

## Современная система безопасности грузоподъемного крана

**Грузоподъемные краны защищаются от перегрузки и опрокидывания либо путем ограничения массы поднимаемого груза ограничителями грузоподъемности, либо с помощью ограничения грузового момента ограничителями грузового момента [см.: Ю. И. Гудков, А. А. Зарецкий, Л. С. Каминский, В. С. Котельников и др. Критерии защиты стреловых кранов с телескопической стрелой от нагрузки // Федеральный строительный рынок. — 2007. — № 7 (64). — с. 60–62].**

Обычно система безопасности крана, использующая принцип ограничения грузового момента, производит измерение угла наклона стрелы, длины стрелы, массы груза и азимута с помощью соответствующих датчиков, преобразование их сигналов в цифровой код — с помощью аналого-цифрового преобразователя, расчет — с помощью цифровой вычислительной машины грузового момента, представляющего собой произведение силы тяжести груза на величину вылета, и в случае превышения допустимого значения грузового момента отключает с помощью блока управляющих реле механизмы крана, работа которых может приводить к увеличению грузового момента (см., например, патент Российской Федерации № 2129524 С1, В66С 23/88, 13/18, приоритет от 27.04.1999).

Путем ограничения грузового момента можно защитить кран от опрокидывания из-за потери устойчивости, но невозможно защитить грузовой канат, металлоконструкцию и механизмы крана от поломок из-за потери прочности, которая может произойти при подъеме больших грузов на малых вылетах, хотя величина грузового момента при этом не превышает допустимого значения. Поэтому при защите кранов с помощью ограничителей грузового момента производится ограничение грузовой характеристики крана, представленной на рис. 1 зоной, где его грузоподъемность  $Q_{max}$  определяется по критерию устойчивости, т. е. где  $Q_{max}$  определяется максимально допустимым опрокидывающим моментом  $M_{max}$  (на рис. 1 это участок характеристики при значениях вылета  $R$  больше  $R_b$ -вылета, начиная с которого грузовая характеристика определяется устойчивостью крана). Для обеспечения работы на меньших вылетах требуется увеличение прочности конструкции крана, а следовательно, его металлоемкости и стоимости.

Наиболее распространенный способ ограничения грузоподъемности крана основан на измерении угла наклона стрелы, ее длины, нагрузки, расчете на их основе величины вылета и нагрузки на грузозахватном органе, сравнении действующего значения нагрузки с допустимым значением (грузоподъемностью) на данном вылете, и в случае превышения действующим значением нагрузки величины грузоподъемности — отключении движений крана, приводящих к росту нагрузки.

Описанный метод реализован в системе защиты грузоподъемного крана, содержащей цифровой вычислитель, внешнее запоминающее устройство, исполнительный блок и датчики параметров крана, подключенные к первому входу цифрового вычислителя, ко второму входу которого подключено внешнее запоминающее устройство, а к первому выводу — первый вход исполнительного блока. В цифровом вычислителе производится сравнение действующего значения нагрузки на грузозахватном органе (крюке) с величиной грузоподъемности на данном вылете, хранящейся во внешнем запоминающем устройстве. При превышении нагрузки на крюке допустимого значения в цифровом вычислителе вырабатывается управляющий сигнал, передаваемый в исполнительный блок, который производит отключение движений крана, приводящих к росту степени загрузки крана (выдвижения и опускания стрелы, подъема крюка) (см., например, патент Российской Федерации на полезную модель № 38747 U1, В66С 23/90, приоритет 10.07.2004).

