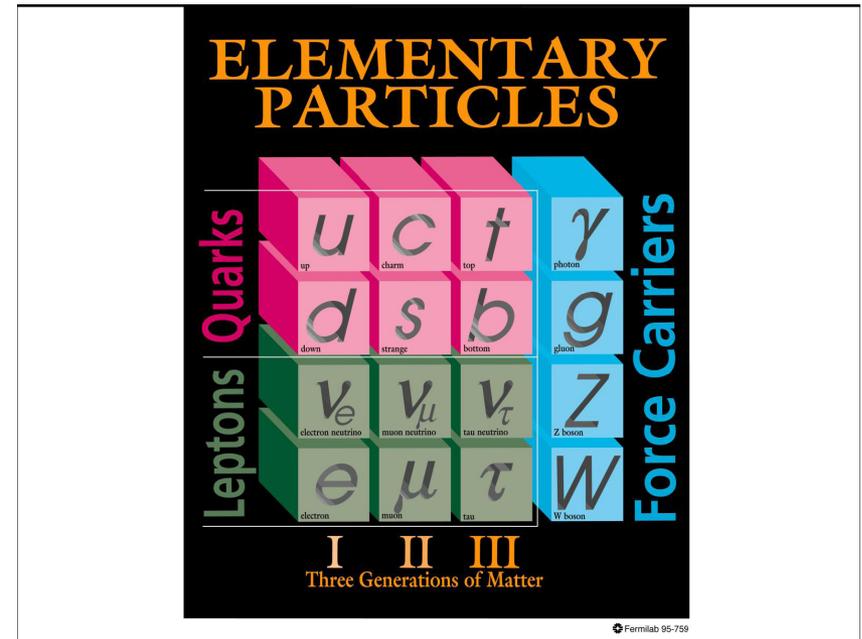


# Генерация событий для процесса рождения одиночного топ-кварка при энергиях коллайдера LHC

Э.Э.Боос, В.Е.Буничев, Л.В.Дудко, А.А.Маркина  
НИИЯФ МГУ

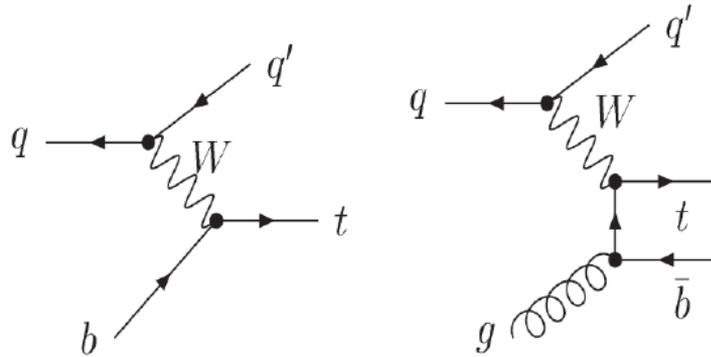
Quarks spin = 1/2		
Flavor	Approx. Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
<b>u</b> up	0.003	2/3
<b>d</b> down	0.006	-1/3
<b>C</b> charm	1.3	2/3
<b>S</b> strange	0.1	-1/3
<b>t</b> top	175	2/3
<b>b</b> bottom	4.3	-1/3



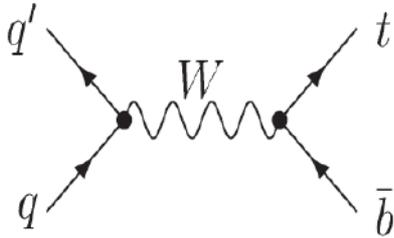
- Впервые существование t-кварка было установлено в 1995 г. в сильных взаимодействиях в процессе парного рождения  $t\bar{t}$
- Одиночное рождение t-кварка представляет собой канал рождения, обусловленный электро-слабым взаимодействием t-кварка с W-бозоном и b-кварком
- Полное сечение одиночного рождения t-кварка:
  - LHC ≈ 300 пбн
  - Тэватрон ≈ 2.8 пбн
 сравнимо по порядку величины с сечением парного КХД-рождения:
  - LHC ≈ 800 пбн
  - Тэватрон ≈ 8 пбн

# Процессы одиночного рождения t-кварка

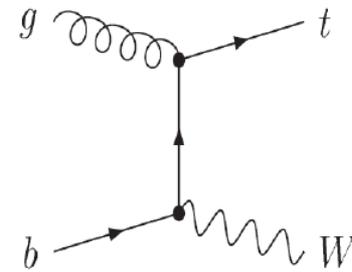
t-channel ( $Q_W^2 < 0$ )



s-channel ( $Q_W^2 > 0$ )



associated tW ( $Q_W^2 = M_W^2$ )



