



In the article the new process is described of sand cores drying with binders for castings by superheat steam. It is shown that the process has many perspectives — technical, economic and ecological.

Г. И. ЖУРАВСКИЙ, АНК ИТМО им. А. В. Лыкова НАН Беларуси,
Ю. П. БОБРОВ, ОАО "МЗОО"

УДК 621.747.019

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПРОЦЕСС ТЕРМООБРАБОТКИ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Одним из основных этапов технологического процесса получения отливок в разовой песчаной форме является термическая обработка стержневых смесей.

В настоящее время в большинстве случаев термическую обработку (сушку) стержневых смесей осуществляют либо в камерных печах периодического действия, либо в проходных камерных сушилках, либо в холодной или нагреваемой оснастке. При этом в зависимости от природы связующего сушку производят при температурах 180—350°C, в холодной оснастке — отверждение при обычной температуре. В процессе сушки происходит отверждение (полимеризация, поликонденсация, окисление) связующих с выделением большого количества газообразных продуктов, которые представляют основной источник загрязнения атмосферного воздуха при производстве отливок.

Количество газообразных продуктов, выбрасываемых в атмосферу при сушке стержневых смесей в условиях производства средней мощности, достигает десятков тысяч кубических метров в час. Например, при сушке стержней для изготовления радиаторов водяного отопления в количестве 2000 шт/ч общий объем газообразных веществ в выбросах достигает 20—24 м³/ч, т. е. улавливание вредных веществ из газообразной фазы приводит к необходимости оперировать большими объемами и является весьма сложной в техническом отношении задачей в виду низкой концентрации вредных веществ в единице объема, но имеющих высокую токсичность даже в таком низкоконтентированном виде.

По результатам исследований в АНК ИТМО им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, ОАО "МЗОО" разработан экологически чистый энергосберегающий процесс термообработки стержневых смесей литейных производств перегретым водяным паром (положительные решения по заявкам изобретений № 4939960102 от 04.01.92 и № 4942934 от 03.03.92). Процесс термообработки при этом протекает сле-

дующим образом. Пар, получаемый в паровом котле (в среднем из расчета 2 кг пара на 1 кг стержневой смеси), направляется в паронагреватель, где его температура поднимается до 200—350°C. Далее пар подается в сушильную установку, в которой находятся стержни или стержневая смесь. После прохождения через сушильную установку пар в смеси с продуктами полимеризации связующего направляется в конденсатор-рекуператор, где конденсируется, одновременно нагревая при этом охлаждающую конденсатор-рекуператор воду. Образующийся конденсат с растворенными продуктами полимеризации связующего подают на очистку (отстой, фильтрация через поглотитель, сепарация и др.) либо используют, например, как антисептическое средство для обработки изделий из древесины. Поскольку плотность конденсата примерно в 1600 раз выше плотности продуктов сгорания, то и объемы, из которых необходимо извлекать вредные вещества, уменьшаются в 1600 раз, следовательно, происходит концентрирование вредных веществ, позволяющее на последующих стадиях, если это необходимо, применять стандартные методы очистки жидкости от примесей.

Горячая вода, получаемая в конденсаторе-рекуператоре, используется в дальнейшем для получения перегретого пара и на технологические нужды производства (горячее водоснабжение, отопление и др.).

На основе данной идеи разработаны две технологические схемы реализации процесса термообработки водяным паром стержневой смеси: обработка в камере с подачей перегретого пара изготовленных стержней в потоке и обработка каждого стержня индивидуально продувкой перегретым паром в стержневом ящике.

Известно достаточно большое количество экспериментальных работ, посвященных исследованию взаимодействия перегретого и насыщенного водяного пара с системами, представляющими

с собой дисперсный материал (в большинстве случаев—песок), насыщенный различного рода жидкостью. В этих работах основной интерес исследований направлен, как правило, на изучение особенностей протекания тепломассопереноса при фильтрации водяного пара через дисперсный материал. Значительно меньше экспериментальных работ посвящено процессам тепломассопереноса потока пара с поверхности материала (обдув паром дисперсных тел).

