

# О повышении безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов

**ТЕКСТ** *Л. Каминский, к.т.н., технический директор ООО НПП «ЭГО» (Москва); И. Пятницкий, главный конструктор ООО НПП «ЭГО»; И. Фёдоров, к.т.н., директор ООО НПП «ЭГО», руководитель ПК5 «Системы и устройства безопасности» ТК289 «Краны грузоподъемные»*

Учитывая известные кризисные явления в экономике РФ, существенный спад производства грузоподъемных кранов, можно сказать, что в России создалась уникальная ситуация, заключающаяся в том, что нам в ближайшем обозримом будущем (10–20 лет) придется работать с парком морально устаревших и физически изношенных кранов. Они по естественным причинам имеют более низкую надежность и более опасны в эксплуатации, чем



## Оснащение грузоподъемных кранов регистраторами параметров

**Основной причиной снижения уровня промышленной безопасности в области надзора за подъемными сооружениями является большое количество оборудования, отработавшего свой расчетный ресурс. Из 240 402 ед. зарегистрированных (на 01.01.2014 г.) в органах Ростехнадзора грузоподъемных кранов 64,2% (154 239 ед.) отработали нормативный срок службы [1].**

безопасности эксплуатации кранов и увеличения травматизма. На предприятиях, где эксплуатировались подъемные сооружения (ПС), в 2013 г. произошло 30 аварий, из них 27 – на грузоподъемных кранах. Было травмировано 24 человека, 12 из которых смертельно.

Компенсация отмеченных отрицательных явлений может быть в значительной мере достигнута за счет предельного повышения организационно-технической и исполнительской дисциплины эксплуатации кранов, заключающегося в scrupulous реализации всех предписанных операций технического контроля, планово-предупредительного ремонта

(ППР) и технического обслуживания (ТО) как по времени и составу этих операций, так и по качеству. Однако в России сервисное обслуживание грузоподъемных кранов как таковое отсутствует. Технический контроль и обслуживание кранов производят исключительно их владельцы. Некоторые специализированные предприятия обладают довольно развитой инфраструктурой и осуществляют технический контроль, ППР и ТО своих кранов на приемлемом уровне. Однако это следует рассматривать скорее как исключение, а не как правило.

Квалификация и исполнительская дисциплина обслуживающего персонала на предприятиях, эксплуатирующих краны, в том числе инженерно-технических работников, во многих случаях недопустимо низкая. Поэтому качество технического

контроля и ТО кранов часто оказывается низким и осуществляется с существенными нарушениями регламента, тем более после включения опасных производственных объектов, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, в 4-й класс опасности (п. 6 Приложения 2 к ФЗ-116 от 27.07.1997 г.). Что касается ППР кранов, то его почти повсеместно игнорируют. Все это приводит в итоге к существенному снижению эффективности и безопасности эксплуатации кранов, о чем свидетельствует высокий уровень травматизма, отмеченный выше, как обслуживающего персонала, так и других лиц, связанных с эксплуатацией грузоподъемных кранов.

Для управления и надзора за своевременным и качественным выполнением всех мероприятий



новая техника. В силу известных законов деградации надежность парка кранов будет иметь тенденцию к дальнейшему падению. Следовательно, можно ожидать дальнейшего снижения

по техническому контролю, ППР и ТО грузоподъемных кранов необходима разработка и повсеместное внедрение новейших современных микропроцессорных приборов и устройств безопасности, в том числе регистраторов параметров (РП) работы кранов [2]. Однако в этой области техники на сегодняшний момент создалась абсурдная ситуация. С одной стороны, вступившие в силу с 07.03.2014 г. федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.11.2013 г. № 533) требуют обязательного соответствия оснащенности ПС ре-

Таким образом, в настоящее время не понятно, какие конкретно параметры грузоподъемного крана необходимо записывать в регистратор параметров, отсутствуют технические требования к этим приборам, не регламентированы процедуры записи и считывания информации РП и пр.

В качестве одного из вариантов частичного исправления сложившейся ситуации техническим комитетом по стандартизации РФ ТК289 «Краны грузоподъемные» в ноябре 2014 г. была вынесена на публичное обсуждение первая редакция проекта межгосударственного стандарта «Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров работы. Общие требования» (шифры задания: RU.1.585-2014; 1.2.289-2.008.14-RU) [3].