Путем ограничения нагрузки на грузозахватном органе можно защитить как кран от опрокидывания из-за потери устойчивости, так и грузовой канат, металлоконструкцию и механизмы крана от поломок из-за потери прочности. Однако в связи с тем, что величина грузоподъемности крана на дальних вылетах на один-два поряд-

ка меньше величины грузоподъемности на ближних вылетах (см. рис. 1), при использовании способа защиты крана путем ограничения нагрузки на грузозахватном органе требуется использовать в составе ограничителей грузоподъемности датчики параметров для определения нагрузки на крюке с большим диапазоном измерения и высоким классом точности для обеспечения необходимой точности работы ограничителя, регламентированной требованиями нормативных документов Ростехнадзора. Это ведет к росту стоимости и ужесточению требований к монтажу, юстировке и эксплуатации системы защиты. Кроме того, такие системы при достижении ограничения грузоподъемности производят отключение вполне определенного набора движений, независимо от участка грузовой характеристики. Как правило, отключаются движения, увеличивающие грузовой момент, т. е. подъем груза лебедкой, опускание и выдвижение стрелы. Хотя, например, при работе в зоне горизонтального участка характеристики  $Q_{max}=f(R)$  величина грузоподъемности  $Q_{max}$  определяется прочностью грузового каната. Здесь, напротив, не опускание, а подъем стрелы может приводить к росту нагрузки в канате, а опускание стрелы не приводит к превышению допустимой нагрузки. Поэтому устройства безопасности, использующие известные способы защиты, не всегда эффективно обеспечивают работу грузоподъемных кранов на малых вылетах.

Ниже рассматриваются метод защиты грузоподъемного крана и система для его осуществления, которые обеспечивают повышенную безопасность и эффективность работы грузоподъемного крана при его работе в зоне грузовой характеристики, определяемой критерием прочности элементов конструкции крана (см. патент Российской Федерации № 2316467, В66С 23/88, приоритет от 13.04.2006, опубликован 10.02.2008). Дополнительными задачами, стоящими перед разработчиками, являлись снижение стоимости системы защиты грузоподъемности крана, упрощение ее конструкции, монтажа, юстировки и обслуживания на кране при обеспечении необходимой точности работы.

Предлагаемым методом предусмотрено определение зон грузовой характеристики, соответствующих по-

ложению оборудования крана. При положении оборудования крана в зоне грузовой характеристики, ограниченной прочностью, производят ограничение нагрузки на грузозахватном органе, а при положении оборудования крана в зоне грузовой характеристики, ограниченной устойчивостью, производят ограничение опрокидывающего момента путем отключения тех движений крана, которые могут привести, соответственно, к росту нагрузки на грузозахватном органе или опрокидывающего момента. На основе данных о длине стрелы и вылете производится определение соответствия положения кранового оборудования зоне грузовой характеристики, ограниченной прочностью, или зоне, ограниченной устойчивостью крана, и в зависимости от зоны грузовой характеристики производится ограничение либо нагрузки на грузозахватном органе, либо опрокидывающего момента. Причем при работе в зоне значений вылета  $R > R_b$  величина нагрузки на крюке  $Q$  является справочной (только для индикации) и нет необходимости в ее точном вычислении, что снижает требования к точности замера параметров и упрощению алгоритма расчета нагрузки на крюке. Например, для расчета нагрузки на крюке современного крана при работе на дальних вылетах для определения значения  $Q$  с точностью 5% необходимо измерять усилие в механизме подъема стрелы с точностью 0,2–0,4%. Значение момента опрокидывания  $M$  практически определяется усилием в механизме подъема стрелы, поэтому требования к точности измерения этого усилия имеют такой же порядок, что и требуемая точность определения момента (единицы процентов). Причем значение  $M_{max}$  во всем диапазоне рабочей зоны меняется в небольших пределах. Все это позволяет применить более простую и дешевую аппаратуру для системы защиты грузоподъемного крана, упростить его монтаж и юстировку.

Система защиты грузоподъемного крана (по патенту РФ № 2316467) содержит цифровой вычислитель 1, внешнее запоминающее устройство 2, исполнительный блок 3 и блок 4 датчиков параметров крана (рис. 2).