$Q_W^2$  - виртуальность W-бозона (квадрат 4-импульса)

	s channel	t channel	Wt
Tevatron ( $\sqrt{s} = 2.0$ ТэВ $p\bar{p}$ )	$0.90 \pm 5\%$	$2.1 \pm 5\%$	$0.1 \pm 10\%$
LHC ( $\sqrt{s} = 14$ ТэВ $pp$ )	$10.6 \pm 5\%$	$250 \pm 5\%$	$75 \pm 10\%$

# Генераторы событий процесса рождения одинокного топ-кварка

Программы – генераторы событий для моделирования процессов одиночного рождения  $t$ -кварка, основанные на вычислениях методом Монте–Карло (МК–генераторы):

ONETOP, TopReX, MadGraph, PYTHIA, MC@NLO, CompHEP

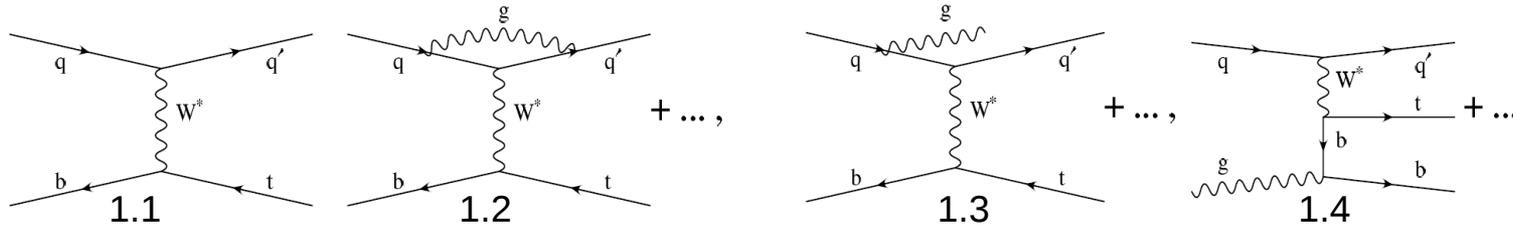
Точное и корректное моделирование процессов рождения одиночного  $t$ -кварка должно решать следующие проблемы:

1. Двойной учет части мягкой области по поперечному импульсу начального  $b$ -кварка
2. Включение спиновых корреляций между рождением и распадом  $t$ -кварка (т.к.  $t$ -кварк в электро-слабых процессах рождается сильно поляризованным вследствие  $(V - A)$  структуры  $Wtb$ -вершины в СМ)
3. Включение аномальных операторов в  $Wtb$ -вершину и других аномальных вершин, например, нейтральные токи, изменяющие аромат кварков (FCNC) и т.д.
4. Возможность разделять моделирование рождения  $t$ - и  $\bar{t}$ -кварков на уровне МК-генератора (т.к. одиночные  $t$ - и  $\bar{t}$ -кварки рождаются с различными сечениями)

**SingleTop – NLO generator based on CompHEP**

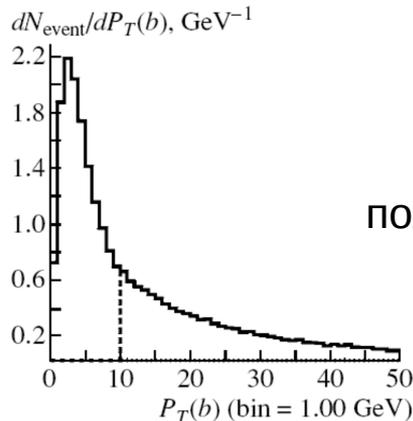
# Генератор Single Top

Метод эффективного NLO-приближения для моделирования процессов электрослабого рождения  $t$ -кварка, позволяющий решить перечисленные проблемы и получить события с учетом NLO-поправок.



Алгоритм :

1. В жесткой области по поперечному импульсу дополнительного  $b$ -кварка  $P_T(b)$  выше некоторого порога мы берем события для процесса  $2 \rightarrow 3$  с сечением, вычисленным в CompHEP.
2. В мягкой области будем использовать события для процесса  $2 \rightarrow 2$ , но с сечением, умноженным на некоторый  $K$ -фактор для учета вклада петлевых поправок, слабо изменяющих кинематику события.