выполнения нормативной наработки, соответствующей группе классификации по ИСО 4301/1-86, приведенной в паспорте. После окончания назначенного срока службы грузоподъемный кран должен быть выведен из эксплуатации и списан. Эксплуатация грузоподъемного крана может быть продолжена при наличии достаточной остаточной прочности металлической конструкции [5].

В предлагаемом стандарте было конкретизировано понятие **нормативного характеристического числа** (для крана  $N_n$  и механизмов  $N_{n,мех}$ ) {[4, 5, 6] – термин введен впервые в июне 1998 г.}, как интегрального показателя, являющегося мерой наработки крана (или механизма), определяемого по ИСО 4301-1/86, как произведе-

где:  $P_n$  – значения масс отдельных грузов (уровни нагрузок) при типичном применении данного крана в  $n$ -м рабочем цикле;

$P_{max}$  – масса наибольшего груза (номинальный груз), который разрешается поднимать краном;

$M_i$  – значения частных нагрузок (уровни нагрузок), характерные для применения данного механизма в  $i$ -том рабочем цикле;

$M_{max}$  – значение наибольшей нагрузки, приложенной к механизму;

$t_j$  – средняя продолжительность использования механизма при частных уровнях нагрузки.

**Примечание.** В стандарте ИСО 12482:2014 (Е) предложено



гистраторами параметров, указанными в паспорте ПС. С другой стороны, Ростехнадзор своим Приказом от 22 апреля 2014 г. № 163 «О признании не подлежащими применению некоторых актов Федерального горного и промышленного надзора России» отменил:

– Постановление Госгортехнадзора РФ от 09.02.2001 г. № 7 «Об утверждении и вводе в действие требований к регистраторам параметров грузоподъемных кранов» (РД 10-399-01);

– Постановление Федерального горного и промышленного надзора России от 12 сентября 1996 г. № 36 «Об утверждении основных требований безопасности к ограничителям грузоподъемности электрических мостовых и козловых кранов» (РД 10-118-96).

В данном стандарте были сформулированы требования к РП, как к универсальным экспертно-информационным приборам, способствующим повышению безопасности на основе укрепления дисциплины эксплуатации крана путем адекватной оценки выработанного ресурса, соблюдения сроков проведения и содержания регламентных работ, а также объективного анализа возникновения аварийных ситуаций.

В качестве нормативного (назначенного) срока службы грузоподъемного крана принимают время, в течение которого кран выполняет объем работы, соответствующий группе классификации согласно ИСО 4301/1-86 [4]. Другими словами, это календарная продолжительность от начала эксплуатации крана до

ние коэффициента распределения нагрузок (крана  $K_p$  или механизмов  $K_m$ ) для соответствующего режима нагружения [крана (Q1-Q4) или механизмов (L2-L4)] на проектное предельное (максимальное) количество рабочих циклов  $C_T$  (для крана в целом) или проектное предельное значение общей продолжительности работы механизма  $t_T$  (в часах) при всех частных уровнях нагрузки (для механизмов), соответствующих классам использования  $U_0-U_9$  (для крана) и  $T_0-T_9$  (для механизмов):

$$N_n = K_p C_T = \sum_{n=1}^{n=C} \left( \frac{P_n}{P_{max}} \right)^3 \quad (1)$$

$$N_{n,мех} = K_m t_T = \sum_{i=1}^{i=C} \left( \frac{M_i}{M_{max}} \right)^3 \quad (2)$$

правые части формул (1-2) умножать на коэффициент безопасности  $f_s$ , величина которого изменяется в пределах от 1,0 до 1,5 в зависимости соответственно от того, был ли РП (либо счетчик наработки) установлен изначально на новый грузоподъемный кран, либо эти приборы устанавливаются на бывший в эксплуатации кран, сведения о предыдущей наработке которого не известны и не задокументированы. При этом  $N_n$  и  $N_{n,мех}$  терминологически названы соответственно как «проектное предельное значение приведенного числа рабочих циклов (для кранов)» и «проектное предельное значение приведенной общей продолжительности работы механизма (для механизмов)», имеют числовые значения в соответствии с таблицами этого стандарта, аналогичными таблицам 1-2.