В настоящей работе основным является процесс отверждения связующего при взаимодействии водяного пара с дисперсным материалом, насыщенным жидкостью, в которой происходят процессы полимеризации, поликонденсации, испарения растворителя и др. Процессы тепломассопереноса, протекающие в таких системах, являются средством для достижения нужного качества отверждения смеси “песок—связующее”. В соответствии с этой задачей был собран экспериментальный стенд и выполнено экспериментальное исследование процесса отверждения (сушки) стержневой смеси водяным паром.

Экспериментальный стенд был собран в двух вариантах: вариант паровой камеры и вариант продувки пара через слой стержневой смеси. Установка включает в себя:

1) генератор насыщенного водяного пара, представляющий собой электрический паровой котел мощностью до 5 кВт и паропроизводительностью до 6 кг пара/ч при максимальном давлении до 0,4 МПа; генератор оборудован системой автоматического поддержания заданного давления в котле, измерителем уровня жидкости в котле и кранами для заливки жидкости и выдачи пара;

2) пароперегреватель электрического типа обеспечивает перегрев насыщенного пара, поступающего из генератора, до температуры 350°С в зависимости от расхода пара; расход пара измеряется с помощью ротаметра, заключенного в теплоизолирующий кожух; контроль за точностью измерения расхода пара осуществляется весовым методом, а также путем определения количества конденсата; полнота конденсации во всех экспериментах составляет до 98%;

3) термокамера, в которой осуществляется процесс термообработки стержневой смеси паром, имеет особую конструкцию и представляет собой полый цилиндр диаметром 150 мм и высотой 210 мм, изготовленный из металла (толщина стенки 7 мм) и теплоизолированный по всей поверхности. При температуре в термокамере 350°С температура наружной поверхности теплоизоляции не превышает 40°С; перегретый водяной пар поступает и удаляется через специальные отверстия на боковых стенках камеры; предусмотрены замеры температуры пара на входе и выходе из камеры с помощью термопар; термокамера оборудована съемной герметизирующей крышкой в виде

круга диаметром 164 мм; внутри камеры размещается сетка из нержавеющей стали для прохождения пара;

4) конденсатор водяного пара представляет собой конусотрубный теплообменник, охлаждаемый проточной водой; количество конденсируемого водяного пара составляет 1,1 кг/ч;

5) блок измерительных приборов состоит из измерителя температуры (потенциометр электрического тока) и электрической емкости, а блок питания пароперегревателя — из автотрансформатора и амперметра; с помощью автотрансформатора регулируется подаваемая на пароперегреватель электрическая мощность, в результате чего регулируется и температура перегрева пара.

Экспериментальный стенд в варианте продувки пара через слой стержневой смеси состоит из парогенератора и приборов для автоматической регистрации измеряемых величин. Парогенератор EDA-22 обеспечивает подачу пара до 26 кг/ч при давлении 0,6 МПа. Колонка со смесью состоит из цилиндрической вертикальной трубки диаметром 6,6 мм и высотой 250 мм, решетки, поддерживающей слой и обеспечивающей равномерное распределение пара при входе в смесь. Температура под решеткой и в сечениях по высоте колонны измеряется с помощью термопар. Расход пара определяется электрическим ротаметром. Все измеряемые величины в ходе экспериментов регистрируются с помощью шлейфового осциллографа Н-700 и четырехканального самопишущего прибора типа RECORDER.

Для проведения экспериментального исследования процесса термообработки стержневой смеси перегретым водяным паром была разработана специальная методика, которая заключалась в следующем. Из стержневой смеси заводского производства изготавливали образец цилиндрической формы диаметром 50 мм и высотой 50 мм, в который закладывали термопары в различных сечениях образца.

Перед размещением образца в термокамере осуществляли ее разогрев до необходимой температуры (определялась условиями эксперимента) путем прокачки через термокамеру перегретого пара. После прогрева термокамеры на подложке размещали образец. Съемная крышка закрывалась и в камеру подавали перегретый водяной пар.

С помощью регистрирующих приборов производили регистрацию изменения во времени температуры и влажности исследуемого образца. Одновременно с помощью конденсатора выходящий из термокамеры пар конденсировался и конденсат непрерывно сливался в емкость.

После того как температура по сечениям образца достигала заданных значений, производили отключение подачи пара, образец извлекали из термокамеры и помещали в эксикатор для охлаждения. Измеряли количество образовавшегося кон-

денсата, исходя из которого определяли расход пара. Полученные данные по расходу сопоставляли с показаниями расходомера.