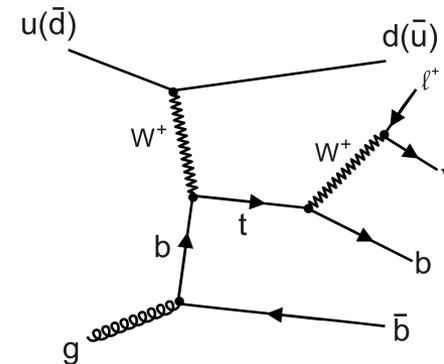
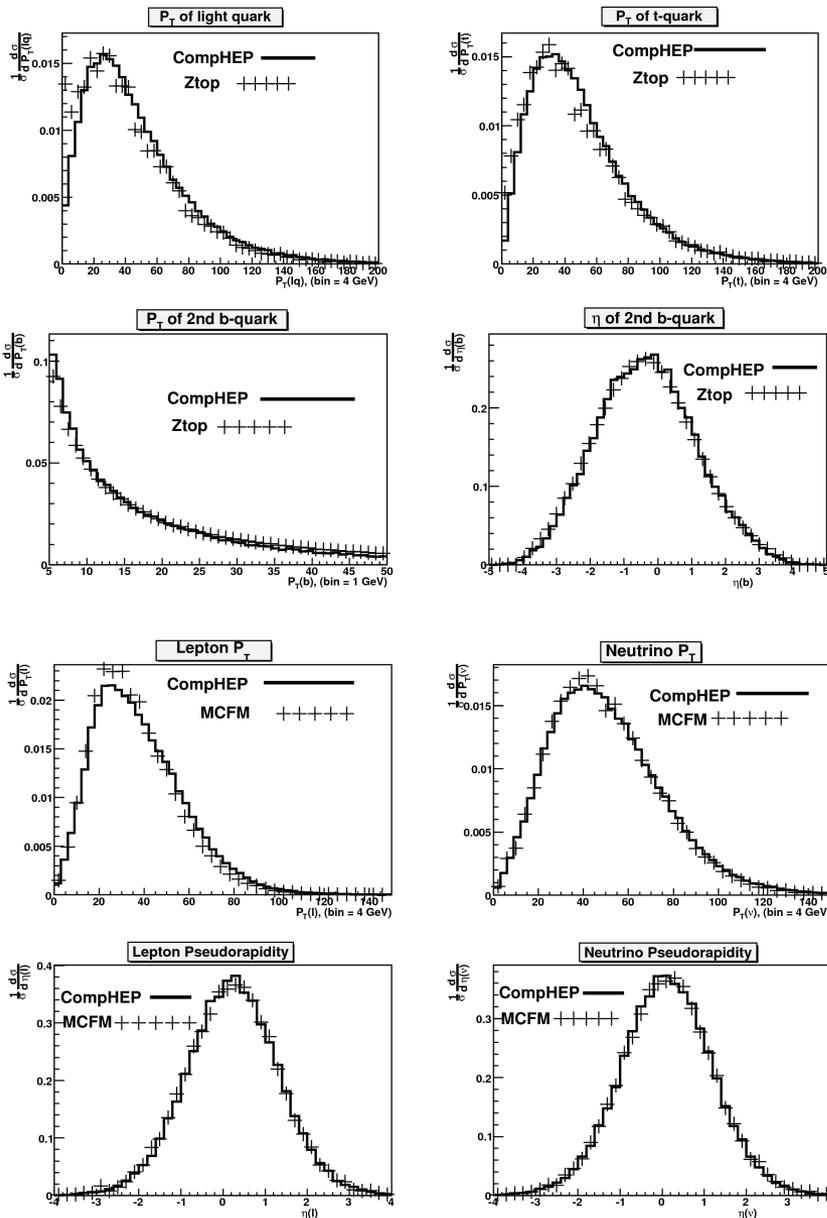


Распределение по  $P_T$  дополнительного  $b$ -кварка  
Граница между “жесткой” и “мягкой” областями:  
 $P_T(b) = 10$  ГэВ.

“Жесткая” и “мягкая” области образуют полный фазовый объем для процесса  $pp \rightarrow tqb$

# Сравнение генератора Single Top с генераторами ZTOP и MCFM

Распределения по поперечному импульсу и псевдобыстроте конечных кварков в эффективном NLO-приближении ("SingleTop") и в точном NLO-приближении (программа ZTOP) для коллайдера Тэватрон.



Распределения по поперечному импульсу и псевдобыстроте лептона и нейтрино из распавшегося t-кварка в эффективном NLO-приближении ("SingleTop") и в точном NLO-приближении (программа MCFM) для коллайдера Тэватрон.

# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO

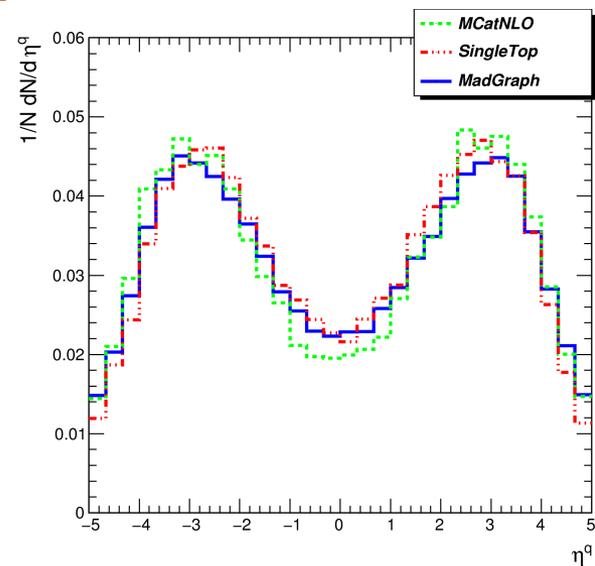
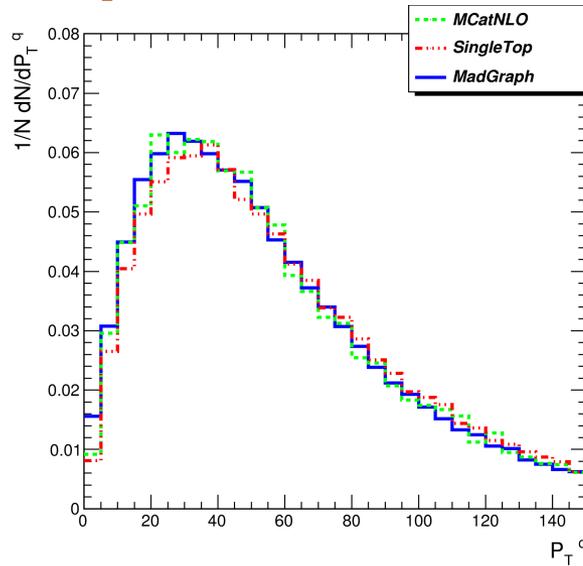
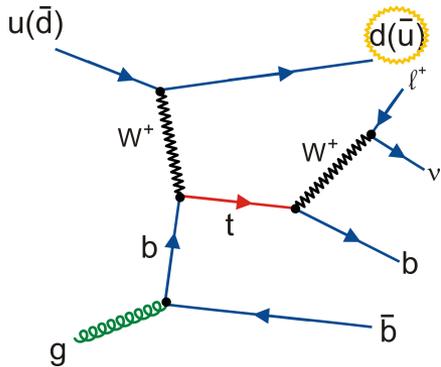
Генераторы **SingleTop**, **MC@NLO**, и генератор, основанный на MadGraph (далее **MadGraph**) используются для моделирования событий рождения одиночного топ-кварка в эксперименте CMS коллайдера LHC.

Различия:

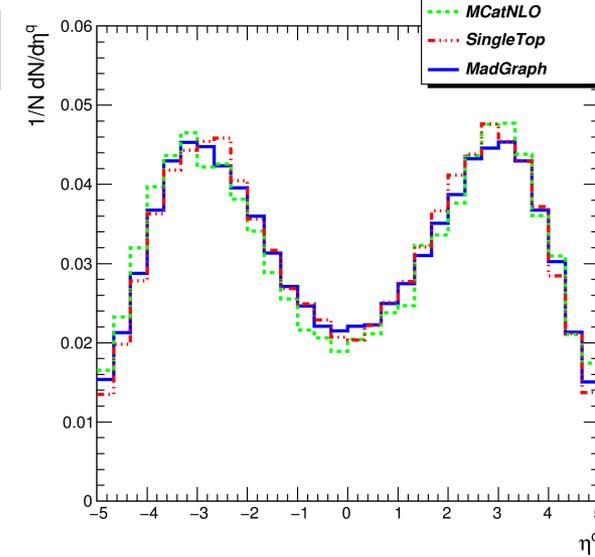
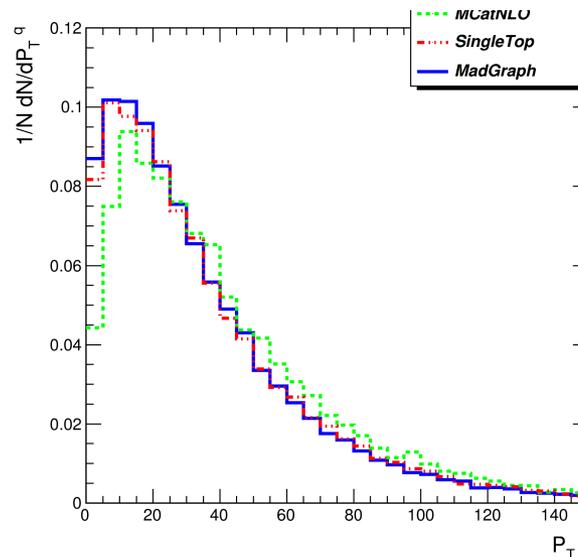
- Генератор **MadGraph** имеет схожую с генератором **SingleTop** схему моделирования NLO поправок. Генератор **MC@NLO** использует точные вычисления NLO поправок.
- События, смоделированные генератором **MC@NLO**, имеют вес либо +1, либо -1. События, смоделированные генераторами **SingleTop** и **MadGraph**, имеют вес 1.
- Генератор **SingleTop** моделирует события как в рамках SM, так и за её пределами (FCNC-вершины и аномальные вклады в  $Wtb$ -вершину). Генераторы **MadGraph** и **MC@NLO** моделируют события в рамках SM.

# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO

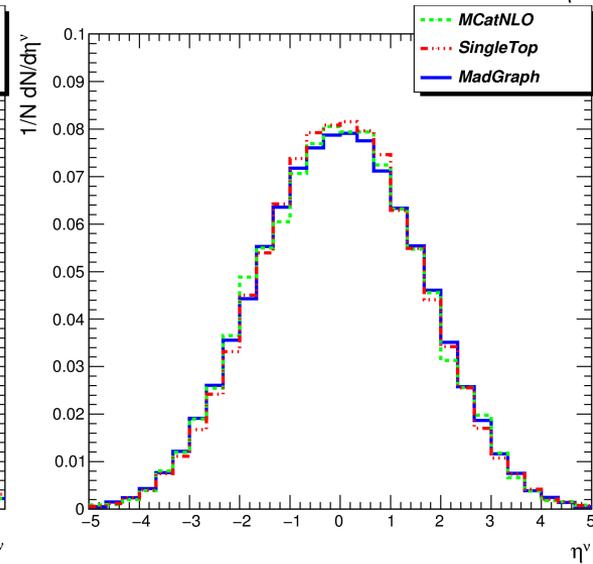
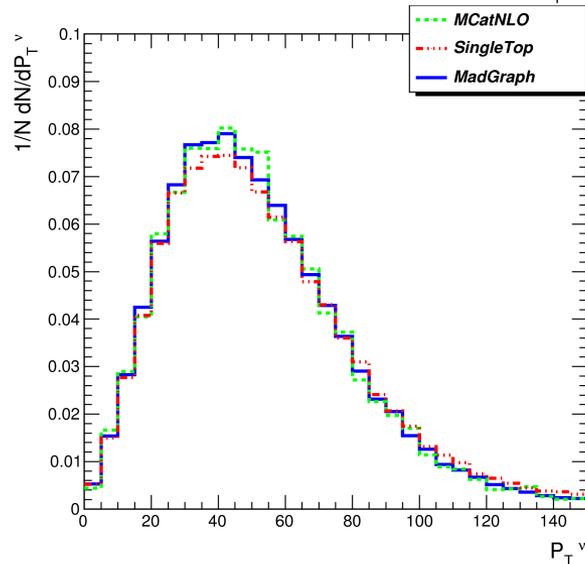
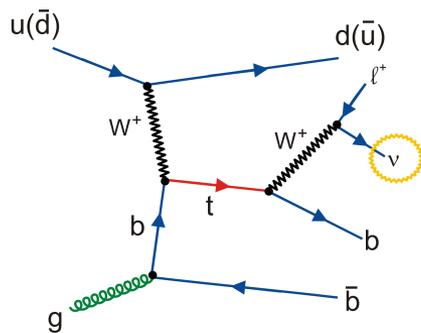
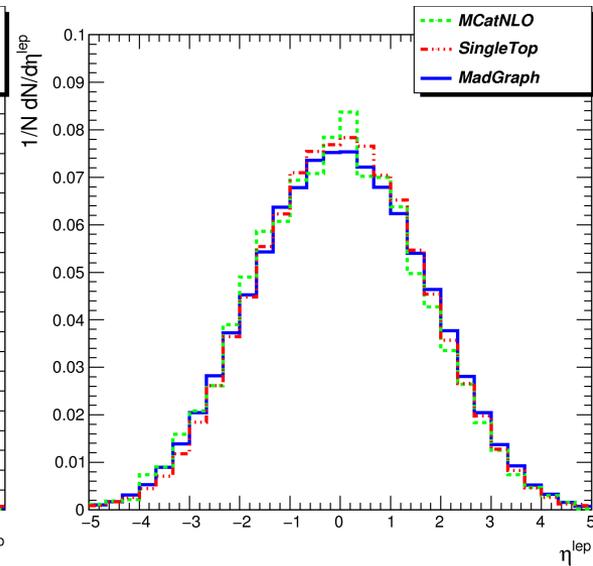
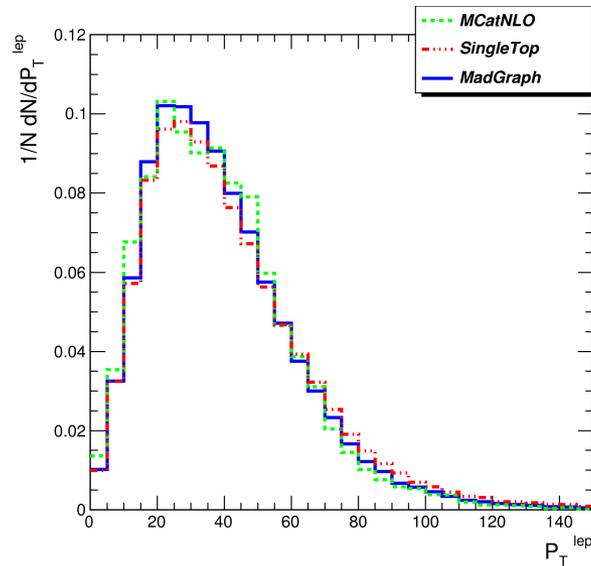
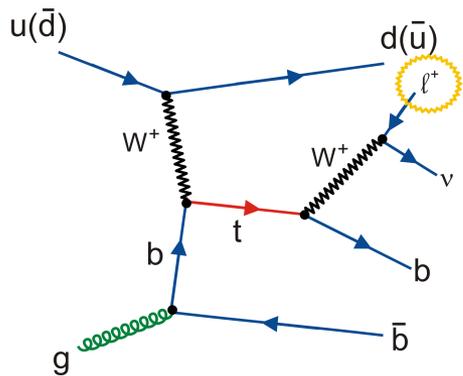
Before simulation of Final State Radiation