Таблица 1

Группы классификации кранов в целом	$N_n$	Группы классификации кранов в целом	$N_n$
A1	8000	A5	125 000
A2	16 000	A6	250 000
A3	32 000	A7	500 000
A4	63 000	A8	1 000 000

Таблица 2

Группы классификации механизмов в целом	$N_{n, мех.}, час$	Группы классификации механизмов в целом	$N_{n, мех.}, час$
M1	100	M5	1600
M2	200	M6	3200
M3	400	M7	6300
M4	800	M8	12 500

Согласно ИСО 4301/1-86, «рабочий цикл» – это период работы крана от начала подъема груза до готовности к подъему следующего груза. Разработчиками стандарта на основании многолетнего опыта практической эксплуатации приборов безопасности серий ОНК-140 и ОНК-160 (Арзамасского электромеханического завода) было предложено за рабочий цикл принимать совокупность операций, связанных с перемещением груза (вертикальным



Таблица 3

Группа классификации/ характеристическое число $N_n$	Число допустимых рабочих циклов при средней относительной массе поднимаемого груза $P_n/P_{max}$			
	0,5 ( $k_p = 0,125$ )	0,63 ( $k_p = 0,25$ )	0,793 ( $k_p = 0,5$ )	1,00 ( $k_p = 1$ )
A1/ 8000	64 000	32 000	16 000	8 000
A2/ 16 000	128 000	64 000	32 000	16 000
A3/ 32 000	256 000	128 000	64 000	32 000
A4/ 63 000	504 000	256 000	128 000	64 000
A5/ 125 000	1 000 000	504 000	256 000	128 000
A6/ 250 000	2 000 000	1 000 000	504 000	256 000
A7/ 500 000	4 000 000	2 000 000	1 000 000	504 000
A8/ 1 000 000	8 000 000	4 000 000	2 000 000	1 000 000

и/ или горизонтальным) при действии нагрузки на грузоподъемном органе (грузозахватном приспособлении) не менее 5% непрерывно, в течение не менее 8 сек. Регистрация цикла работы крана прекращается при снижении нагрузки до значения менее 5% или при выходе оборудования крана за пределы рабочей зоны, установленной в паспорте крана.

Значения  $N_n$  и  $N_{n, мех.}$  выбираются по соответствующим таблицам 1–2, исходя из групп классификации кранов и механизмов в целом согласно ИСО 4301/1-86 и ИСО 12482:2014 (Е).

Зависимость числа допустимых рабочих циклов крана от массы груза представлена в таблице 3.

Было введено понятие **текущего характеристического числа** ( $N_t$ ) для крана – безразмерной величины, являющейся мерой использования работки крана на текущий момент  $0 \leq N_t \leq N_n$ , определяемой с учетом всех рабочих циклов  $C_i$ , выполненных от начала эксплуатации крана до момента освидетельствования, и значений масс грузов, поднятых в каждом рабочем цикле:

$$N_t = \sum_{i=1}^{n=C_i} \left( \frac{P_n}{P_{max}} \right)^3 \quad (3)$$

Текущее значение характеристического числа для механизма определяется по формуле:

$$N_{t, мех.} = \sum_{i=1}^n t_i \left( \frac{M_i}{M_{max}} \right)^3 \quad (4)$$

где  $n$  – число уровней регистрации нагрузки.

Для нахождения текущего характеристического числа для крана следует накапливать сумму всех безразмерных значений

$$\left( \frac{P_n}{P_{max}} \right)^3,$$

постоянно сравнивая эту сумму со значением  $N_n$  до тех пор, пока она не станет равной нормативному характеристическому числу  $N_n$ , выбранному для данного крана в соответствии с приведенной таблицей.

Нормативный ресурс крана будет выработан, когда текущее значение характеристического числа  $N_t$  для крана окажется равным нормативному характеристическому числу  $N_n$  для данной

РП, может быть выдвинуто общее предположение о том, что эксплуатация крана представляет собой случайный, стационарный в широком смысле, эргодический процесс и известно календарное время работы крана до установки РП. Предположение о стационарности в широком смысле процесса эксплуатации крана позволяет считать теоретически все статистики этого процесса не зависящими от времени постоянными величинами. Сделанное предположение позволяет также считать, что процессы эксплуатации крана до установки РП и после его установки не изменяются. Кроме того, предположение об эргодичности процесса позволяет определять все свойства процесса по одному его отрезку достаточной продолжительности.