В состав цифрового вычислителя 1 входят блок 5 расчета вылета, блок 6 расчета нагрузки на грузозахватном органе (крюке), блок 7 определения момента, первый 8, второй 9 и третий 10 компараторы и элемент 11 ИЛИ. Цифровой вычислитель имеет первый и второй входы и соответствующие выходы. Входы блоков 5, 6 и 7 образуют

первый вход цифрового вычислителя, а выходы подключены к первым входам, соответственно, первого 8, второго 9 и третьего 10 компараторов. Вторые входы указанных компараторов образуют второй вход цифрового вычислителя. Выходы первого 8 и второго 9 компараторов подключены, соответственно, к первому и второму входам элемента

11 ИЛИ, выход которого является первым выходом цифрового вычислителя, а выход третьего 10 компаратора является вторым выходом цифрового вычислителя.

Блок 4 датчиков параметров крана содержит в своем составе датчик 12 длины стрелы (для кранов с телескопической стрелой), датчик 13 угла

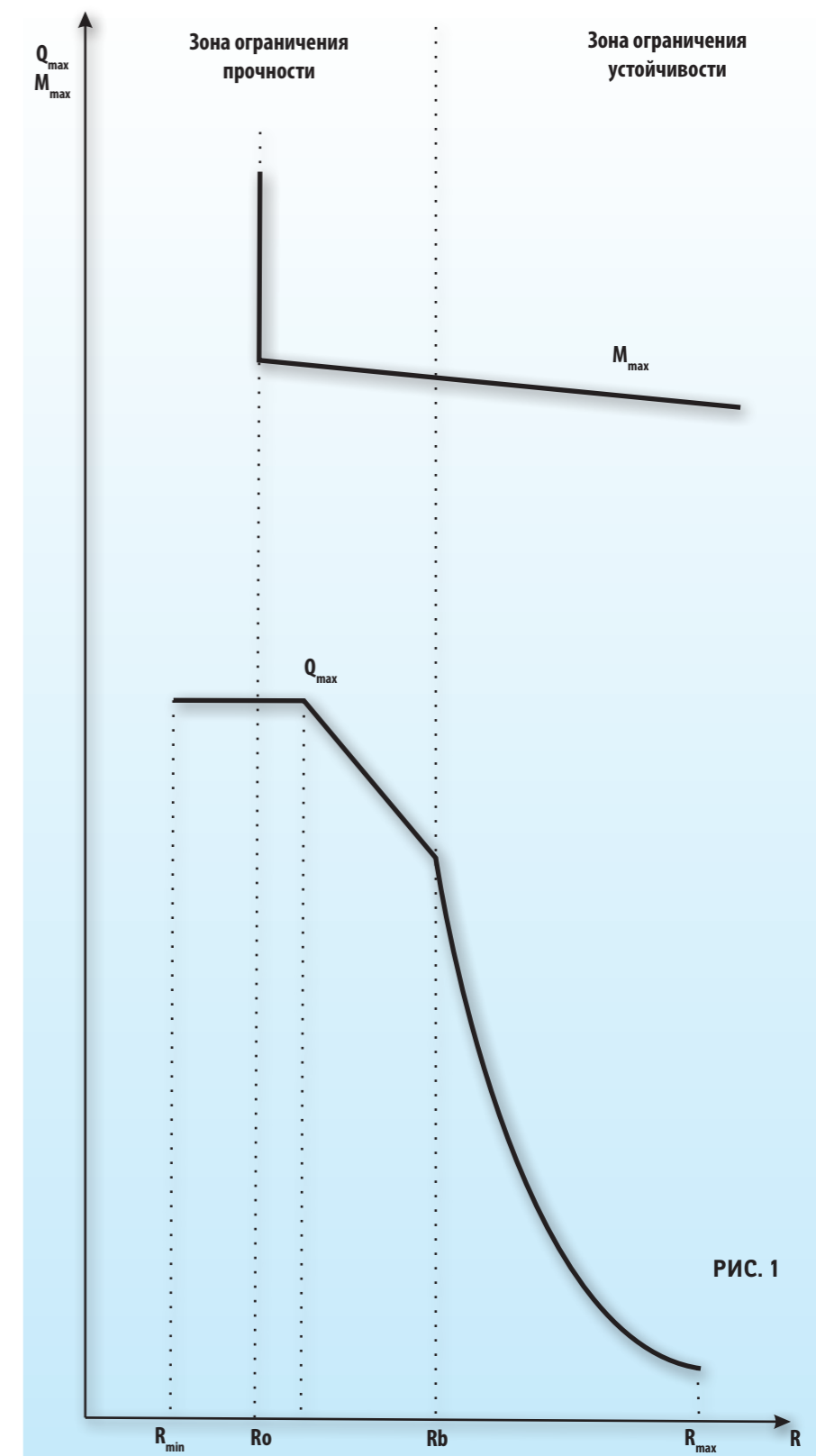


РИС. 1

наклона стрелы и датчик 14 усилия (или давления) в механизме подъема стрелы. Блок 4 может включать в себя как аналоговые, так и цифровые датчики. При использовании аналоговых датчиков они подключаются к аналого-цифровому преобразователю. К первому входу цифрового вычислителя 1 подключен блок 4 датчиков параметров крана, ко второму входу — внешнее запоминающее устройство 2, а к первому и второму выходам — соответствующие входы исполнительного блока 3.

Блок 5 расчета вылета, блок 6 расчета нагрузки на грузозахватном органе (крюке) и блок 7 определения момента реализуют общеизвестные алгоритмы расчета указанных параметров (см., например: Каминский Л. С. Повышение безопасности эксплуатации стреловых кранов на основе регистрации и анализа их рабочих параметров. — Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» // Новочеркасск, Южно-

Российский государственный технический университет, 2001 г.).