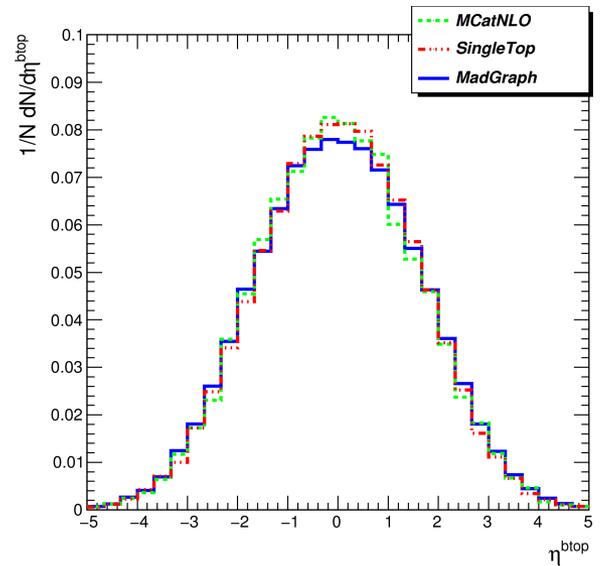
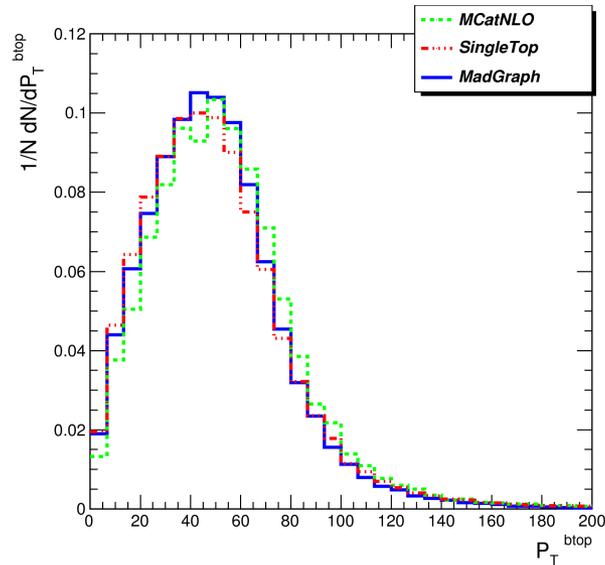
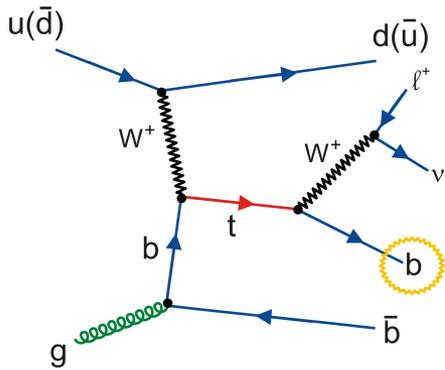
After simulation of Final State Radiation