В данном случае может быть применен метод последовательных приближений. В качестве первого приближения принимают значение характеристического числа  $N_-^{(1)}$ , определенное по величине характеристического числа  $N_+^{(1)}$ , зафиксированной в первый месяц эксплуатации крана после установки РП по формуле:

$$N_-^{(1)} = T_- \times 12 \times N_+^{(1)}, \quad (6)$$

где 12 – число месяцев в году;  $T_-$  – известное календарное время работы крана до установки РП в годах.

Второе приближение характеристического числа  $N_-^{(2)}$  определяется по значению характеристического числа  $N_+^{(2)}$ , зафиксированному в первые два месяца эксплуатации крана после установки РП, по формуле:

$$N_-^{(2)} = T_- \times 12 \times \frac{N_+^{(2)}}{2}. \quad (7)$$

Затем определяется расхождение в процентах между  $N_-^{(1)}$  и  $N_-^{(2)}$  по формуле:

$$\Delta(\%) = \left| \frac{N_-^{(1)} - N_-^{(2)}}{N_-^{(1)}} \right| \times 100. \quad (8)$$

Если это расхождение не превышает допустимого значения, в частности 5%, то дальнейшие вычисления можно не производить. Если это условие не

соблюдается, необходимо измерения продолжить до тех пор, пока расхождение между предыдущим и последующим приближением не станет равным или менее 5%.

Значение характеристического числа за срок эксплуатации крана с момента пуска определяется как сумма характеристических чисел до  $N_-$  и после  $N_+$  установки РП на грузоподъемный кран:

$$N = N_+ + N_- \quad (9)$$

Получаемые значения наработки крана целесообразно использовать для определения моментов времени проведения регламентных работ (технического обслуживания, освидетельствования, ППР, экспертного обследования и т. п.), с целью обеспечения безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

Допустим, что при календарной оценке наработки кран должен останавливаться для проведения технического обслуживания (ТО1) один раз в квартал. Тогда при календарном сроке службы крана, равном 10 годам, и принятом допущении ТО1 должно быть проведено 40 раз. При оценке наработки крана с помощью текущего значения характеристического числа  $N_t$  останавливать кран для проведения ТО1, очевидно, придется каждый раз, когда текущее значение характеристического числа станет равным или кратным  $N_H/40$ . Аналогично определяются все другие значения  $N_t$  для проведения операций по техническому контролю и обслуживанию.

На рис. 1 показаны два отрезка прямых, из которых верхний соответствует нормативному характеристическому числу, а нижний – текущему характеристическому числу. Крестиками обозначены условия, при которых выполняют операции технического контроля и обслуживания крана.

На рис. 2 показана кривая изменения значения характеристического числа  $N_t$  в функции времени  $t$ .

Как и на рис. 1, по оси ординат на рис. 2 отложены равные отрезки  $N_{ti}$ , соответствующие условиям, при которых выполняют операции контроля и технического обслуживания крана. Не-

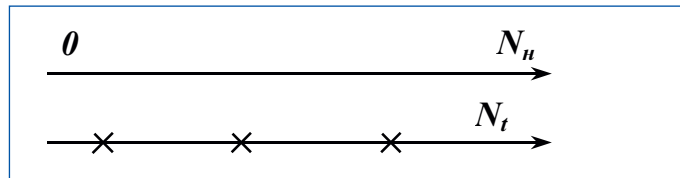


Рис. 1. Определение условий, при которых выполняют операции технического контроля и обслуживания кранов