Исполнительный блок 3 представляет собой устройство коммутации силовых цепей крана и выполнен в виде электромагнитных реле с предусилителями. К первому выходу цифрового вычислителя подключаются входы устройств, коммутирующих цепи управления движениями крана, которые могут увеличить нагрузку на крюке (в т. ч. подъем крюка, подъем и выдвигание стрелы). Ко второму выходу цифрового вычислителя подключаются входы устройств, коммутирующих цепи управления движениями крана, которые могут увеличить момент опрокидывания (в т. ч. подъем крюка, опускание и выдвигание стрелы, поворот в зону меньшей грузоподъемности).

Функционирование предлагаемой системы иллюстрируется на примере работы грузоподъемного крана в режи-

ме подъема груза с земли на рабочую площадку.

На основе значений сигналов датчиков параметров крана в цифровом вычислителе 1 производится расчет текущих значений вылета  $R$  в блоке 5 расчета вылета, нагрузки на крюке  $Q$  в блоке 6 расчета нагрузки на крюке и опрокидывающего момента  $M$  в блоке 7 определения момента. Рассчитанное в блоке 5 значение вылета  $R$  сравнивается в первом компараторе 8 с граничными значениями вылета участков грузовых характеристик крана, хранящихся во внешнем запоминающем устройстве 2.

Если значение вылета  $R$  меньше значения  $R_b$ , т. е. кран работает на участке грузовой характеристики, определяемой прочностью его конструкции, то на выходе первого компаратора 8 вырабатывается логический ноль, который поступает на первый вход элемента 11 ИЛИ, поэтому состояние выхода элемента 11 ИЛИ определяется сигналом на втором его входе, подключенном к выходу второго компаратора 9.

Состояние выхода второго компаратора 9 определяется результатом сравнения действующего значения нагрузки  $Q$  на грузозахватном органе (крюке), рассчитанного блоком 6, со значением грузоподъемности  $Q_{max}$  на

данном вылете в соответствии с грузовой характеристикой, хранящейся во внешнем запоминающем устройстве 2. Если нагрузка  $Q$  не превышает допустимого значения  $Q_{max}$ , то на выходах второго компаратора 9 и элемента 11 ИЛИ устанавливаются логические единицы и на первый вход исполнительного блока 3 поступает сигнал разрешения движений крана.

