles of design and technical realization of radar station of new generation for measurement of initial shot speed of missiles and mortar shells are considered.

Одним из перспективных направлений применения радиолокационных методов для повышения эффективности артиллерийских систем, рассмотренных в работе [1], является баллистическое обеспечение стрельбы, в частности, измерение и учет в наводке стреляющей системы истинного значения начальной скорости вылета снаряда (мины). Создано значительное количество радиолокационных средств (РЛС) для измерения начальной скорости вылета снарядов, в основу которых положен доплеровский метод [2–4]. Основными недостатками созданных баллистических РЛС являются:

- значительные объем и масса аппаратуры;
- низкая помехозащищенность, в частности, низкие скрытность и устойчивость к взаимным помехам при работе в боевых порядках;

- значительная стоимость.

Первые два недостатка обусловлены работой РЛС в сантиметровом диапазоне, а третий — высокой стоимостью аппаратно-программного построения. В совокупности указанные недостатки затрудняют комплектацию каждой боевой единицы баллистической РЛС. В то же время значительный вес точного знания истинной начальной скорости вылета снаряда для минимизации промаха по дальности диктует необходимость установки баллистических РЛС на каждой артиллерийской системе, естественно, при минимизации массогабаритных и стоимостных характеристик аппаратуры [5].

Коллективом специалистов Львовского научно-исследовательского радиотехнического института

© А.Н. ЗУБКОВ, С.В. КАШИН, С.И. ЛЕЩЕНКО, Я.Д. ЛОБ, С.А. МАРТЮГОВ, Н.А. НАУМЕЦ, В.В. ОБЛАКЕВИЧ,
В.М. САВИЦКИЙ, П.А. ТОКАРЧУК, 2009