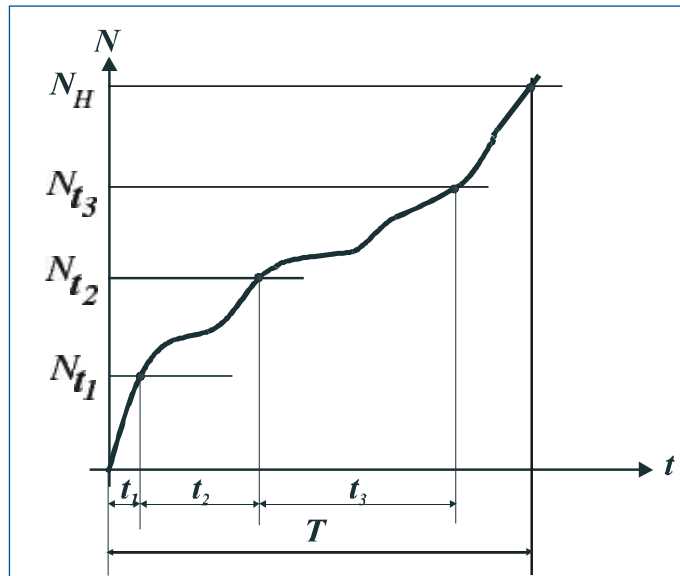


Рис. 2. Функциональная зависимость  $N_t(t)$

смотря на равенство отрезков  $N_{ti}$ , отрезки времени  $t_i$  в общем случае не равны между собой. Это свидетельствует о том, что планирование технического обслуживания по времени и планирование по текущим значениям характеристического числа не эквивалентны. Поскольку планирование по характеристическому числу учитывает реаль-

ную наработку крана, его следует считать более адекватным практическому использованию крана.

Память РП в проекте стандарта предлагается разбить на две области:

1) область, запись данных в которую производится в режиме циклического обновления (оперативная память);

2) область, запись данных в которую производится в режиме накопления (долговременная память).

Оперативная информация должна содержать основные сведения о работе крана в определенный промежуток времени (не менее 10 циклов работы), в том числе, например:

- о календарной дате и текущем времени;
- периодах записи информации;
- часах работы;
- нагрузках на грузозахватных органах;
- давлении (в поршневой и штоковой полостях) либо усилиях в гидроцилиндре подъема стрелы (для стреловых гидравлических кранов);
- координатах груза относительно крана (вылете, углах наклона стрелы и крана платформы, азимуте крановой поворотной части и др.);
- состоянии и работоспособности узлов и механизмов крана (срабатывании ограничителей грузоподъемности, например, при перегрузках, конечных выключателей, координатной защиты, защиты от приближения к ЛЭП и др.);
- параметрах опорного контура;
- параметрах противовеса;
- исполнении крана по виду грузозахватного органа и стрелового оборудования (напри-

мер, о режиме работе с гуськом, запасовке полиспаста и др.);

- температуре окружающей среды (в обоснованных случаях, если это предусмотрено техническим заданием);

- скорости ветра (для кранов башенных, козловых, порталных, мостовых кранов-перегрузателей);

- включении линейного контактора (для кранов с электрическим приводом);

- блокировках приборов безопасности, в том числе выполняемых с пульта управления крана;

- режимах работы («работа-настройка») ограничителя грузоподъемности со встроенным РП;

- контрольной сумме;

- других показателях, предусмотренных техническим заданием на проектирование РП и крана.

Регистрация оперативной информации о перегрузках свыше 100% должна производиться с интервалом не более 1 с. Максимальный период записи информации для других диапазонов нагрузки принимается в соответствии с таблицей 4.

Долговременная информация должна содержать основные сведения о работе крана или его механизмов за определенный срок службы, а также идентификационную информацию о кране, в том числе:

- о типе и модификации РП;
- наименовании предприятия – изготовителя РП;

- заводском номере РП;

- годе изготовления РП;

- типе и индексе крана;

- наименовании предприятия – изготовителя крана;

- заводском номере крана;

- годе изготовления крана;

- грузоподъемности крана;

- группе классификации крана (нормативном характеристическом числе);

- нормативном сроке службы крана;

- дате установки РП на кран;

- наименовании специализированной организации, установившей РП на кран;

- датах внесения новой информации в РП (проверках РП, изменениях параметров крана, перенастройках приборов безопасности и др.);

Таблица 4

Степень загрузки $P$ , %	Максимальный период записи $t$ , с
До 40	20
Св. 40 до 55	10
Св. 55 до 90	5
Св. 90 до 100	2
Св. 100	1