Одновременно в третьем компараторе 10 производится сравнение текущего значения опрокидывающего момента  $M$ , определенного блоком 7, с допустимым значением  $M_{max}$ , хранящимся во внешнем запоминающем устройстве 2. На участке грузовой характеристики определяется прочностью ( $R < R_b$ ), значение момента заведомо ниже допустимого значения. Поэтому на выходе третьего компаратора 10 устанавливается логическая единица, которая подается на второй вход исполнительного блока 3, разрешая движения крана.

Если же нагрузка на крюке  $Q$  превышает значение  $Q_{max}$ , на выходе второго компаратора 9, втором входе и выходе элемента 11 ИЛИ устанавливается логический ноль, который по первому входу исполнительного блока 3 блокирует движения крана, которые могут

привести к недопустимой перегрузке элементов его конструкции. Причем набор отключаемых операций может варьироваться в зависимости от зоны грузовой характеристики, на которой работает кран ( $R < R_o$  или  $R_o < R < R_b$ ), при использовании многоуровневого первого компаратора 8.

Когда крановое оборудование работает в зоне грузовой характеристики, ограниченной устойчивостью ( $R > R_b$ ), с выхода первого компаратора 8 на первый вход исполнительного блока 3 подается логическая единица, и ограничения рабочих движений по условию  $Q > Q_{max}$  не происходит, а состояние исполнительного блока 3 определяется только величиной действующего опрокидывающего момента  $M$ , определяемого блоком 7. Если  $M < M_{max}$ , с выхода третьего компаратора 10 на второй вход исполнительного блока 3 подается логическая единица и движения крана разрешены. Если же достигнуто ограничение по устойчивости ( $M > M_{max}$ ), логический ноль на выходе третьего компаратора 10 блокирует движения крана, ведущие к потере устойчивости (подъем крюка, увеличение вылета, поворот в зону меньшей грузоподъемности и т. д.).

Возможны также и другие устройства для осуществления предлагаемого способа, например с выполнением цифрового вычислителя 1 на основе микропроцессора. В этом случае блок 5 расчета вылета, блок 6 расчета нагрузки на крюке, блок 7 определения момента, первый 8, второй 9, третий 10 компараторы и элемент 11 ИЛИ реализуются в микропроцессоре программным путем с использованием соответствующих алгоритмов.

Предлагаемый способ защиты грузоподъемного крана может быть реализован на грузоподъемных кранах стрелового типа в системе безопасности типа ОНК-160С производства ООО «Арзамасский электромеханический завод».

**А. А. ЗАРЕЦКИЙ**, д. т. н., профессор, ЗАО «Машстройиндустрия»;  
**Л. С. КАМИНСКИЙ**, к. т. н., технический директор ООО НПП «ЭГО»;  
**И. А. ПЯТНИЦКИЙ**, главный конструктор ООО НПП «ЭГО»;  
**И. Г. ФЕДОРОВ**, к. т. н., директор ООО НПП «ЭГО», Москва