После охлаждения образец взвешивали и по разности массы до и после термообработки находили количество продуктов связующего, которые уходили из образца вместе с потоком пара. Полученный образец отвердевшей стержневой смеси подвергали дальнейшему изучению. Определили такие его характеристики, как плотность, газопроницаемость, газотворность, прочность на сжатие, остаточную влажность.

В дальнейшем на дериватографе снимали термогравиметрическую, дифференциальную термогравиметрическую кривые, кривую дифференциального термического анализа.

Дериватографическое исследование позволяло найти интервалы температур разрушения (выгорания, газификации, пиролиза) связующего. По кривой дифференциального термического анализа определяли тепловые эффекты (изотермические, эндотермические) и характер их протекания. На основе анализа дериватограмм образцов, изготовленных на заводе и образцов, прошедших термообработку водяным паром, составляли заключение о качестве отверждения связующего в потоке перегретого водяного пара.

Экспериментальные исследования процесса термообработки стержневой смеси проводили в широком диапазоне изменения температур и расходов пара, при различных количествах связующего и вариации времени термообработки. Отдельные исследования выполняли по определению количества продуктов полимеризации, попавших в конденсат. Вначале конденсат отстаивали и выделяли нерастворимые в воде продукты полимеризации связующего, а в дальнейшем его подвергали химическому анализу на содержание вредных веществ.

Проведенные эксперименты показали, что при фильтрации насыщенного пара через стержневую смесь возможны три режима, различающихся по характеру процесса. Условно их можно классифицировать следующим образом: режим однофазной фильтрации, когда движется лишь пар; двухфазной фильтрации, когда происходит движение пара и конденсата, и переходной, когда до определенной высоты слоя наблюдается двухфазная фильтрация, а затем движется только пар. Попадая на развитую поверхность стержневой смеси, водяной пар интенсивно конденсируется и заполняет поровый объем слоя до величины влагосодержания, соответствующей, очевидно, количеству пара, который необходим, чтобы, сконденсировавшись, нагреть слой до температуры насыщения при начальном давлении в засыпке.

Образовавшийся конденсат под действием градиента давления начинает двигаться с вновь поступающим паром, создавая, таким образом, двух-

фазный поток. При этом пар опережает жидкость и конденсируется у нее на фронте. Когда градиент давления достаточно велик, образующийся конденсат движется вместе с паром. Затем, когда скорость движения уменьшается, характер фильтрации опять становится однофазным.

Процесс взаимодействия перегретого водяного пара со стержневой смесью протекает таким образом, что в начальный момент происходит конденсация водяного пара на поверхности стержня и в результате выделения теплоты фазового перехода осуществляется разогрев поверхностного слоя стержня до температуры 100°C , при которой процесс конденсации прекращается. Выпавший конденсат увлажняет стержень. На последующей стадии перегретый водяной пар путем конвективного теплообмена прогревает стержень, в котором происходит процесс испарения влаги и отверждения связующего. Экспериментальные данные подтверждают такую картину процесса. Влагосодержание в зависимости от времени сначала возрастает, а затем резко снижается и практически достигает нуля.

Поскольку теплообмен между перегретым паром и стержнем протекает на поверхности стержня, то температура приповерхностного слоя стержня выше, чем температура в его середине. В результате установившегося градиента температур осуществляется процесс передачи тепла внутрь стержня и происходит испарение влаги из внутренней области стержня. В процессе испарения влаги или после полного ее испарения (зависит от вида связующего) происходит отверждение связующего и стержень (или форма) приобретает необходимую прочность.

При проведении эксперимента измеряли электроток, протекающий между двумя электродами, расположенными в образце при заданном постоянном напряжении на электродах. В результате было установлено, что за 59 мин термообработки водяным паром стержневой смеси влажность уменьшалась в 31 раз по сравнению с начальной. Методом высушивания в сушильном шкафу определяли значение конечного влагосодержания до постоянной массы при температуре 120°C . Получен результат 0,041% при исходной влажности 2,6 – 3,0%.