- наименовании организации, внесшей новую информацию в РП;

- общей наработке крана и (при необходимости) его механизмов в моточасах;

- суммарном числе рабочих циклов;

- распределении циклов по диапазонам нагрузки: 5–15%; 15–25%; 25–35%; 35–45%; 45–55%; 55–65%; 65–75%; 75–85%; 85–95%; 95–105%; 105–115%; 115–125%; свыше 125%;

- массе поднятых грузов (значении частных масс, массе наибольшего груза);

- текущем характеристическом числе для крана;

- коэффициенте распределения нагрузок для крана;

- нормативном и текущем характеристических числах для механизмов крана, коэффициенте распределения нагрузок для механизмов (если это предусмотрено ТЗ на проектирование крана и РП);

- других показателях, предусмотренных техническим заданием на проектирование РП и крана.

Электронные блоки РП и его прибора считывания (СП) должны быть защищены от несанкционированного доступа. Конструктивное исполнение РП и СП должно исключать возможность искажения данных. РП и их СП, выполненные в виде самостоятельных изделий, должны быть оборудованы автономными источниками питания. Запись параметров должна осуществляться РП постоянно в течение всего времени работы крана. Данные в регистраторе параметров должны записываться независимо от действий оператора крана (крановщика) и окружающей обстановки. При отключении питания записанные параметры должны сохраняться в РП. Регистратор должен обеспечивать сохранность оперативной информации в течение не менее 30 дней, а информации длительного хранения – не менее 3 лет с

момента последнего отключения электропитания. РП должен обеспечивать подготовку первичной информации для алгоритмов вторичной обработки в компьютерных системах с выводом информации на монитор ПЭВМ в виде анимационных изображений, таблиц и графиков. Информация, содержащаяся в памяти РП, не яв-



Литература

ляется заменой регулярных технических осмотров, освидетельствований и экспертных обследований крана в соответствии с действующими нормативными актами. Выводы о реальном состоянии крана можно делать только после тщательного визуально-измерительного контроля, а в некоторых случаях после проведения неразрушающего контроля с применением ультразвуковой, капиллярной или другой диагностики.

В проекте стандарта содержатся и другие требования к конструкции, монтажу, эксплуатации РП и обучению специалистов. Положения, устанавливаемые в данном межгосударственном стандарте, основывались на современных достижениях науки, техники, технологии по отношению к грузоподъемным кранам и их РП с учетом условий использования продукции, выполнения работ и оказания услуг.

Применение регистраторов параметров позволит получать объективную информацию о режимах работы кранов и данные для анализа причин отказов их

узлов и механизмов; при проведении экспертизы промышленной безопасности продлевать срок службы кранов и снижать расходы на их обслуживание на основании оценки выработанного ресурса; проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту в зависимости от фактической наработки крана; использовать информацию как оперативную, так и долговременную для оценки наработки крана в моточасах, в том числе при сдаче его в аренду или лизинг; не устанавливать на краны счетчики моточасов.



[1] Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 г.

[2] А.А. Зарецкий, В.С. Котельников, С.И. Галанов, Ю.П. Лукьянов, С.С. Самойлов, Л.С. Каминский, И.Г. Фёдоров, В.В. Свиридов, А.А. Короткий. Назначение и применение регистраторов параметров эксплуатации кранов – Безопасность труда в промышленности, 2001 г., № 1, стр. 28–31.

[3] Технический комитет № 289. АО«ПАТЭ». Документы для публичного обсуждения.

[4] РД 10-112-6-03 «Методические указания по обследованию специальных металлургических кранов»// ОАО «Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2006 г., сер. 10, вып. 68, стр. 213–358.

[5] РД 10-112-2-09 «Методические рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Часть 2. Краны стреловые общего назначения и краны-манипуляторы грузоподъемные».

[6] Свидетельство № 9213 РФ на полезную модель, МКИ В66С 23/90. Ограничитель нагрузки грузоподъемного крана/ Галанов С.И., Зарецкий А.А., Каминский Л.С., Котельников В.С., Самойлов С.С., Федоров И.Г. – № 98-110719/20; Заявл. 05.06.1998 г. Опубл. 16.02.1999г., БИ № 2.