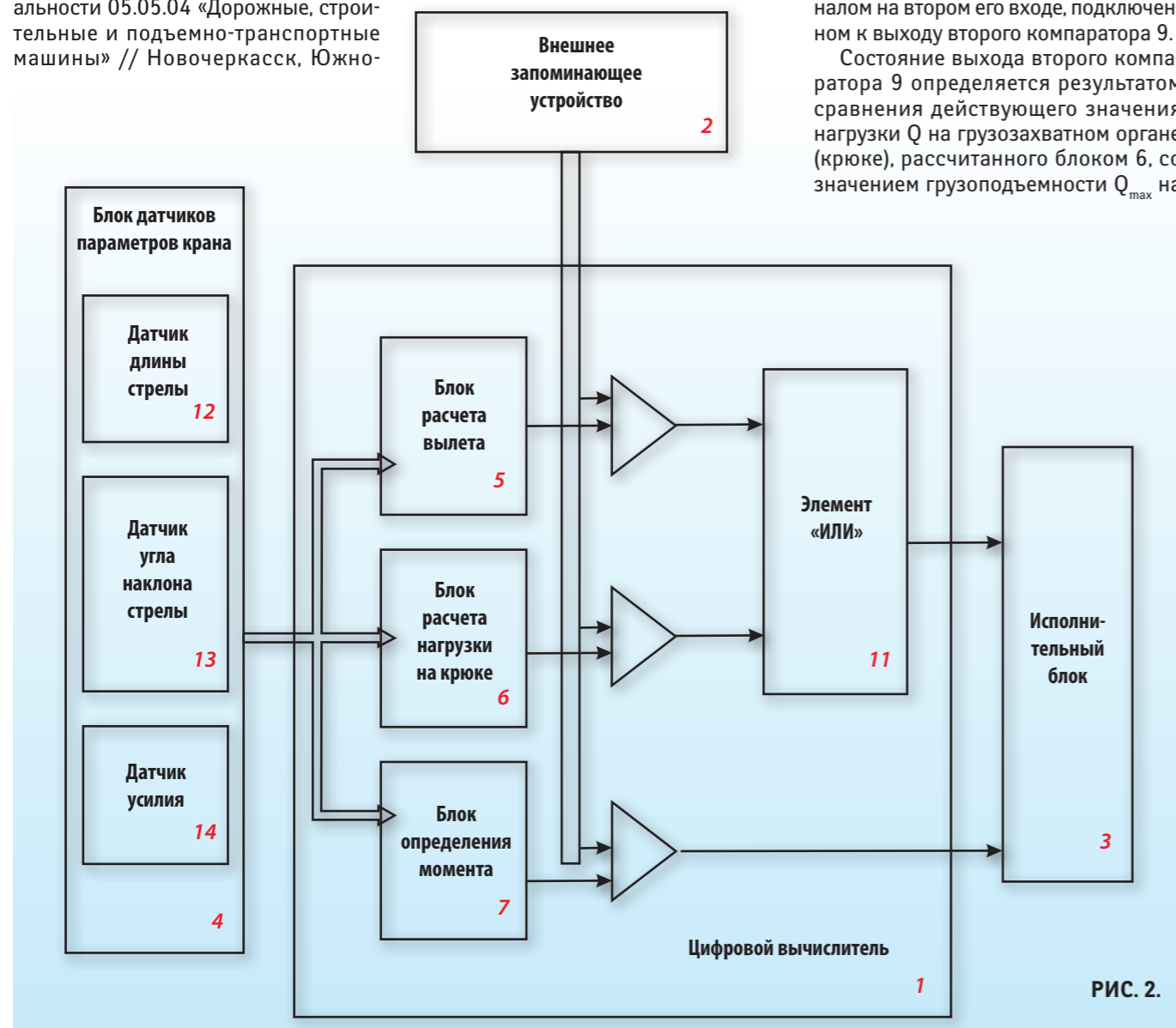


РИС. 2.

Научно-производственное предприятие по электро- и гидрооборудованию строительно-дорожных машин и кранов

# ООО НПП «ЭГО»

Системы защиты, приборы и устройства безопасности подъемных сооружений

Проектирование, монтаж, ремонт, пусконаладочные работы, обучение специалистов

- [Стреловые краны]
- [Краны мостового типа]
- [Башенные краны]
- [Краны-трубоукладчики]
- [Краны-манипуляторы]
- [Подъемники (вышки)]

125430, г. Москва, Пятницкое шоссе, д. 23, корп. 2  
Тел/факс +7 (495) 759 66 13, +7 (495) 265 01 38, http: www.nppego.com, E-mail: nppego@nppego.com