Одной из важных характеристик стержневой смеси, подвергавшейся термообработке, является прочность. Для ее исследования изготавливали четыре образца, три из которых были термообработаны перегретым водяным паром при различных температурах, а один испытывался в сыром виде. Испытания сырого образца показали, что предел его прочности при сжатии составляет $0,45 \cdot 10^5$ Па. Результаты испытаний трех других образцов приведены в таблице.

Как следует из таблицы, прочность отвержденной стержневой смеси, прошедшей термическую обработку перегретым водяным паром, нахо-

Характеристика образца	Номер образца		
	1	2	3
Плотность, кг/м ³	1552	1567	1543
Температура обработки, °С	180,3	150,2	178,8
Прочность, Па	14,39 · 10 ⁵	14,39 · 10 ⁵	18,34 · 10 ⁵
Средняя температура камеры, °С	216,7	174,2	209,1
Геометрические размеры, мм:			
диаметр	50	50	50
высота	50	50	50
Время термообработки, мин	55,2	55,2	60,0

дится в пределах прочности, которую должны иметь литейные стержни.

Одним из важных показателей качества изготовления стержней (или форм) является газопроницаемость, которая характеризуется способностью смеси пропускать газы через толщу формы или стержня. Показателем, определяющим газопроницаемость, является коэффициент газопроницаемости. Данный коэффициент экспериментально может быть найден на основании известного закона Дарси: $v = -k/\mu \nabla P$, где v — скорость фильтрации газа; μ — динамическая вязкость; ∇P — градиент давления.

В результате экспериментальных работ на трех стержневых образцах, проведенных на установке, состоящей из газового компрессора, расходомера, манометра и держателя образца из стержневой смеси, а затем по данным образцов, изготовленных в заводских условиях и прошедших термообработку продуктами сгорания, выяснилось, что газопроницаемость образцов, обработанных перегретым паром, выше газопроницаемости образцов, изготовленных в заводских условиях, на 13 — 22%. Это объясняется тем, что в результате термообработки стержневой смеси перегретым паром происходит увеличение пористости за счет удаления с потоком пара продуктов отверждения связующего.

Одновременно с ростом проницаемости при термообработке перегретым водяным паром стержневой смеси снижается и газотворность (на 20%). Далее при снижении газотворности и повышении проницаемости давление газов при заливке металлом формы или стержня, обработанных перегретым паром, будет меньше, чем давление газов при заливке формы или стержня, обработанных продуктами сгорания. В ходе проведенных экспериментов давление газов снизилось в 1,5 раза.

Новый способ сушки стержней приводит к существенному изменению составов как газообразных продуктов отверждения связующих, так и твердого остатка. Эти изменения обусловлены в первую очередь отсутствием кислорода в паровой

среде, благодаря чему практически не происходят окислительные процессы. Выделяющиеся из связующих летучие вещества перегоняются без окисления в паровом потоке и могут быть на последующей стадии (после конденсации пара) извлечены из конденсата и использованы либо для производства связующих, либо для других нужд (топливо, ценное химическое сырье и т.д.). Конкретный состав парогазовых смесей и конденсатов, образующихся при термообработке паром, зависит от вида и количества связующих.

Полученный при термообработке перегретым паром конденсат имел в большинстве случаев желтый цвет с запахом нефти. После отстаивания конденсат разделяли на две составляющие. На поверхности конденсата собиралась темная густая фракция из нерастворимых в воде компонентов связующего с запахом нефтепродуктов, которая хорошо горела.

Содержание горючей фракции в конденсате колебалось (в зависимости от вида связующего) от 1 до 4 мас.%. После отделения нерастворимой фракции конденсат исследовали на содержание вредных веществ. Выяснилось, что в конденсате присутствуют летучие фенолы и летучие жирные кислоты (см. ниже).

Компоненты	Содержание компонентов, г/кг
Вода	994,4 — 977,7
Летучие фенолы	3 — 8
Летучие жирные кислоты	2,6 — 14,3

В настоящее время известно большое количество различных методов очистки воды, содержащей вредные вещества. Выбор метода очистки зависит от степени загрязнения воды, вида загрязнителей и необходимого конечного качества очищенной воды.

Создаваемый технологический процесс позволяет в сравнении с лучшими аналогами (термообработка продуктами сгорания топлива и обработка в оснастке) полностью исключить вредные выбросы в атмосферу, довести величину полезно используемого тепла до 80—90% против 30—40%, повысить на 30% производительность за счет интенсификации процессов тепломассопереноса, снизить на 40—50% удельный расход теплоносителя.