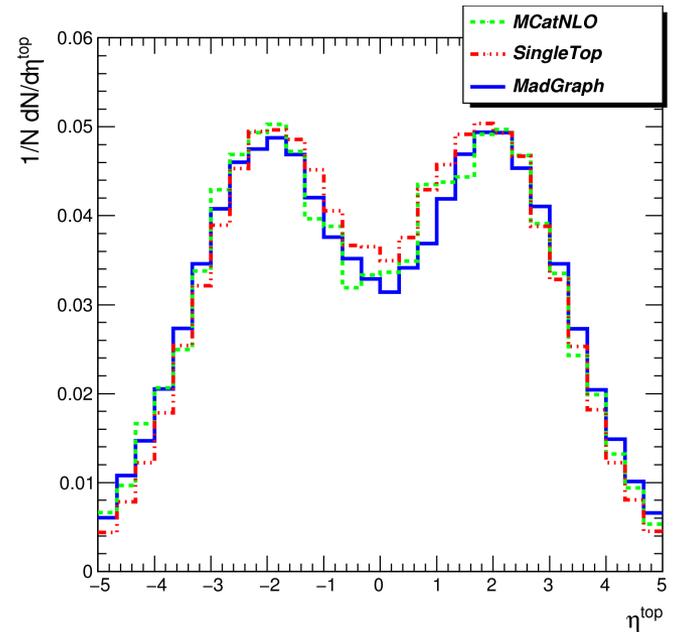
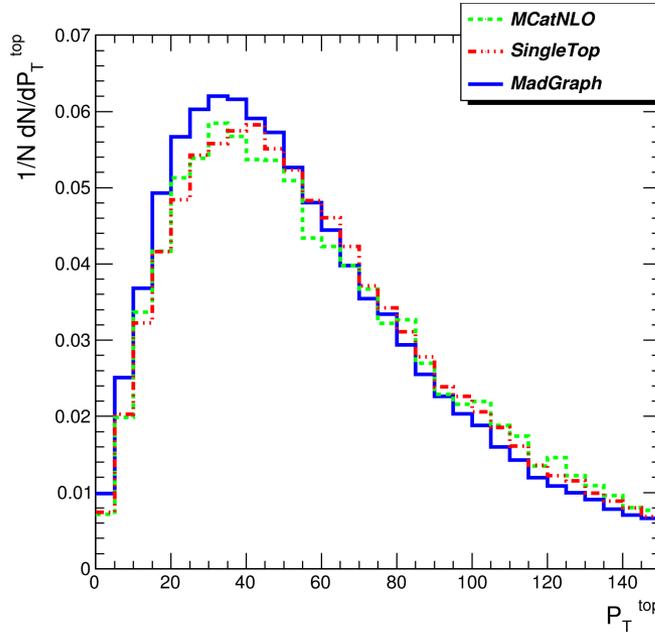
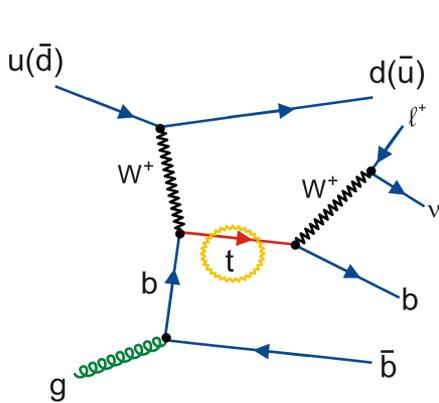
# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO



# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO



# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO



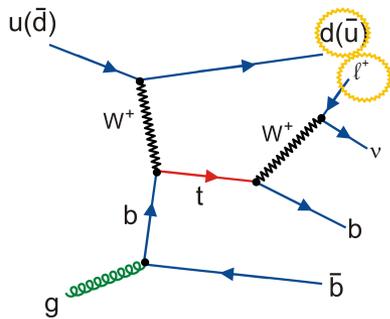
MadGraph

$$m_{\text{top}} = 170 \text{ GeV}/c^2$$

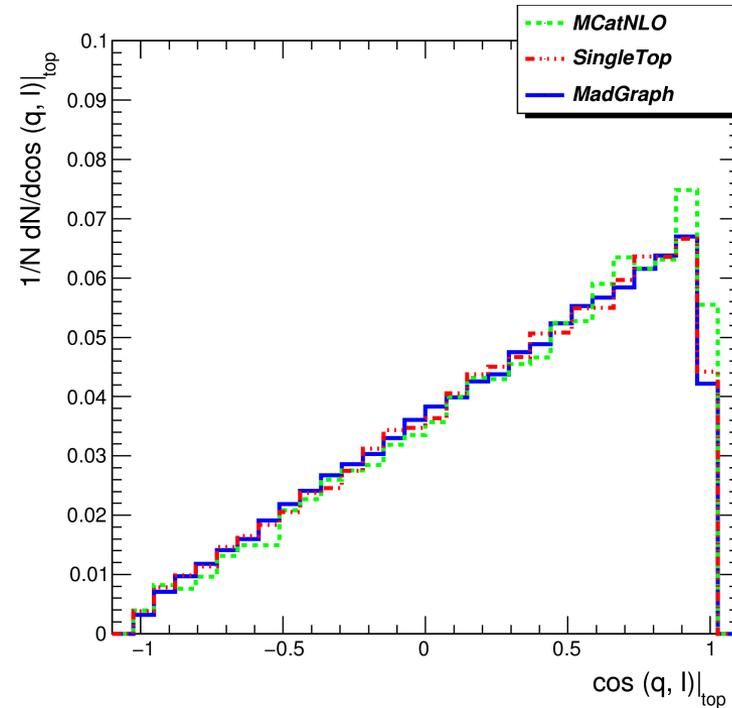
SingleTop, MC@NLO

$$m_{\text{top}} = 175 \text{ GeV}/c^2$$

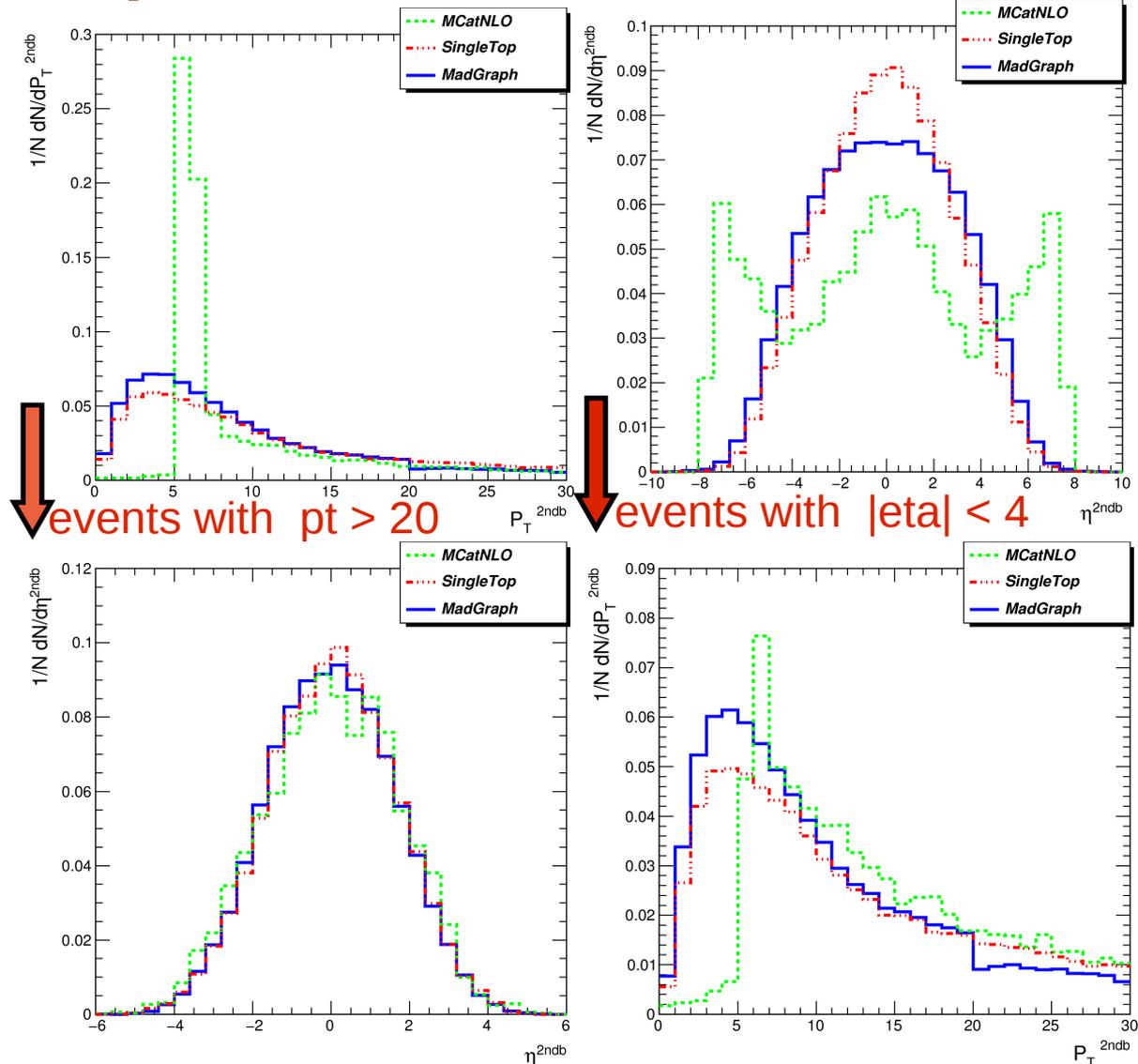
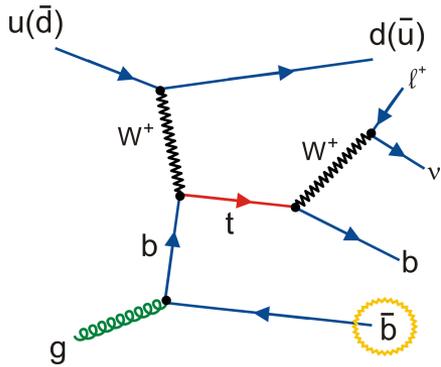
# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO



$$\frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{d \cos \theta_{qt}^*} = \frac{1 + P \cos \theta_{qt}^*}{2}$$



# Сравнение генератора SingleTop с генераторами MadGraph и MC@NLO



## Заключение

Генератор **SingleTop** отражает все тонкости современного понимания процессов рождения одиночного топ-кварка .

Сравнение генератора **SingleTop** с программами ZTOP и MC2FM, использующими точные NLO вычисления, продемонстрировало прекрасное согласие распределений наиболее показательных переменных.

Сравнение генератора **SingleTop** с генераторами MadGraph, MC@NLO, также используемыми в эксперименте CMS коллайдера LHC, показало хорошее согласие распределений переменных для легкого кварка, топ-кварка и частиц его распада. Некоторое разногласие с генератором MC@NLO наблюдается в распределениях переменных для дополнительного b-кварка, что возможно объясняется использованием безмассового b-кварка на каком-то из этапов вычислений генератора MC@NLO.