Вследствие того что удельная теплоемкость водяного пара в 2 раза выше теплоемкости продуктов сгорания, массовый расход водяного пара, необходимый для термообработки стержневой смеси, будет в 2 раза меньше расхода продуктов сгорания. Эффективность от внедрения технологического процесса термообработки паром стержневых смесей заключается в экономии энергоресурсов, улучшении экологических характеристик производства и условий труда. Экономический эффект от экономии энергоресурсов может рассчитываться следующим образом. Термообработка стержне-

вых смесей в настоящее время при средней температуре нагрева 230°C требует расхода газообразного топлива (теплота сгорания $Q_p^n = 34694$ кДж/м³, теплосмесь $C_p^{смеси} = 1,98$ кДж/кг [1]:

$$G_{газа} = \frac{C_p^{смеси} \cdot 1 \text{ кг} \cdot \Delta T_{смеси} k}{Q_p^n} = 3,28 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3,$$

где $k = 2,5$ — коэффициент расхода газа при полезном использовании тепла 40% ($1/0,4 = 2,5$).

Термообработка перегретым паром позволяет полезно использовать до 70% тепла, т.е. $k = 1,43$.

Значит,

$$G_{газа} = \frac{1,98 \text{ кДж/кг} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 230^\circ \text{C} \cdot 1,43}{34694 \text{ кДж/кг}} = 1,88 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Таким образом, экономия газа на 1 кг стержневой смеси составит

$\Delta G_{газа} = 3,28 \cdot 10^{-2} - 1,88 \cdot 10^{-2} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{кг}$, что в денежном выражении (при цене 46,9 руб. за 1 м³ газа) составит величину эффекта ($\bar{\mathcal{E}}_1$):

$$\bar{\mathcal{E}}_1 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 46,9 \text{ руб/м}^3 = 0,66 \text{ руб/кг}.$$

Для литейного цеха средней мощности (количество термообрабатываемой смеси около 30 000 т в год) среднегодовой экономический эффект ($\mathcal{E}_1$) составит:

$$\bar{\mathcal{E}}_1 = \frac{0,66 \text{ руб/кг} \cdot 30000 \cdot 10^3 \text{ кг/год}}{100 \text{ коп/руб.}} = 19,8 \text{ млн руб.}$$

Экономическая эффективность от улучшения экологических показателей рассчитывается на основании "Типовой методики определения экономической эффективности от осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды":

$$G = \gamma \sigma f \mu,$$

где G — оценка ущерба, руб/год; $\gamma = 2400$ руб/усл.т. Величина σ для территорий промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промузлов составляет 4. Значение множителя (поправка, учитывающая характер рассеяния в атмосфере газообразных продуктов и легких мелкодисперсных частиц) принимается равным:

$$f = \frac{100(\text{м})}{100(\text{м}) + \varphi_h} \frac{4 \text{ м/с}}{1 \text{ м/с} + u},$$

где h — геометрическая высота устья источника по отношению к среднему уровню зоны активного загрязнения, м; т.е. $h = 20$ м; φ — поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосфере

($\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ \text{C}}$), где ΔT — среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере на уровне устья; $\Delta T = 150^\circ \text{C}$ — при термообработке стержневых смесей, т.е.

$$\varphi = 1 + \frac{150^\circ \text{C}}{75^\circ \text{C}} = 3;$$

u — среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с; в тех случаях, когда u неизвестно, оно принимается равным 3 м/с.

Таким образом,

$$f = \frac{100(\text{м})}{100(\text{м}) + 3 \cdot 20(\text{м})} \frac{4 \text{ м/с}}{1 \text{ м/с} + 3 \text{ м/с}} = 0,63;$$

μ — приведенная масса годового выброса загрязнений из источника, усл. т/год:

$$\mu = \sum_{i=1}^N A_i m_i,$$

где m_i — масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т/год; A_i — показатель относительной агрессивности примеси i -го вида, усл. т/год (определяется по таблицам); N — общее число примесей, выбрасываемых в атмосферу. В условиях литейного производства в атмосферу выбрасываются CO; SO₂; NO_x; H₂S; HF; HCN, фенол [2]. Конкретные содержания названных веществ колеблются в значительных пределах в зависимости от используемых видов топлив и стержневых смесей. В связи с этим для расчета необходимо использовать средние показатели по количеству выбрасываемых в атмосферу вредных веществ при термообработке стержневых смесей. При термообработке одним литейным цехом (средней мощности) 30 тыс. т в год стержневой смеси в атмосферу выбрасывается до 4 тыс. т в год CO и до 10 т в год фенола. В этом случае приведенная масса годового выброса вычисляется так:

$$\mu = 3 \cdot 4 \text{ тыс.т/год} + 170 \cdot 10 \text{ т/год} = 13700 \text{ т/год}.$$

Экономический эффект от предотвращения выбросов в атмосферу определяется как

$$\mathcal{E}_r = G = \gamma \sigma f \mu = 2400 \text{ руб/т} \cdot 4 \cdot 0,63 \cdot 13700 \text{ т/год} = 82,8 \text{ млн руб/год}.$$

Таким образом, результирующий экономический эффект от внедрения в одном литейном цехе процесса термообработки перегретым паром стержневых смесей составит

$$\bar{\mathcal{E}}_{\text{общ}} = \bar{\mathcal{E}}_1 + \mathcal{E}_r = 82,8 \text{ млн руб.} + 19,8 \text{ млн руб.} = 102,6 \text{ млн. руб.}$$

Заключение

В результате выполненных экспериментальных и аналитических исследований процесса термообработки стержневых смесей, используемых в производстве литейных стержней, установлены принципиальная возможность, техническая реализуемость и экономическая выгодность использования перегретого водяного пара для отверждения литейных стержневых смесей.

При этом установлено что:

- отвержденные перегретым паром литейные стержни по прочности не уступают стержням, прошедшим термообработку продуктами сгорания топлива в заводских условиях;
- термообработка стержневой смеси перегретым паром приводит к увеличению (до 20%) газопроницаемости смеси по сравнению с газопроницаемостью смеси, прошедшей сушку в заводских условиях;
- при термообработке перегретым водяным паром снижается (до 20%) газотворность стержневой смеси по сравнению со смесью, термообработанной в заводских условиях;
- использование перегретого водяного пара в качестве теплоносителя стержневой смеси позво-

ляет практически полностью исключить выбросы вредных веществ в атмосферу;

- при отверждении перегретым паром стержневой смеси заводского приготовления образуется конденсат, который путем отстаивания разделяется на воду и жидкие фракции (продукты отверждения связующего), которые могут быть возвращены в технологический процесс приготовления связующих либо использованы в качестве топлива для производства пара.

Литература

1. Михайлов А. М. Литейное производство. М.: Машиностроение. 1997.
2. Спейшер В. А. Обезвреживание промышленных выбросов дожиганием. М.: Энергоатомиздат, 1986.

**Санкт-Петербургский государственный технический университет
Ассоциация литейщиков Санкт-Петербурга (ЛенАЛ)
Проектно-технологический институт литейного производства
Международный центр экономики и техники (МЦЭТ)
г. Санкт-Петербург**

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе ежегодной Всероссийской научно-практической конференции "Литейное производство сегодня и завтра", посвященной 70-летию кафедры "Физико-химия литейных сплавов и процессов" и 100-летию со дня рождения основателя кафедры профессора, доктора технических наук Юлиана Аркадьевича Нехендзи.

На конференции будут заслушаны доклады, посвященные юбилею, а также отражающие состояние и перспективы развития литейного производства Северо-западного региона России по следующим основным направлениям:

- Сплавы, отливки.
- Формообразование.
- Моделирование и проектирование литейных процессов.
- Экология и безопасность жизнедеятельности.
- Организация производства и сбыт продукции.
- Подготовка кадров.

Конференция состоится

26—28 июня 2001 г. по адресу:

Санкт-Петербург, Аэродромная ул., д. 4 (ст. м. "Пионерская"), Государственный Региональный Образовательный центр.

Заезд с 25 июня с. г.,

регистрация участников конференции с 9 часов утра 26 июня 2001 г.

К конференции будет издан сборник тезисов докладов.

По вопросам участия в конференции и издания сборника тезисов докладов обращаться по тел. (812) 394-73-54 (т./ф.) или (812) 540-74-11